

MARIANA SMANHOTTO SCHUCHOVSKI

**DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DO CONSUMO DE MADEIRA
E DA PRODUÇÃO EM PLANTAÇÕES FLORESTAIS NO ESTADO
DO PARANÁ**

**Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre
em Ciências Florestais, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Florestal, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná.**

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

**CURITIBA
2003**

MARIANA SMANHOTTO SCHUCHOVSKI

**DIAGNÓSTICO E PLANEJAMENTO DO CONSUMO DE MADEIRA
E DA PRODUÇÃO EM PLANTAÇÕES FLORESTAIS NO ESTADO
DO PARANÁ**

**Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre
em Ciências Florestais, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia
Florestal, Setor de Ciências Agrárias,
Universidade Federal do Paraná.**

Orientador: Prof. Dr. Julio Eduardo Arce

**CURITIBA
2003**

**À minha querida família,
DEDICO**

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Julio Eduardo Arce, não só pela competente orientação e exemplo, mas também pela paciência, dedicação e amizade.

Ao meu co-orientador, Professor Carlos Roberto Sanquetta, pela grande contribuição e apoio.

À minha querida família que nunca deixou de acreditar, especialmente meus pais José e Rita, minhas irmãs Carolina e Angela, e meus irmãos Paulo e Rafael.

À Universidade Federal do Paraná, que proporcionou graduação e pós-graduação de muita qualidade.

À CAPES, pela bolsa de estudos concedida durante o Mestrado.

Aos professores que muito colaboraram para que eu chegasse até aqui.

Aos funcionários, pela atenção e boa disposição.

Aos meus colegas e amigos de graduação e pós-graduação, pela amizade e pelo crescimento proporcionado em discussões e trocas de idéias.

A todas as empresas que contribuíram para a realização desta pesquisa, através dos questionários respondidos.

À FIEP, na pessoa do Sr. Roberto Zurcher, pela disponibilização do cadastro de empresas do setor florestal no estado do Paraná.

Ao IAP, na pessoa do Sr. Jackson Luiz Vosgerau, pelo fornecimento de dados e números da área florestal no estado do Paraná.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	VIII
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT	XI
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	3
1.1.1 Geral	3
1.1.2 Específicos	3
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1 SETOR FLORESTAL NO BRASIL	5
2.1.1 Aspectos gerais.....	5
2.1.2 Histórico	7
2.2 SETOR FLORESTAL NO PARANÁ	8
2.2.1 Aspectos gerais.....	8
2.2.2 Histórico	9
2.3 ABASTECIMENTO DO SETOR FLORESTAL	10
2.4 MANEJO FLORESTAL.....	12
2.5 PLANEJAMENTO FLORESTAL	13
2.6 PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA	14
2.7 MODELOS DE PLANEJAMENTO FLORESTAL	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.2 EMPRESAS PESQUISADAS	19
3.3 COLETA DE DADOS	19

3.4	CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA	20
3.5	CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA	20
3.6	INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES	21
3.7	SIMULAÇÃO ATRAVÉS DO SISPINUS	21
3.8	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS	22
3.9	PLANEJAMENTO POR MEIO DA PESQUISA OPERACIONAL	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1	PANORAMA GERAL DAS EMPRESAS	27
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA	28
4.2.1	Compra de matéria prima	28
4.2.2	Tendências futuras no consumo de madeira	29
4.2.3	Nível de processamento da matéria-prima	30
4.2.4	Consumo de madeira por espécie	31
4.2.5	Diâmetro mínimo das toras	31
4.2.6	Principais produtos fabricados	32
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA	32
4.3.1	Área reflorestada	32
4.3.2	Origem da mudas para plantio	33
4.3.3	Espaçamento e densidade de plantio	34
4.3.4	Incremento Médio Anual volumétrico	36
4.3.5	Podas	37
4.3.6	Desbastes	38
4.3.7	Área plantada por classe de idade	40
4.3.8	Florestas próprias	41
4.3.9	Previsão de plantio	42
4.4	SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DAS FLORESTAS	43
4.5	SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS	43
4.6	PLANEJAMENTO POR MEIO DA PESQUISA OPERACIONAL	52

5	CONCLUSÕES	55
6	RECOMENDAÇÕES	56
	REFERÊNCIAS	59
	APÊNDICES	62

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 -	OFERTA E DEMANDA DE MADEIRA DE PINUS NO SUL DO BRASIL	11
FIGURA 2 -	ABRANGÊNCIA DO BIOMA DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA	18
FIGURA 3 -	TENDÊNCIAS FUTURAS NO CONSUMO DE MADEIRA EM EMPRESAS DO PARANÁ	29
FIGURA 4 -	NÍVEL DE PROCESSAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA UTILIZADA PELAS EMPRESAS	30
FIGURA 5 -	CLASSIFICAÇÃO DAS EMPRESAS DE ACORDO COM A ÁREA REFLORESTADA	33
FIGURA 6 -	ORIGEM DAS MUDAS PARA PLANTIO (% DE EMPRESAS).....	34
FIGURA 7 -	DENSIDADES DE PLANTIO DE PINUS UTILIZADAS PELAS EMPRESAS.....	36
FIGURA 8 -	INCREMENTO MÉDIO ANUAL VOLUMÉTRICO EM REFLORESTAMENTO DE PINUS	37
FIGURA 9 -	TIPOS DE DESBASTES REALIZADOS.....	39
FIGURA 10 -	ÁREA PLANTADA POR CLASSES DE IDADE DE REFLORESTAMENTOS DE PINUS	41
FIGURA 11 -	MADEIRA PROVENIENTE DE FLORESTAS PRÓPRIAS.....	42
FIGURA 12 -	EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL DE PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)	45
FIGURA 13 -	EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)	47
FIGURA 14 -	EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL DE PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 2 (OTIMISTA).....	49
FIGURA 15 -	EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 2 (OTIMISTA).....	51

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	SORTIMENTO ADOTADO PELO PROGRAMA SISPINUS.....	22
TABELA 2 -	CARACTERÍSTICAS DOS CENÁRIOS 1 E 2.....	23
TABELA 3 -	DESCRIÇÃO DO MODELO TIPO II (EXEMPLO).....	24
TABELA 4 -	CONSUMO MÉDIO DE MADEIRA POR ESPÉCIE (M ³ /MÊS).....	31
TABELA 5 -	DIÂMETRO MÍNIMO (CM) DE TORAS DE PINUS.....	31
TABELA 6 -	ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES DE PLANTIO EM REFLORESTAMENTO DE PINUS, EUCALIPTO E ARAUCÁRIA.....	35
TABELA 7 -	NÚMERO DE PODAS REALIZADAS EM ÁRVORES DE PINUS, IDADE MÉDIA DA PODA, ALTURA MÉDIA DA PODA E MÉDIA DA QUANTIDADE DE COPA PODADA.....	38
TABELA 8 -	NÚMERO DE DESBASTES REALIZADOS, IDADE MÉDIA, INTENSIDADE MÉDIA.....	39
TABELA 9 -	ÁREA PLANTADA POR CLASSES DE IDADE.....	40
TABELA 10 -	ÁREA PLANEJADA PARA PLANTIO NOS PRÓXIMOS 10 ANOS, DE REFLORESTAMENTOS DE PINUS, EUCALIPTO E ARAUCÁRIA.....	43
TABELA 11 -	EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL DE PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR).....	44
TABELA 12 -	EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR).....	46
TABELA 13 -	EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL DE PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 2 (OTIMISTA).....	48
TABELA 14 -	EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 2 (OTIMISTA).....	50
TABELA 15 -	RESULTADO DO MODELO DE PLANEJAMENTO COMPARATIVO PARA OS CENÁRIOS 1 (CONSERVADOR) E 2 (OTIMISTA).....	53

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

c/c	-	com casca
d	-	diâmetro
DAP	-	diâmetro à altura do peito (a 1,30 m de solo)
DAP MED	-	diâmetro à altura do peito médio
G	-	área basal
h	-	altura total
h DOM	-	altura dominante
h MED	-	altura média
ha	-	hectare(s)
IMA	-	incremento médio anual
IPA	-	incremento periódico anual
m ³ c/c	-	metro(s) cúbico(s) com casca
m ³ /ha.ano	-	metro(s) cúbico(s) por hectare por ano
N/HA	-	número de árvores por hectare
V	-	volume
V TOTAL	-	volume total
RHS		“Right Hand Side”

RESUMO

O presente estudo realizou o diagnóstico dos povoamentos florestais no Estado do Paraná localizados na região de abrangência do bioma da Floresta Ombrófila Mista, identificando de modo geral o estado atual das plantações florestais, sobretudo de *Pinus* spp., através de algumas variáveis: idade do povoamento, área por classe de idade, estoque em volume, incremento médio anual, regime de manejo e tempo de rotação. Tais informações foram obtidas junto a empresas do setor florestal e proprietárias de florestas plantadas da região, buscando assim caracterizar a disponibilidade de oferta de madeira. Para a caracterização do consumo e da demanda foram avaliadas as empresas dos gêneros industriais Madeira e Papel & Papelão daquela região, verificando suas necessidades de consumo, bem como parâmetros de utilização da matéria-prima (diâmetro mínimo de toras, quantidade, espécie, região de origem, etc.) e previsões de ampliações ou reduções na produção. De posse destas informações, foi possível complementar o diagnóstico realizando-se a análise de simulações de cenários (conservador e otimista) relativos à produção florestal com o auxílio do programa Sispinus (simulador de crescimento e da produção). Com este diagnóstico, foi possível planejar as ações subseqüentes tanto por parte da produção como do consumo de madeira proveniente de povoamentos nesta região, de modo a garantir o abastecimento de madeira e a sustentabilidade da atividade. Para tanto, foram utilizadas ferramentas clássicas de planejamento (Programação Linear), regulando-se a produção das florestas pela aplicação do Modelo tipo II. De acordo com os resultados obtidos nos modelos de simulação florestal, podem ser sugeridas as intervenções na floresta, idades para a realização do corte raso e área que deve ser cortada em cada intervenção. A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar que, embora não tenha sido muito significativa a diferença entre os dois cenários propostos, o cenário conservador apresentou maior valor de maximização da produção devido à maior liberdade nas restrições impostas para realização do corte, nas diversas classes. Através da simulação do cenário conservador, foi possível constatar que mesmo com um decréscimo na produção, não haverá falta de madeira reflorestada para abastecer as indústrias do setor florestal que puderem absorver preços um pouco mais elevados. As previsões com respeito à falta de madeira de cerca de uma década atrás, possivelmente se constituíram em informações importantes para que medidas de expansão da base florestal fossem tomadas, e que tais medidas fossem responsáveis pela continuidade da produção de madeira e abastecimento, como foi verificado nos dois cenários estabelecidos neste trabalho.

Palavras-chave: diagnóstico, planejamento, reflorestamento, Programação Linear, Modelo tipo II.

ABSTRACT

The current study was built over the diagnosis of the forest plantations in Paraná State placed on the bioma of the “Floresta Ombrófila Mista”, with the identification of the general status of those plantations, mainly pines. That was done through the analysis of variables like: plantation age, area per age class, volume stock, Mean Annual Increment (MAI), management regime and rotation. The information was brought together with some sector owners of plantations in the region, intending to characterize the availability of wood. To characterize the demand, the wood and paper industries of the region were considered, by evaluating their industrial needs, as well as their parameters for uses of wood as primary-source (minimum log diameter, amount, species, origin site, etc.) and the prediction of increases or reductions in their production. Holding this information, it was possible to move forward with the diagnosis through the analysis of the sceneries (conservative and optimist) related to the forest production assisted by SISPINUS software (increment and production simulation). With this diagnosis, it is possible to plan the upcoming actions related to production, in addition to the consumption of wood from the plantations located in the study area. Classical management tools, such as Linear Programming, were used to regulate the forest production through the Type II Model application. According to the results got from the simulation software, some interventions (harvesting ages and area) could be suggested. It was possible, also, to verify that the conservative scenery presented greater value of maximization in the production, in spite of the low significant difference. That was possibly caused by the higher flexibility present at the restrictions imposed for the harvest in the age classes, increasing by that the chances of maximization. Due to the simulation of the conservative scenery, it was possible to identify, in spite of the production decreasing, that there won't be a gap on the availability of wood to supply forest industries in the region, as long as they assume higher prices. About ten years ago, some economical studies pointed to a lack of wood for the subsequent years, what probably caused the increasing of forest planted area, and this expansion was responsible for the continuity in wood production and supplying, as presented by the results in this paper.

Key words: diagnosis, planning, reforestation, Linear Programming, Type II Model.

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o setor florestal tem obtido crescente reconhecimento perante a sociedade pela sua contribuição ao desenvolvimento econômico, social e ambiental do país. As plantações florestais são fontes de matéria-prima importantes para diversos segmentos industriais da cadeia produtiva da madeira, industrialização e comercialização, como celulose e papel, siderurgia, energia, painéis, móveis, madeira sólida, além de outros produtos, tendo participação expressiva e estratégica na economia nacional e na geração de empregos.

Estudos Setoriais para produtos de madeira sólida indicam que as atividades relacionadas a compensados, madeira serrada, molduras, blocks entre outros têm representado 2% do PIB nacional, 4% das exportações brasileiras, gerando cerca de 2,5 milhões de empregos em toda sua cadeia produtiva.

Para promover ações de expansão da base florestal, bem como extensão e fomento, é necessário realizar um diagnóstico desse setor de forma a planejar a atividade no que diz respeito ao estabelecimento de estratégias e medidas operacionais adequadas para cada região.

Alguns estudos realizados na década de 90 indicam que dentro de alguns anos, haverá um momento crítico em que a oferta de madeira reflorestada não será satisfatória para atender a crescente demanda por esta matéria-prima, ocorrendo assim um déficit de madeira de qualidade e em condições de suprir as indústrias de base florestal (o chamado “apagão florestal”), sobretudo para as indústrias que não possuem plantios próprios.

Para se ter uma idéia, apenas no que se refere a painéis reconstituídos de madeira, a capacidade instalada de produção no Paraná cresceu, entre 1999 e 2002, mais que 1,2 milhão de metros cúbicos anuais, e, dentre as indústrias que contribuíram para este acréscimo estão algumas que não possuem matéria-prima em quantidades suficientes para seu abastecimento, mesmo fazendo uso de um percentual de resíduos de outros setores.

Desta forma, propõe-se realizar o diagnóstico da produção florestal e do consumo de madeira pelas indústrias dos gêneros Madeira e Papel & Papelão do Estado do Paraná na região do bioma da Floresta Ombrófila Mista, onde a

concentração de indústrias deste setor é mais intensa e representativa. A partir deste diagnóstico, é possível efetuar uma prognose da produção de reflorestamentos e realizar o planejamento da atividade industrial florestal para esta região, vinculado a estes gêneros industriais, de modo a procurar garantir o abastecimento sustentado desta matéria-prima para os próximos anos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Este estudo teve por objetivo o desenvolvimento de uma metodologia de planejamento em nível regional, utilizando Programação Linear, a partir de um diagnóstico e de simulações da produção e do consumo de madeira reflorestada por empresas dos gêneros industriais Madeira e Papel & Papelão, visando a sustentabilidade da base florestal do Estado do Paraná.

1.1.2 Específicos

Para alcançar o objetivo proposto, definiram-se alguns objetivos específicos:

- Caracterizar o consumo de madeira reflorestada pelas empresas do setor florestal dos gêneros industriais Madeira e Papel & Papelão na região do bioma da Floresta Ombrófila Mista no Estado do Paraná;
- Caracterizar a produção e a oferta de madeira reflorestada por empresas do setor florestal pertencentes aos gêneros industriais Madeira e Papel & Papelão da região;
- Identificar oferta/estoque da matéria-prima madeira disponível em povoamentos florestais da região de ocorrência da Floresta Ombrófila Mista, bem como algumas informações de crescimento;
- Fazer um balanço entre demanda e oferta de madeira destinada aos diversos segmentos de utilização (laminadoras, serrarias, indústrias de papel e papelão e de painéis de madeira reconstituída);
- Simular, modelar e otimizar cenários (otimista e conservador) para a situação do abastecimento de madeira reflorestada para a região,
- Realizar análises para a otimização da condição da produção de florestas plantadas e o conseqüente abastecimento de madeira de modo a atender a crescente demanda por esta matéria-prima das indústrias dos gêneros industriais

Madeira e Papel & Papelão através do uso de ferramentas clássicas de planejamento, como a Programação Linear.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 SETOR FLORESTAL NO BRASIL

2.1.1 Aspectos gerais

As florestas naturais e as plantações florestais constituem um importante patrimônio do Brasil, atingindo uma área aproximada de 566 milhões de hectares, o que equivale a 67% da superfície do País. A extensão dos reflorestamentos é de cerca de 4,6 milhões de hectares, dos quais 2,5 milhões correspondem a plantios de eucalipto e 1,7 milhão, de pinus (SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA¹, 1998, citada por FERREIRA; GALVÃO, 2000, p. 15-17).

Estes recursos florestais brasileiros geram importantes contribuições. Além de produzirem matéria-prima para segmentos estratégicos da indústria nacional, exercem função no equilíbrio dos ecossistemas naturais, como fonte de diversidade, e também oferecem serviços ambientais insubstituíveis. Por isso há a necessidade de se adotar um modelo que garanta a perpetuação destes benefícios (IPEF, 2002, p. 1).

Estudos como este são motivados pelas incertezas com relação a esta perpetuação, e embasam a definição de políticas específicas para o setor.

Segundo fonte do Ministério de Ciência e Tecnologia, os segmentos florestais no Brasil contribuem com uma importância significativa no PIB, com a geração de divisas e para a melhoria da qualidade de vida da sociedade. Alguns números que caracterizam estes indicadores são (IPEF, 2002, p. 2):

- Formação de 5% do PIB nacional, e 8% das exportações;
- Geração de 1,6 milhão de empregos diretos, 5,6 milhões de empregos indiretos e uma receita anual de R\$ 20 bilhões;
- Recolhimento anual de mais de R\$ 3 bilhões em impostos;

¹ SOCIEDADE BRASILEIRA DE SILVICULTURA. **O setor florestal brasileiro: fatos e números.** São Paulo: SBS, 1998. 18 p.

- Conservação da diversidade biológica;
- Posse de 6,4 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 4,8 milhões com florestas de produção de pinus e eucalipto;
- Manutenção de 2,6 milhões de florestas nativas junto às áreas de reflorestamentos; e
- Posse de cerca de 15 milhões de florestas nacionais.

No perfil do desenvolvimento florestal brasileiro pode-se destacar o evento da lei de incentivos fiscais para reflorestamentos, que vigorou desde 1966 até 1987, estimulando não só a intensificação dos reflorestamentos, pelas empresas já atuantes no setor, como também o surgimento de inúmeras outras. Como resultado desse incentivo, o reflorestamento expandiu-se em todas as direções e com maior diversidade de espécies, propiciando, assim, o surgimento de novas indústrias de processamento de madeira e seus derivados (SHIMIZU, 1988).

Além desses fatores, a política de incentivos fiscais proposta pelo Governo Federal em muito contribuiu para a proteção das florestas nativas, dos solos e das águas, em decorrência da redução das extrações em florestas nativas e pela substituição de áreas degradadas por reflorestamentos produtivos (RAMOS, 1993, p. 177).

RAMOS (1993, p. 177) evidencia os benefícios alcançados por esta política ao constatar os números gerados para o país a partir deste programa: a implantação de aproximadamente 5,8 milhões de hectares, dentre os quais as florestas para fins industriais representaram 4,8 milhões de hectares (cerca de 1,8 e 3,1 milhões de hectares de *Pinus* spp. e *Eucalyptus* spp., respectivamente) e os reflorestamentos com espécies nativas (*Araucaria angustifolia*, *Euterpe edulis* e outras) totalizam mais de 350 mil hectares.

A importância da atividade florestal no Brasil se destaca não somente no aspecto econômico, mas também no social e ambiental. Um dos maiores desafios para o País é o de conservar as florestas nativas, evitando o desmatamento irracional, e atender a demanda por produtos de origem florestal por meio de florestas plantadas. Neste contexto, o reflorestamento em pequenas e médias propriedades rurais representa um importante fator na conservação ambiental e na produção de madeira para os mais diversos usos, além de proporcionar uma

fonte adicional de renda para o proprietário rural (FERREIRA; GALVÃO, 2000, p. 18).

A EMBRAPA (2000, p. 11) considera de interesse público o reflorestamento em pequenas e médias propriedades rurais, pois além de constituir fonte de renda, contribui para evitar o êxodo rural e o desemprego além de garantir diversos benefícios ambientais. Enfatiza que programas de plantio florestal podem ser implementados por municipalidades, isoladamente ou em parceria com o poder público estadual ou federal, ou ainda com o setor privado, desde que este possa contar com o suprimento da matéria-prima florestal produzida ou com seus benefícios indiretos.

2.1.2 Histórico

O manejo florestal surgiu no Brasil pioneiramente no final do século XIX e começo do XX, com a implantação de dois reflorestamentos que marcaram duas das diversas funções exigidas no setor florestal até hoje. A da Floresta da Tijuca no Rio de Janeiro, a partir de 1862, retratou a função regenerativa e de melhoria dos ecossistemas naturais. E a introdução da Eucaliptocultura nos anos 20 do último século, iniciou o estabelecimento de florestas com a finalidade de produção (LEÃO, 2000, citado por IPEF, 2002, p. 6).

Em relatório do IPEF (2002, p. 06), consta que a pesquisa florestal e o próprio setor produtivo no país tiveram início nos anos vinte do último século. Já a pesquisa voltada para o manejo e a produção de bens e serviços florestais, e mantida apenas com recursos públicos, surge anos depois da criação do Serviço Florestal do Brasil (SFB) em 1921. LEÃO (2000), citado neste trabalho, relatou que durante o Império e a maior parte do período da Primeira República, não havia nenhum órgão governamental no país com a atribuição de regular a atividade florestal, e que a proteção dos recursos florestais continuou sem nenhuma regulamentação, mesmo depois da criação em 1860, da Secretaria de Agricultura, Comércio e Obras Públicas. E ainda, que somente mais tarde, depois da instalação do SFB em 1921, começaram a surgir órgãos encarregados de tratar destes interesses, como: o Departamento de Recursos Naturais Renováveis, o Instituto Nacional do Pinho, o Instituto Nacional do Mate, o Instituto

Brasileiro do Desenvolvimento Florestal (IBDF), e finalmente, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

2.2 SETOR FLORESTAL NO PARANÁ

2.2.1 Aspectos gerais

No estado do Paraná há cinco ecossistemas principais: a Floresta Ombrófila Mista ou Floresta com Araucária, a Floresta Estacional Semidecidual ou Floresta Pluvial Subtropical, a Floresta Ombrófila Densa ou Floresta Atlântica, a Savana ou Cerrado e o Campo ou Estepe. A Floresta Ombrófila Mista, que é objeto do presente estudo, constitui um dos mais importantes ecossistemas brasileiros por abrigar uma complexidade de espécies vegetais e animais, dentre elas a conífera mais importante do País, a *Araucaria angustifolia*, que dá nome ao bioma e define de forma inequívoca os seus limites (SANQUETTA, 2002, p. 7).

Além disto, a Floresta Ombrófila Mista apresenta uma natural vocação florestal, sendo uma região com grande importância sócio-econômica, abrigando os maiores maciços responsáveis pela produção madeireira, sobretudo com espécies exóticas do gênero *Pinus*, e pelo abastecimento da indústria de base florestal no Estado do Paraná (SANQUETTA, 2002, p. 7).

A silvicultura na região do bioma da Floresta Ombrófila Mista impulsionou a cadeia produtiva da madeira, que estava praticamente aniquilada pela exaustão da madeira nativa. Nos dias de hoje, a silvicultura é tida como um modo concreto de viabilizar a economia da região, com alcance nos mais diversos segmentos da sociedade (SANQUETTA, 2002, p. 8).

Nos estados da região Sul, os principais plantios industriais foram implantados com espécies do gênero *Pinus*, principalmente as espécies *P. taeda* e *P. elliottii*, oriundos de regiões frias do sul dos Estados Unidos (conhecidos internacionalmente como “southern pines”) (SCOLFORO; MAESTRI, 1998, p. 316).

2.2.2 Histórico

A mentalidade quase absolutamente extrativista, que praticamente esgotou as reservas de pau-brasil no país, seguiu até o final da década de 1950. Isso pôde ser bem observado no Estado do Paraná, onde houve uma exploração intensa do pinheiro (*Araucaria angustifolia*), desde o começo do século XX, destinado à exportação, principalmente para a Grã-Bretanha e a Alemanha. Tal movimento só foi suspenso durante o período da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), e foi retomado a partir da década de 30. A escala de exploração só cessou com o início da Segunda Guerra Mundial e a paralisação das importações na Europa. O fornecimento de madeira permaneceu constante e elevado até a criação, em 1941, do Instituto Nacional do Pinho, uma iniciativa que tardou demais, e os danos severos daí resultantes já haviam comprometido as florestas naturais do Estado do Paraná (MCT, 2002, p. 7).

A pressão sobre estes ecossistemas no Estado se manteve com a expansão das fronteiras agrícolas, que exercia uma grande demanda por lenha para secagem de grãos. Assim, o início da atividade florestal no Estado ficou marcado pela irracionalidade no uso dos recursos, o que provocou a degradação irreversível de grande parte da cobertura florestal do Estado.

A atividade florestal no Estado do Paraná, como visão institucional estadual, começou a ter importância a partir do ano de 1978, com o Instituto de Terras e Cartografia (ITC). A partir deste momento, diversos mecanismos de promoção ao fomento e à extensão florestal, na tentativa de recuperar a cobertura florestal, foram implementados com programas específicos de cada período administrativo (IAP, 2002, p. 4).

A política de incentivos fiscais, vigente no período de 1966 a 1987, foi responsável pela implantação de extensas áreas de povoamentos de *Pinus* spp. no Brasil, com maiores concentrações nos três estados da região Sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná) e São Paulo. Inicialmente, o objetivo principal era o fornecimento de madeira para o setor de papel e celulose, mas com o tempo, parte destes plantios foi redirecionada para a demanda emergente de serrarias e laminadoras em substituição às espécies nativas (OLIVEIRA, 1995, p. 1).

2.3 ABASTECIMENTO DO SETOR FLORESTAL

FERREIRA e GALVÃO (2000, p. 16) estimaram que a demanda por madeira no País era de 350 milhões de metros cúbicos anuais e a produção de florestas plantadas, de 90 milhões. Portanto, para o ano considerado (2000) verifica-se um déficit de 260 milhões que tem sido suprido pelo corte de florestas naturais.

Uma base florestal estável favorece não só a regularidade no suprimento de matéria-prima mas o equilíbrio dos preços e do nível de emprego (AHRENS, 1997, p. 172). Por esta razão, o autor defende a obrigatoriedade da reposição florestal, uma vez que esta atitude diminui a pressão da sociedade sobre as florestas naturais, contribuindo para a conservação dos maciços florestais remanescentes.

SCOLFORO e MAESTRI (1998, p. 329) afirmam que o setor florestal da região Sul do Brasil necessita de uma estabilização natural, o que sugere a busca pelo equilíbrio entre oferta e demanda de madeira. Contudo, os recursos de matéria-prima gerados a partir dos reflorestamentos incentivados garantiram uma base industrial que, de uma forma ou de outra, atravessará um momento deficitário, motivada pela crescente demanda por produtos de origem florestal (madeira sólida, laminados, celulose e papel, painéis, etc.).

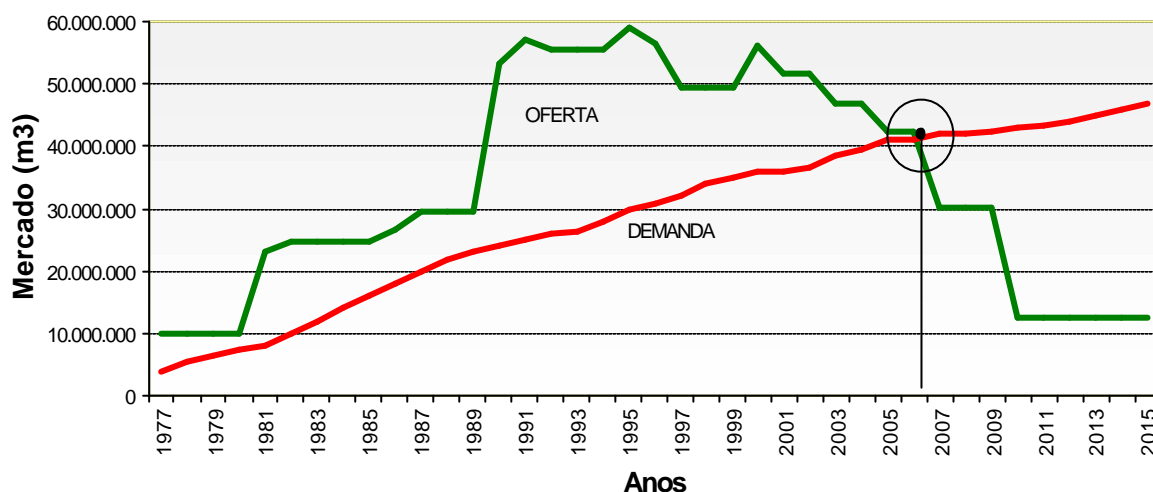
RAMOS (1993, p. 188), ao constatar a redução do ritmo de implantação de novas áreas de povoamentos florestais no Paraná após o fim do período de Incentivo Fiscal (1987), em oposição ao aumento do consumo de madeira de *Pinus* spp., prevê a possibilidade de que as extrações anuais superem a produção, caso as áreas reflorestadas não sofram a devida reposição florestal. O autor prevê que após o ano de 2006 (quando do início da suposta terceira rotação – 20 anos – dos povoamentos implantados a partir de 1966) os plantios de pinus não serão suficientes para atender à demanda de madeira.

AHRENS (2000, p. 220) menciona a questão do abastecimento futuro do mercado com madeira, salientando que o aumento da oferta de madeira permitirá maior estabilidade aos mercados, diminuindo as oscilações de preço que normalmente ocorrem em função das variações no volume de oferta dessa matéria-prima. Pode-se prever a partir do déficit existente que pequenos

proprietários rurais terão grande retorno financeiro, na medida em que possam produzir madeira objetivando atender à crescente e irreversível demanda por essa matéria-prima. Para tanto, o autor sugere a necessidade de orientação técnica e planejamento.

De acordo com o Instituto Ambiental do Paraná – IAP (2002), a oferta e a demanda de madeira de pinus nos Estados do sul do Brasil apresentarão a tendência descrita na Figura 1 abaixo:

FIGURA 1 - OFERTA E DEMANDA DE MADEIRA DE PINUS NO SUL DO BRASIL



FONTE: Instituto Ambiental do Paraná, 2002

Esta tendência justifica a necessidade do planejamento das atividades florestais, no que diz respeito à implantação de novas áreas de plantios, no curto, médio e longo prazo. Ainda é necessário aprofundar estudos sobre o comportamento mais provável deste cenário.

2.4 MANEJO FLORESTAL

Historicamente, o manejo florestal esteve relacionado aos aspectos silviculturais e biológicos das florestas. No entanto, com o desenvolvimento destas áreas, o manejo florestal passou a englobar diversos assuntos e hoje pode ser definido como o estudo e a aplicação de técnicas analíticas para ajudar na escolha de alternativas de manejo que melhor contribuam para o alcance de objetivos da organização (LEUSCHNER, 1984, p. 1 e 2).

Segundo SPEIDEL (1966), no entanto, os objetivos a serem atendidos não são absolutos ou definitivos, sendo decorrentes de decisões subordinadas às tendências humanas, influenciadas em diferentes graus pelos sentimentos de ética, considerações políticas, oportunidades de mercado, dentre outros fatores. Portanto, o planejamento deve atender a uma combinação de diversos objetivos.

O manejo florestal, em um sentido amplo, integra todos os fatores biológicos, sociais e econômicos que afetam as decisões sobre a floresta e cada fator afeta o outro de maneira inter-relacionada. No entanto, os efeitos parciais de alguns fatores serão maiores que os efeitos parciais de outros e os efeitos de alguns fatores serão tão pequenos que poderão mesmo ser ignorados (LEUSCHNER, 1984, p. 1).

BUONGIORNO e GILLESS (1987, p. 1) definem que o manejo florestal é a arte e a ciência de tomada de decisões com relação à organização, uso e conservação de florestas. Tais decisões podem envolver o futuro em longo prazo e também as atividades do dia-a-dia, abordando sistemas florestais dos mais simples aos mais complexos.

Algumas das questões que podem ser consideradas pelo manejo florestal são: o planejamento da colheita; a previsão do efeito de diferentes regimes de manejo no valor de uma floresta; a determinação do ciclo e a intensidade de corte visando maximizar a produção de madeira ou a receita de uma determinada floresta; o planejamento da produção de uma indústria atendendo os objetivos estabelecidos de receita, número de empregos e nível de poluição; o delineamento de uma rede de estradas com o menor custo possível de modo a atender os projetos, entre outros (BUONGIORNO e GILLESS, 1987, p. 1 e 2).

2.5 PLANEJAMENTO FLORESTAL

De acordo com SANQUETTA (1996, p. 7), o planejamento da produção florestal é a organização estrutural das atividades de produção de madeira através de técnicas analíticas, com o objetivo de se indicar opções de manejo que contribuam da melhor forma para atender os objetivos do empreendimento e da coletividade.

HOSOKAWA e MENDES (1984, p. 5-6) definem cinco níveis em que o planejamento florestal pode ser realizado: planejamento da produção florestal, planejamento da empresa florestal, planejamento florestal regional, planejamento florestal integrado e planejamento do setor florestal. Estes autores defendem que o desenvolvimento global do setor florestal nacional depende muito da eficiência do planejamento setorial. Como exemplo, citam a política de concessão de incentivos fiscais para reflorestamentos, que deveria ter sido dirigida em função da infra-estrutura de uma possível localização de pólos industriais e do desenvolvimento da possibilidade de consumo local, regional, nacional e internacional.

Algumas ferramentas utilizadas no manejo florestal são as técnicas analíticas, que fornecem parâmetros para escolha entre diferentes cursos de ação. As técnicas analíticas podem informar o que acontecerá se todos os pressupostos e projeções usados na análise acontecerem. No entanto, como elas são teóricas e no mundo real há muitos riscos, o resultado final pode nem sempre acontecer como previsto. Portanto, estas técnicas analíticas de simulação de cenários podem ser consideradas como parâmetros e não como respostas finais (LEUSCHNER, 1984, p. 4 e 5).

Para se obter informações sobre o comportamento futuro de um plantio de pinus, submetido a diferentes regimes de manejo, é possível realizar a simulação do crescimento e da produção, auxiliando na tomada de decisões e possíveis intervenções. Um dos sistemas de simulação existentes é o Sispinus, que teve por base o simulador NCSU desenvolvido na Universidade Estadual da Carolina do Norte, EUA, e adaptado pela EMBRAPA para a prognose de plantios de *Pinus* spp. (*P. elliottii* e *P. taeda*) estabelecidos na região Sul do Brasil. O sistema realiza a simulação do crescimento e da produção de plantios de pinus utilizando

como variável básica o índice de sítio ou curva da altura dominante em função da idade. É necessário, ainda, informar o número de árvores por hectare (plantadas), porcentagem de sobrevivência, equação de volume, tipo(s) de desbaste(s) a ser(em) realizado(s) e a idade do corte raso. O sistema oferece opções para a escolha entre equações de volume ou de peso, assim como desbastes seletivos e/ou sistemáticos, ou a combinação destes. Nos relatórios de saída podem-se identificar as idades e os intervalos entre estas, para as quais as informações de produção são desejadas (OLIVEIRA Y.; OLIVEIRA E.; HAFLEY, 1989, p. 107).

2.6 PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA

A programação matemática refere-se normalmente a técnicas ou algoritmos específicos que alocam os recursos para otimizar um objetivo particular. Há vários tipos de programas matemáticos, entre eles a Programação Linear, a Programação Linear Inteira, a Programação Não-Linear, a Programação Dinâmica, a Otimização em Redes, o “Markov Processes”, o Modelo de Espera e Fila, o “Inventory Model” e os modelos de simulação (LEUSCHNER, 1984, p. 201-206).

A programação linear é a técnica mais usada em Planejamento Florestal e provavelmente a mais usada em programação matemática. Há muitas razões para isso. Primeiro, porque a técnica foi desenvolvida e implementada durante a 2ª Guerra Mundial e, portanto, teve muitos anos para ser aperfeiçoada. Além disso, a programação linear pode lidar com vários dados e com muitas soluções alternativas de uma maneira muito eficiente e simples, podendo ser aplicada a uma gama variada de problemas. Finalmente, podem ser realizadas facilmente análises de sensibilidade para que as características da solução ótima possam ser examinadas e interpretadas (LEUSCHNER, 1984, p. 202).

Uma das utilizações clássicas da programação matemática é na definição da época da colheita florestal, pois este é um dos pontos mais críticos nas decisões de manejo florestal. Ela determina a distribuição por idade, a estrutura da floresta e a seqüência dos produtos florestais e, portanto as receitas e os custos da atividade. Por ser uma das decisões mais complexas do manejo

florestal, torna-se difícil realizá-la utilizando técnicas manuais (LEUSCHNER, 1984, p. 215).

2.7 MODELOS DE PLANEJAMENTO FLORESTAL

Conforme definição de BUONGIORNO e GILLESS (1987, p. 2), modelos são representações matemáticas de uma situação real, utilizadas com o propósito de auxiliar a pensar, predizer e tomar decisões.

Problemas de manejo florestal envolvem muitas variáveis distintas. Algumas são biológicas, como o potencial de crescimento da interação entre o solo e as espécies; algumas são econômicas, como o preço da madeira e o custo da mão-de-obra; e outras são sociais, como as leis ambientais que regulam o tratamento da floresta. Geralmente, estas variáveis estão inter-relacionadas e influenciam-se mutuamente. Desta forma, os modelos têm um papel de “conselheiros”, auxiliando no processo de tomada de decisões através da predição das conseqüências das ações (BUONGIORNO e GILLESS, 1987, p. 3).

NEWHAM², citado por ARCE, (1997, p. 7), reconhece quatro tipos distintos de modelos de planejamento no manejo florestal, a saber:

- Modelos detalhados, utilizados para máquinas individuais ou grupos de máquinas;
- Modelos de manejo: destinados ao planejamento da ordem em que os povoamentos serão desbastados, cortados e ao planejamento da construção de estradas;
- Modelos de operações: referem-se à alocação de máquinas, equipamentos, capacidade de trabalho e recursos de madeira disponíveis de modo a minimizar o custo de fornecimento (abastecimento) no menor tempo possível; e
- Modelos econométricos: utilizados para projetar o suprimento e o consumo de produtos manufaturados.

² NEWNHAM, D. H. Logplan: a model for planning logging operations. **Information Report FMR-X**, Ottawa. v. 77, 1975.

O presente trabalho abrange o grupo dos modelos matemáticos aplicados ao manejo florestal, uma vez que o objetivo é propor um modelo de planejamento da atividade florestal e do abastecimento de madeira proveniente de povoamentos.

Para o estudo da evolução de florestas equiâneas (povoamentos), BUONGIORNO e GILLESS (1987, p. 61-65) propõem um modelo dinâmico, originalmente desenvolvido por Nautiyal e Pearse³ (1967), o qual descreve a condição de uma floresta ao final de um período de planejamento. Neste tipo de modelo (Modelo Tipo I), a floresta é definida pela área em cada classe de idade, as quais podem ser contíguas ou dispersas. Para efeito de regime de manejo, os únicos tratamentos silviculturais adotados são o corte raso de parte ou do todo da área em cada classe de idade, seguidos imediatamente de implantação/reforma da área com árvores de mesma espécie, não sendo contemplados os desbastes. As variáveis de decisão gerais do modelo são definidas como X_{ij} , o que representa a área a ser cortada na classe de idade j no período i . Utilizando estas variáveis e as condições iniciais da floresta, é possível calcular a área em cada classe de idade em qualquer momento futuro. O modelo pode optar livremente por cortar em qualquer classe de idade e em qualquer período. Para tanto são estabelecidas diversas restrições de acordo com as limitações impostas por uma situação determinada.

JONHSON e SCHEURMANN (1977) propuseram a divisão dos modelos matemáticos em Modelo Tipo I e Tipo II, de modo que o Modelo Tipo II permite que uma determinada área seja considerada mais de uma vez ao longo do horizonte de planejamento considerado. Conseqüentemente, novos talhões implantados durante o período de planejamento em questão são incorporados à otimização e ao resultado do modelo. Portanto, quanto maior o horizonte de planejamento, maior a importância de se levar em conta os novos talhões para as decisões de manejo.

A principal diferença entre os Modelos Tipo I e Tipo II é que o primeiro preserva a identidade das unidades iniciais de colheita ao longo do horizonte de planejamento, enquanto o modelo Tipo II cria uma nova unidade de colheita

³ NAUTIYAL, J. C. & PEARSE, P. H. Optimizing the conversion to sustained yield: a programming solution. **Forest Science**, v.13, n. 2, p. 131-139, 1967.

gerada em função da área cortada em cada período. (BUONGIORNO e GILLESS, 1987, p. 73).

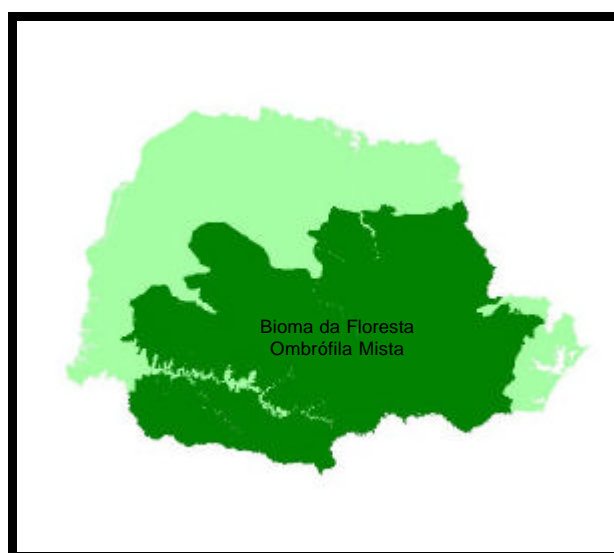
O presente estudo utilizará como ferramenta de otimização o Modelo Tipo II, mais dinâmico e flexível em termos das condições finais da floresta após o horizonte de planejamento, porém, mais rigoroso no que concerne o controle de área e volume.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de abrangência deste estudo corresponde aos limites geográficos do bioma da Floresta Ombrófila Mista, ou Floresta com Araucária, localizada no Estado do Paraná (Figura 2), conforme definições do Programa PROBIO (FUPEF-CNPq, 2000).

FIGURA 2 - ABRANGÊNCIA DO BIOMA DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA



FONTE: FUPEF-CNPq, Programa PROBIO, 2000

O bioma da Floresta Ombrófila Mista no Paraná, com aproximadamente 11,6 milhões de hectares (cerca de 58% da área total do Estado) (FUPEF-CNPq, Programa PROBIO, 2000), abrange 215 municípios, em parte ou na totalidade de seus limites.

O clima predominante é do tipo Cfa, de acordo com a classificação de Köppen. Os solos são heterogêneos, variando desde solos com alta, média até baixa fertilidade, dependendo da sua posição geográfica e de características geológicas e geomorfológicas.

Além de sua importância ecológica, esta região tem grande destaque sócio-econômico por abrigar grande concentração de empresas relacionadas ao setor florestal, bem como os maiores maciços florestais responsáveis pela produção madeireira e pelo abastecimento da indústria de base florestal no Estado do Paraná.

3.2 EMPRESAS PESQUISADAS

O levantamento das informações relativas à atividade florestal industrial das empresas dos gêneros Madeira e Papel & Papelão baseou-se em um cadastro fornecido pelo Departamento Econômico da Federação das Indústrias do Estado do Paraná (FIEP). Tal Instituição divide todo o setor produtivo do Estado em 13 gêneros industriais distintos, dos quais os dois gêneros, Madeira e Papel e Papelão, foram os considerados aplicáveis a este estudo.

Foram abordadas empresas localizadas na área de ocorrência do bioma da Floresta Ombrófila Mista do Estado do Paraná constantes no cadastro atualizado para o ano de 2002, cujas atividades industriais desempenhadas se classificam nos gêneros industriais Madeira (serrarias; indústrias de lâminas; fábricas de chapas e madeira compensada, esquadrias de madeira, molduras, caixas, peças torneadas, entre outras) e Papel & Papelão (indústrias de papel, papelão, celulose, pasta mecânica). Contudo, limitou-se o número de empresas pesquisadas levando-se em consideração apenas as que possuem número de funcionários superior a 10. Desta forma, para estes gêneros industriais, existem no cadastro 1010 empresas que foram pesquisadas conforme descrição a seguir.

3.3 COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados mais detalhados para compor o estudo, foram enviadas às empresas correspondências via Correios contendo uma carta de apresentação (Apêndice 1), explicando a importância das informações solicitadas para o trabalho, e dois questionários objetivos distintos contendo questões abertas e fechadas (Apêndices 2 e 3). Tais questionários abrangem informações

sobre a produção de madeira em reflorestamentos e o consumo desta matéria-prima pelas empresas. Há que se enfatizar que as informações fornecidas pelas empresas foram tratadas de forma inteiramente confidencial, não sendo publicados e/ou divulgados valores individuais das empresas, mas somente valores médios ou, como na maior parte dos casos, valores totais.

3.4 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA

A demanda por madeira reflorestada das empresas e indústrias do setor florestal dos gêneros industriais Madeira e Papel & Papelão da região foi caracterizada através do Questionário A, abrangendo informações relacionadas ao consumo de madeira, origem da matéria prima, espécies de madeira utilizadas, nível de processamento/desdobro em que a matéria-prima chega à empresa, diâmetro mínimo das toras, principais produtos fabricados pela empresa, consumo de energia, número de funcionários, assim como previsão e planejamento de ampliação ou redução das atividades para os próximos anos.

O modelo do Questionário A encontra-se no Apêndice 2.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA

A oferta de madeira reflorestada da região de abrangência do bioma da Floresta Ombrófila Mista foi caracterizada por meio de um questionário direcionado às empresas do setor florestal detentoras de florestas plantadas. Este, denominado de Questionário B, visou obter informações referentes ao estado geral das florestas plantadas, tais como área total reflorestada e área por espécie e classes de idade, municípios de localização dos plantios, incremento médio anual (IMA), regime de manejo adotado (modo e época da realização de podas e desbastes ao longo das rotações), planejamento de novos plantios para os próximos anos, áreas e volumes cortados anualmente, origem das mudas utilizadas nos plantios e densidade de plantio. O modelo do Questionário B encontra-se no Apêndice 3.

3.6 INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Adicionalmente, foram consultados os dados referentes a dois trabalhos desenvolvidos pelo Laboratório de Inventário Florestal da Universidade Federal do Paraná (LIF/UFPR), nos quais, por meio de imagens de satélite classificadas, há a identificação das áreas de florestas naturais englobadas pelo bioma da Floresta Ombrófila Mista divididas em três estágios de sucessão (matura, sucessora e pioneira) bem como de povoamentos florestais. De aproximadamente 60% das áreas de reflorestamento, foram identificados os respectivos proprietários e cadastradas algumas informações de crescimento referentes aos plantios. Além disso, as empresas pertencentes aos diversos segmentos do setor florestal foram localizadas por municípios.

Para inferências mais gerais sobre a produção de madeira por florestas plantadas no Estado do Paraná, utilizaram-se dados fornecidos pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), compilados por esta Instituição através de formulários para solicitação de liberações quando da ocasião de atividades de desbastes e corte final em reflorestamentos.

Tais informações foram utilizadas para efetuar comparações com aquelas obtidas através dos questionários, além de serem indicadoras do grau de abrangência obtido pela pesquisa no que diz respeito à representatividade das informações.

Após coleta e tabulação das informações através dos questionários, as empresas foram classificadas e recadastradas por atividades específicas.

3.7 SIMULAÇÃO ATRAVÉS DO SISPINUS

Para as diversas empresas que possuem florestas próprias, realizou-se a previsão da evolução de seus plantios atuais, através do programa Sispinus (versão 2.1 – 1999), para a simulação do crescimento e da produção dos plantios de pinus.

Foram realizadas simulações específicas para cada empresa respeitando-se o regime de manejo adotado e demais informações fornecidas pela empresa, a

saber: número de árvores plantadas por hectare, idade, tipo e intensidade dos desbastes, idade do corte raso.

Para informações não disponíveis, porém necessárias para a realização das simulações no Sispinus, adotou-se a padronização dos dados para todas as empresas. Estas são:

- Índice de sítio = 21 metros (para uma idade índice de 15 anos);
- Sobrevivência inicial = 95%;
- Equação de sítio = taeda;

e demais informações “default” do programa, descritos na Tabela 1.

TABELA 1 - SORTIMENTO ADOTADO PELO PROGRAMA SISPINUS

SORTIMENTO	COMPRIMENTO DE TORA (m)	DIÂMETRO MÍNIMO NA PONTA FINA (cm)
Laminação	2,4	30
Serraria	2,4	18
Celulose	1,2	8

3.8 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Para a simulação de cenários, foram considerados os dados originais informados pelas empresas, como área plantada em cada classe de idade (ha), área cortada anualmente (ha/ano) e expectativa do aumento/decréscimo da produção e conseqüente aumento/decréscimo da utilização de matéria-prima (m³).

Os plantios foram agrupados em 6 classes de idade com intervalos de 5 anos cada: 0 a 5 anos, 6 a 10 anos, 11 a 15 anos, 16 a 20 anos, 21 a 25 anos e mais que 25 anos.

Foram definidos e simulados dois cenários distintos:

- Cenário 1 (Conservador); e
- Cenário 2 (Otimista).

Os cenários 1 e 2 revelam ou sustentam as seguintes considerações baseadas no controle por área, conforme descrição da Tabela 2.

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS DOS CENÁRIOS 1 E 2.

	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2
Área cortada anualmente no primeiro período *	(1/rotação) x (área total inicial + área modificada pelo aumento ou decréscimo da demanda)	
Área cortada anualmente no segundo período *	(1/rotação) x (área total modificada pelo aumento ou decréscimo da demanda)	
Acompanhamento da área plantada em função do aumento da demanda por madeira	NÃO	SIM
Reforma de áreas cortadas	100%	100% + aumento da produção ou 100% - decréscimo da produção

NOTA: * Períodos de 5 anos (quinquênios) do horizonte de planejamento.

Os cenários foram simulados para 9 períodos de 5 anos cada, partindo-se do ano de 2003, até o ano de 2047. O estoque final é informado no período seguinte (10º período), que vai de 2048 a 2052.

A partir dos dados de área plantada, estimou-se o volume para as diferentes classes de idade multiplicando-se a área pela produção em m³/ha (simulada pelo Sispinus, de acordo com o regime de manejo adotado em cada empresa) na idade média de cada classe. Por exemplo: para a classe de idade de 0 a 5 anos, utilizou-se a produtividade simulada pelo Sispinus para a idade 3 anos, uma vez que o Sispinus não considera idades parciais (2,5 anos, como seria o mais recomendado). As produtividades foram simuladas da mesma forma para as demais classes.

Os cenários foram simulados um a um para cada empresa, conforme informações individuais fornecidas nos questionários. A partir destes cenários específicos, foram elaborados cenários gerais compondo valores médios e totais

de todas as empresas, a fim de preservar a confidencialidade dos dados informados e obter uma visão global do setor florestal no Estado.

3.9 PLANEJAMENTO POR MEIO DA PESQUISA OPERACIONAL

O modelo de programação linear, modelo tipo II, foi elaborado conforme metodologia descrita por BUONGIORNO e GILLESS (1987, p. 61), e proposta originalmente por Johnson e Scheurman em 1977 (JOHNSON e SCHEURMAN⁴, apud BUONGIORNO e GILLESS, 1987, p. 61).

De acordo com a metodologia proposta por BUONGIORNO e GILLESS (1987, p. 62) as variáveis de decisão gerais do modelo são definidas como $X_{i,j}$, representando a área a ser cortada na classe de idade j no período i , sendo:

$$i = 1, 2, \dots, 9.$$

$$j = 1, 2, \dots, 15.$$

BUONGIORNO e GILLESS (1987, p. 63), em seu livro *Forest Management and Economics*, citam um exemplo para o Modelo Tipo II, que trata da regulação de uma floresta dividida em dois compartimentos (com 100 e 200 hectares, com 1 a 10 anos e 11 a 20 anos de idades, respectivamente) ao longo de um horizonte de planejamento de 30 anos (3 períodos). A Tabela 3 mostra este exemplo.

TABELA 3 - DESCRIÇÃO DO MODELO TIPO II (EXEMPLO)

Período	Classes de idade					
	1	2	3	4	5	
1	Estoque	100	200			
	Corte	$X_{1,1}$	$X_{1,2}$			
2	Estoque	$X_{1,1} + X_{1,2}$	$100 - X_{1,1}$	$200 - X_{1,2}$		
	Corte	$X_{2,1}$	$X_{2,2}$	$X_{2,3}$		
3	Estoque	$X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3}$	$X_{1,1} + X_{1,2} - X_{2,1}$	$100 - X_{1,1} - X_{2,2}$	$200 - X_{1,2} - X_{2,3}$	
	Corte	$X_{3,1}$	$X_{3,2}$	$X_{3,3}$	$X_{3,4}$	
4	Estoque	$X_{3,1} + X_{3,2} + X_{3,3} + X_{3,4}$	$X_{2,1} + X_{2,2} + X_{2,3} - X_{3,1}$	$X_{1,1} + X_{1,2} - X_{2,1} - X_{3,2}$	$100 - X_{1,1} - X_{2,2} - X_{3,3}$	$200 - X_{1,2} - X_{2,3} - X_{3,4}$

⁴ JOHNSON, K. N.; SCHEURMAN, H. L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives. Discussion and synthesis. **Forest Science**, 18, 1977

Para os cenários 1 e 2 descritos na Tabela 2, foram abordados 9 períodos de 5 anos cada e inicialmente 6 classes de idade ao longo do horizonte de planejamento. As equações podem ser observadas no Apêndice 4.

Para resolver o modelo, utilizou-se o programa LINDO versão 6.1, na sua versão livre (“free”) obtida no site www.lindo.com. Esta versão possui limite de 300 variáveis e 150 restrições.

A formulação geral da Função Objetivo definida para maximizar a produção de madeira em m³, tendo como coeficientes os valores médios ponderados (pela área) de produção por hectare de todas as empresas, é a seguinte:

Formulação Geral:

$$Z = \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{m+i-1} v_j X_{i,j} , \text{ onde:}$$

Z = variável dependente da função

p = período de conversão

i = período

j = classe de idade

m = número de classes de idade

v_j = volume por hectare na classe de idade j

X_{ij} = área cortada na classe de idade j no período i

A formulação detalhada da Função Objetivo adotada no presente estudo encontra-se no Apêndice 5.

Há que se ressaltar que os valores de produtividade (m³/ha) utilizados como coeficientes foram multiplicados por 1.000, bem como as demais equações, para atender a questões de escala, não sendo alterados os valores obtidos no resultado.

Foram definidas 24 restrições: 15 restrições se referem aos limites impostos por área, e 9 se referem às restrições de demanda.

As restrições relativas à área definem a regulação da floresta, de modo que ao final do período do horizonte de planejamento, ou período de regulação da floresta, devem existir florestas plantadas pertencentes somente às classes de

idade de 1 (0 a 5 anos) a 5 (21 a 25 anos), estabelecendo-se que não haverá florestas com idade superior a 25 anos, sendo estas substituídas por novas florestas.

As restrições relativas à demanda de madeira definem a quantidade mínima de madeira que deve ser cortada em cada período de 5 anos durante o horizonte de planejamento, de modo a atender à demanda estabelecida pelas empresas.

Contudo, foram definidos dois grupos de restrições de demanda:

- Restrições para atender a demanda de madeira projetada para o período de planejamento de acordo com o cenário 1 (conservador)
- Restrições para atender a demanda de madeira projetada no cenário 2 (otimista).

Desta forma, foram gerados dois modelos de planejamento, denominados conservador e otimista respectivamente, que podem ser observados nos Apêndices 6 e 7.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 PANORAMA GERAL DAS EMPRESAS

Durante o período de agosto de 2002 e janeiro de 2003, foram recebidas respostas de 83 empresas à solicitação de preenchimento dos questionários, tanto via Correios, como por e-mail e até mesmo telefone.

O número de respostas obtido para o Questionário A, direcionado a empresas que consomem matéria-prima madeira, foi de 59, e de 30 para o Questionário B, direcionado a empresas que possuem reflorestamento próprio. Destes números, 38 empresas responderam somente ao Questionário A, 9 empresas responderam somente ao Questionário B e 21 empresas responderam a ambos os Questionários.

Com o resultado das informações obtidas por meio dos questionários recebidos a uma taxa de resposta de 8,2%, somado à base de dados do IAP e demais estudos, pôde-se verificar que a área reflorestada abrangida pelo presente estudo (284 mil hectares) representa 55,58% da área total reflorestada do Estado. Há que se ressaltar que das 83 respostas obtidas, estas contemplam praticamente todas as grandes empresas do setor florestal do Estado, ou seja, as que possuem área reflorestada superior a 5 mil hectares, conferindo credibilidade à pesquisa. Não foram pesquisadas as empresas que possuíam número de funcionários inferior a 10, pois muitas destas são consideradas pequenas e, portanto, pouco representativas em termos de área reflorestada.

O cadastro de empresas utilizado, apesar de atualizado em 2002, continha algumas informações defasadas. Muitas empresas presentes no cadastro não mais existiam, algumas se encontravam temporariamente desativadas, outras, com endereço errado ou incompleto. Por esta razão, mais de 10% das correspondências enviadas (110 cartas) retornaram ao remetente.

Avaliando-se os questionários recebidos com informações detalhadas sobre as atividades das empresas, puderam-se fazer algumas inferências sobre a

situação geral da base florestal abrangida no estudo, nos seus diversos segmentos.

Em determinados casos, percebe-se que a base florestal de algumas empresas encontra-se em franca expansão. Geralmente, trata-se de empresas recém instaladas no Estado do Paraná e que estão consolidando sua base florestal para o atendimento da sua própria demanda por madeira, em vista das atividades previstas para o futuro. Nesta situação, a área destinada a novos plantios é maior do que a que é cortada efetivamente. Contudo, esta condição será mantida por apenas alguns anos, até que haja o equilíbrio entre o que é plantado e o que é cortado.

Por outro lado, há alguns casos em que se pôde notar a intenção de desativação das fábricas e até mesmo das florestas, quer por corte raso sem considerar reforma, quer por venda das florestas.

E ainda, em alguns casos, verificou-se o inverso: parte das áreas destinadas a florestas plantadas acabam por ser substituídas por outros tipos de atividades ou destinação, como atividades agropastoris ou mesmo de conservação e/ou preservação, seja por questões legais, políticas, ou mesmo estratégicas. Em algumas situações, tem-se a informação de que parte das áreas efetivas de plantio será reduzida em função da necessidade de se recompor as florestas em Áreas de Preservação Permanente (APP's), ao longo de rios, em topo de morros, etc., e também em áreas destinadas a recuperação da Reserva Legal.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA DEMANDA

Neste capítulo, são apresentados os resultados resumidos obtidos a partir das respostas ao Questionário A, item a item, indicados no total ou na média.

4.2.1 Compra de matéria prima

O total mensal da matéria-prima adquirida de terceiros pelas empresas pesquisadas é de 283.590,27 m³.

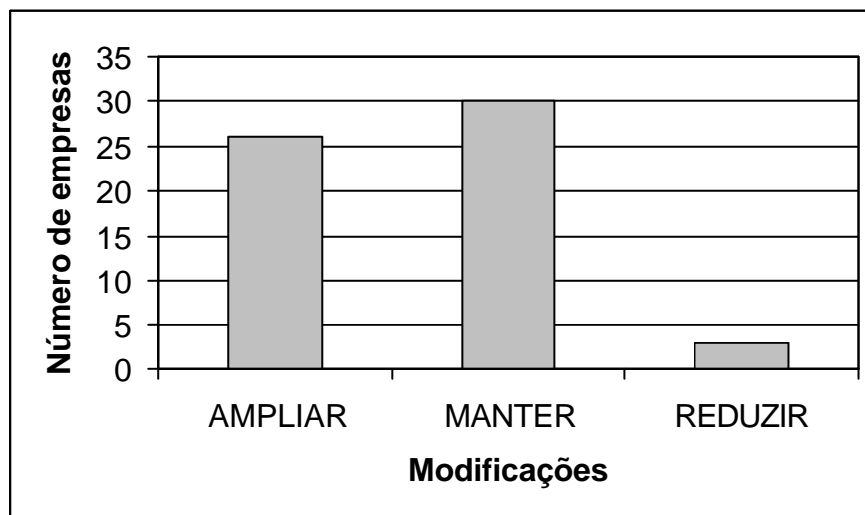
A distância média de transporte de matéria-prima adquirida é de 112 km considerando as compras realizadas somente no Estado do Paraná. Se incluída a matéria prima adquirida de outros estados esta distância média passa a 393 km. E, se incluídos outros países, chega 517 km em média.

Do total de matéria-prima comprada pelas empresas pesquisadas, 81,03% provêm do Paraná, indicando que o Estado, atualmente, é quase auto-suficiente no abastecimento de matéria-prima.

4.2.2 Tendências futuras no consumo de madeira

Analisando-se as respostas das empresas que consomem matéria-prima, elaborou-se um histograma de freqüências (Figura 3) para apresentar os dados de intenções e planos de modificações no consumo de matéria-prima para o futuro.

FIGURA 3 - TENDÊNCIAS FUTURAS NO CONSUMO DE MADEIRA EM EMPRESAS DO PARANÁ



O histograma apresentado na Figura 3 indica ao rumo da demanda futura de madeira. Observa-se que do total de 59 empresas que consomem madeira, 26 (44,07%) pretendem ampliar o consumo desta matéria-prima, 30 (50,85%)

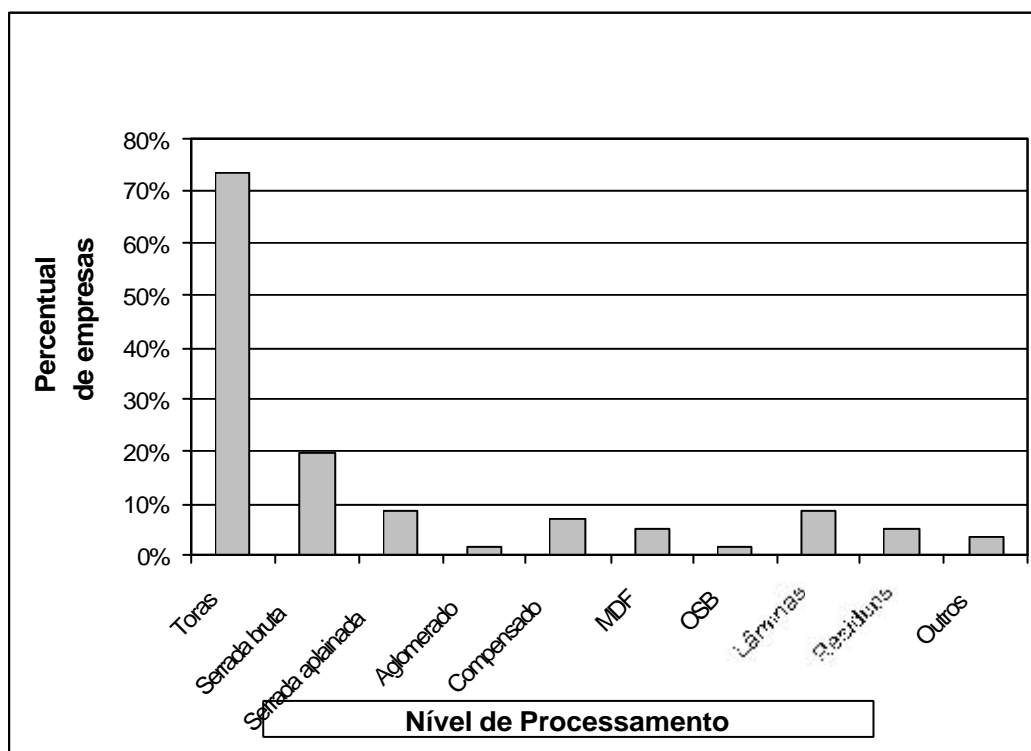
pretendem manter o consumo estável e apenas 3 (5,08%) pretendem reduzir o consumo.

Considerando todas as empresas que pretendem ampliar o consumo de madeira, chega-se a 133.356,51 m³ de crescimento planejado da demanda prevista para os anos de 2003 e 2004. Levando-se em conta a demanda atual de aproximadamente 532.341 m³/mês levantada nos questionários, tem-se uma expectativa de crescimento de 25,1%.

4.2.3 Nível de processamento da matéria-prima

Com relação ao nível de processamento/desdobro com que a matéria-prima chega à empresa, pode-se observar pelo gráfico apresentado na Figura 4, que a maior parte das empresas do setor florestal recebe a matéria-prima no seu estado primário, ou seja, ainda em toras, que sofrerão o beneficiamento ou desdobro primário.

FIGURA 4 - NÍVEL DE PROCESSAMENTO DA MATÉRIA-PRIMA UTILIZADA PELAS EMPRESAS



4.2.4 Consumo de madeira por espécie

Na Tabela 4, observa-se que, da madeira consumida pelas empresas abrangidas pelo presente estudo, a maior parte é oriunda de reflorestamentos de *Pinus* spp. (82,01%), sendo o consumo de madeira de *Eucalyptus* spp. bem menos representativo (16,26%).

TABELA 4 - CONSUMO MÉDIO DE MADEIRA POR ESPÉCIE (m³/mês)

ESPÉCIE	CONSUMO (m ³ /mês)	CONSUMO (m ³ /ano)	PERCENTUAL
Pinus	436.593	5.239.111	82,01%
Eucalipto	86.541	1.038.486	16,26%
Bracatinga	2.469	29.630	0,46%
Araucária	2.234	26.808	0,42%
Outras espécies	4.505	54.062	0,85%
TOTAL	532.341	6.388.098	100,00%

4.2.5 Diâmetro mínimo das toras

Com relação ao diâmetro mínimo de toras compradas pelas empresas, obteve-se a média de 15,46 cm, numa amplitude de 4 a 25 cm de diâmetro mínimo. Observou-se também que 54,1% das empresas adquirem toras de *Pinus* com diâmetro mínimo variando de 11 a 18 cm (Tabela 5).

TABELA 5 - DIÂMETRO MÍNIMO (cm) DE TORAS DE PINUS

DIÂMETRO MÍNIMO (cm)	NÚMERO DE EMPRESAS	PERCENTUAL DE EMPRESAS
4 - 10 cm	9	24,3%
11 – 18 cm	20	54,1%
> 18 cm	8	21,6%

4.2.6 Principais produtos fabricados

Dentre as empresas pesquisadas, observou-se uma variedade de itens produzidos a partir da madeira de pinus. Os produtos são os seguintes: celulose fibra longa não branqueada, pasta mecânica, molduras, painéis de madeira reconstituída (aglomerado, compensado, MDF e OSB), lâmina, madeira serrada bruta e beneficiada, madeira bruta seca em estufa, móveis e pré-cortado para móveis, laterais de gavetas, palito de fósforo, lâmina de caixa de fósforo, grampo, prendedor de roupa, pazinha, cavaco, cerca, “pallet”, compensado anatômico, sarrafo, refilado, caixa de brinquedo, tora, torete, lenha, porta, assoalho, meia-cana, prancha, tábua, forro, rodapé, tapete de sarrafo, papel e celulose, estrado, embalagem, embalagem pré-cortada e aplainada, ripão.

A partir da madeira de eucalipto, encontraram-se os seguintes produtos: celulose fibra curta não branqueada, tora, torete, lenha, viga, caibro, tábua, sarrafo, quadrado, prancha, ripa, papel e celulose, lâmina, compensado, compensado anatômico, estrado, madeira serrada, pallet, painéis aglomerados de madeira.

A partir da madeira de araucária, observaram-se os seguintes produtos: papelão paraná, prato, bandeja, caixa, forro, assoalho, meia-cana, rodapé, madeira bruta para construção, laminados, palito de fósforo, palito de dente, espetinho, pazinha, lâmina, tábua, refilado.

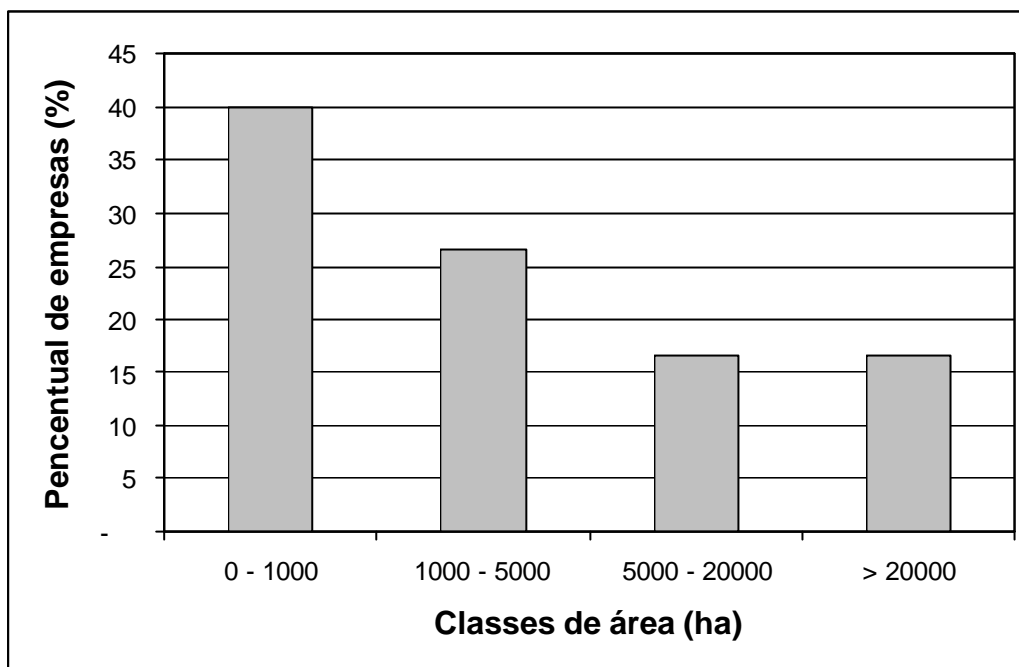
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA OFERTA

A partir das respostas enviadas ao Questionário B, foi possível constatar o seguinte:

4.3.1 Área reflorestada

Tratando-se da área reflorestada por empresa, verificou-se que: 40% das empresas possuem de 0 a 1.000 hectares de área reflorestada; 26,7% possuem de 1.000 a 5.000 hectares; 16,7% possuem de 5.000 a 20.000 hectares; e 16,7% possuem mais de 20.000 hectares (Figura 5).

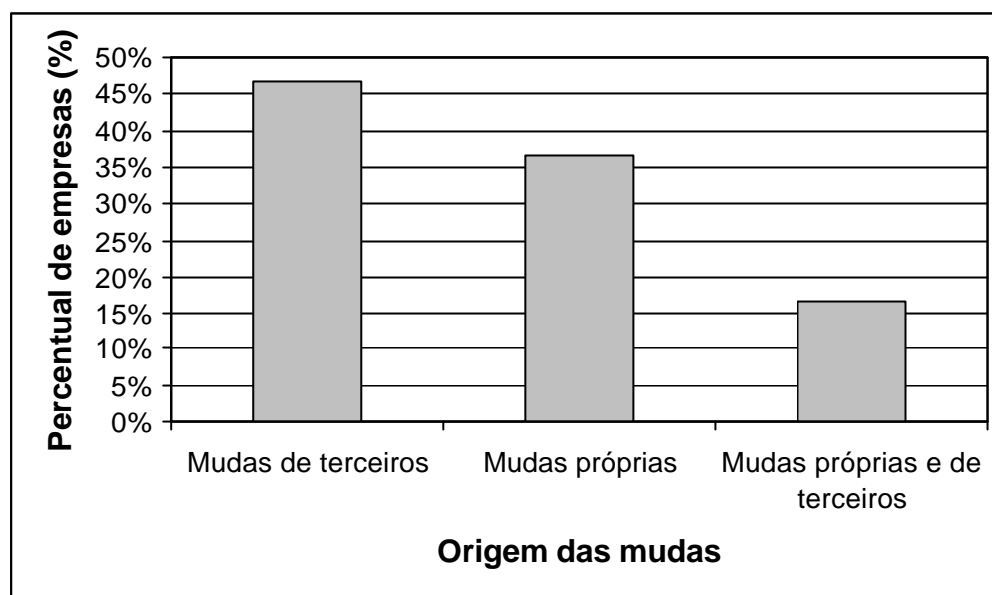
FIGURA 5 - CLASSIFICAÇÃO DAS EMPRESAS DE ACORDO COM A ÁREA REFLORESTADA



4.3.2 Origem das mudas para plantio

Observou-se que: 17% das empresas tanto compram mudas de outros produtores/viveiros como também produzem suas mudas, 46% das empresas compram as mudas em outros locais e 37% das empresas produzem mudas próprias (Figura 6).

FIGURA 6 - ORIGEM DAS MUDAS PARA PLANTIO (% DE EMPRESAS)



Todas as empresas que informaram produzir mudas próprias, o fazem a partir de semente. Somente uma das empresas pesquisadas também utiliza a estaquia e a micro-propagação para produção de mudas.

4.3.3 Espaçamento e densidade de plantio

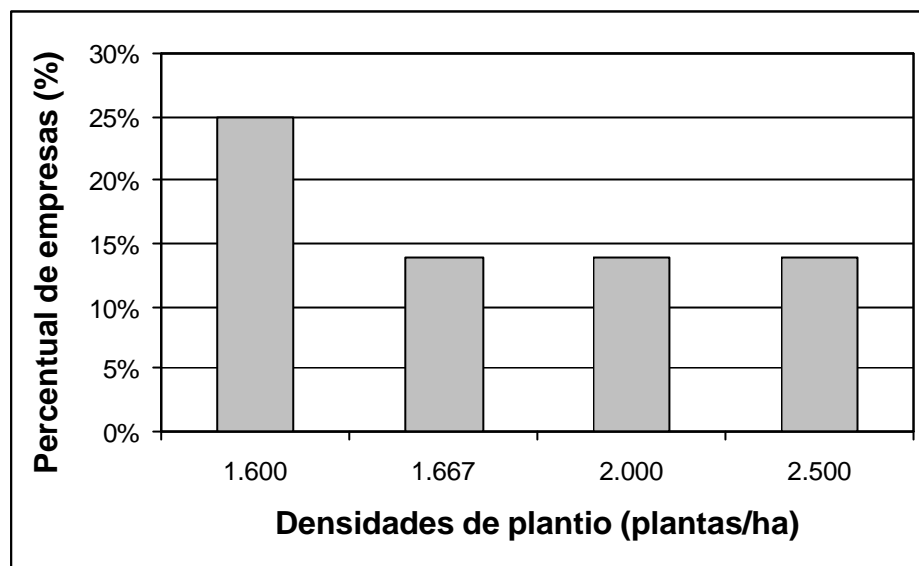
Os espaçamentos de plantio de pinus, eucalipto e araucária utilizados podem ser observados na Tabela 6.

TABELA 6 - ESPAÇAMENTOS E DENSIDADES DE PLANTIO EM REFLORESTAMENTO DE PINUS, EUCALIPTO E ARAUCÁRIA

ESPAÇAMENTO (m x m)	DENSIDADE (plantas/ha)	ESPÉCIES
2,00 m x 2,00 m	2.500	Pinus
2,50 m x 1,60 m	2.500	Pinus
2,00 m x 2,50 m	2.000	Pinus, Eucalipto
2,50 m x 2,50 m	1.600	Pinus
2,00 m x 3,00 m	1.667	Pinus, Araucária
3,00 m x 2,50 m	1.333	Pinus
3,00 m x 2,60 m	1.282	Pinus
2,80 m x 2,80 m	1.275	Pinus
3,00 m x 3,00 m	1.111	Pinus, Eucalipto
3,50 m x 3,00 m	952	Eucalipto
2,50 m x 5,00 m	800	Araucária

Observa-se que as densidades utilizadas para o plantio de Pinus são bastante variáveis, indo de 1.111 a 2.500 plantas/ha. No entanto, 25% das empresas utilizam a densidade de 1.600 plantas/ha, 13,9% utilizam a densidade de 1.667 plantas/ha, 13,9% utilizam a densidade de 2.000 plantas/ha e 13,9% utilizam a densidade de 2.500 plantas/ha, de acordo com a Figura 7.

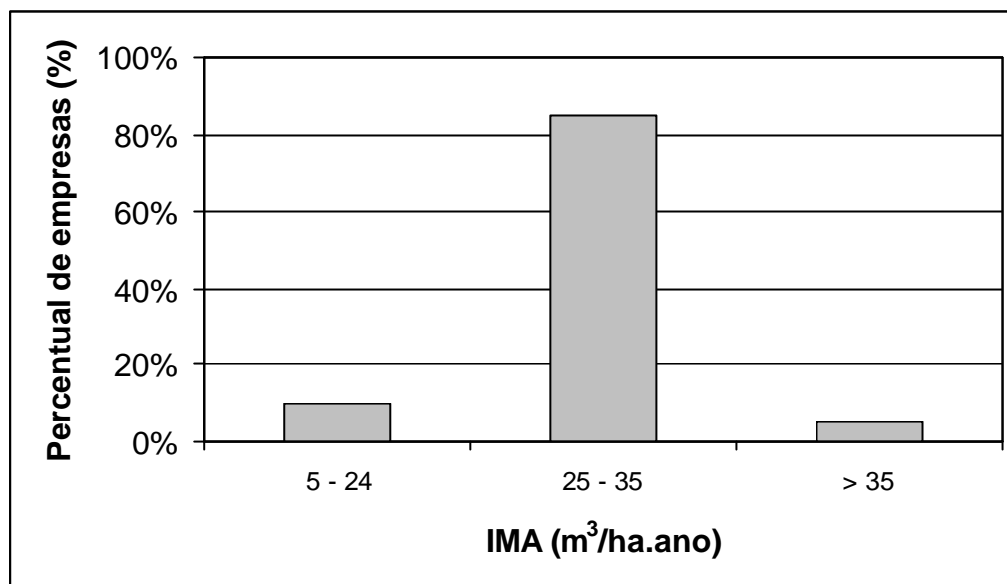
FIGURA 7 - DENSIDADES DE PLANTIO DE PINUS UTILIZADAS PELAS EMPRESAS



4.3.4 Incremento Médio Anual volumétrico

Com relação ao incremento médio anual (IMA) em volume das florestas plantadas de Pinus, constatou-se uma média entre as empresas de 28,55 m³/ha.ano. Os índices apontados variaram de 5 a 50 m³/ha.ano. No entanto, 85% das empresas informaram o IMA volumétrico dentro da classe de 25 a 35 m³/ha.ano, conforme pode ser observado na Figura 8.

FIGURA 8 - INCREMENTO MÉDIO ANUAL VOLUMÉTRICO EM REFLORESTAMENTO DE PINUS



Tratando-se de reflorestamentos de eucalipto a média de IMA entre as empresas é de 38,25 m³/ha.ano e, entre as empresas reflorestadoras de araucária, a média é de 12,38 m³/ha.ano.

4.3.5 Podas

Com relação à prática da poda em reflorestamentos de pinus, observa-se que 87% das empresas realiza poda. Há empresas que realizam apenas 1 poda (12%), outras que realizam 2 (23%) e há, ainda, as que realizam 4 podas (8%), sendo que a maioria das empresas (58%) realiza 3 podas. Na Tabela 7, pode-se observar o número de podas realizadas, idade e altura da poda e a quantidade de copa podada. As empresas que realizam 4 podas não informaram dados sobre idade, altura e percentagem de copa desta poda.

TABELA 7 - NÚMERO DE PODAS REALIZADAS EM ÁRVORES DE PINUS, IDADE MÉDIA DA PODA, ALTURA MÉDIA DA PODA E MÉDIA DA QUANTIDADE DE COPA PODADA

Nº DE PODAS	% EMPRESAS	1ª PODA			2ª PODA			3ª PODA		
		Idade (anos)	Altura (m)	% Copa *	Idade (anos)	Altura (m)	% Copa *	Idade (anos)	Altura (m)	% Copa *
1	12%	3,5	3,2	30,0						
2	23%	3,6	2,5	46,7	6,8	5,8	43,3			
3	58%	3,1	2,3	47,5	5,5	4,5	45,7	7,7	7,3	48,0
4	8%	3,0	2,5	50,0	4,5	3,5	50,0	6,0	5,5	50,0

NOTA: * Refere-se à % da altura da árvore retirada na poda.

4.3.6 Desbastes

Observa-se que, com relação à realização de desbastes em reflorestamentos, 93% das empresas os fazem e apenas 7% das empresas não realizam desbastes. O número de desbastes varia de 1 a 4, conforme Tabela 8, sendo que 42% das empresas realizam 2 desbastes e 42% das empresas realizam 3 desbastes.

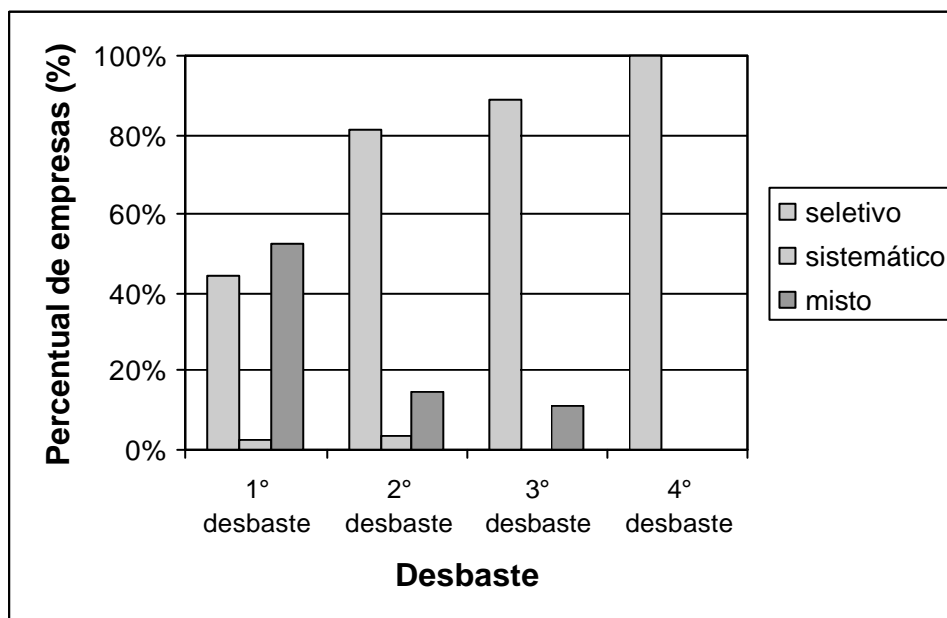
TABELA 8 - NÚMERO DE DESBASTES REALIZADOS, IDADE MÉDIA, INTENSIDADE MÉDIA

Nº DE DESBASTES	% EMPRESAS	1º DESBASTE		2º DESBASTE		3º DESBASTE		4º DESBASTE	
		Idade (anos)	Inten-sidade (%) *	Idade (anos)	Inten-sidade (%) *	Idade (anos)	Inten-sidade (%) *	Idade (anos)	Inten-sidade (%) *
1	4%	8,0	30,0						
2	42%	8,9	42,2	14,2	38,5				
3	42%	8,7	34,0	12,7	29,8	16,9	27,8		
4	13%	7,7	38,3	10,7	36,0	14,3	29,3	17,7	28,3
MÉDIA GERAL		8,3	36,1	12,5	34,8	15,6	28,6	17,7	28,3

NOTA: * Refere-se ao percentual de árvores retiradas nos desbastes.

Na Figura 9 observa-se a idade, intensidade e tipos de desbastes realizados (seletivos, sistemáticos ou mistos).

FIGURA 9 - TIPOS DE DESBASTES REALIZADOS



4.3.7 Área plantada por classe de idade

Na Tabela 9 pode-se observar a área plantada por classes de idade nos reflorestamentos de pinus, eucalipto e araucária pesquisados.

TABELA 9 - ÁREA PLANTADA POR CLASSES DE IDADE

CLASSES DE IDADE	ÁREA PLANTADA (HA)		
	Pinus	Eucalipto	Araucária
0 a 5 anos	50.745	6.926	590
6 a 10 anos	32.747	10.544	493
11 a 15 anos	30.853	14.281	2.146
16 a 20 anos	43.716	3.892	5.836
21 a 25 anos	39.961	1.535	2.979
mais de 25 anos	25.863	1.438	8.290
TOTAL	223.885	38.616	20.334

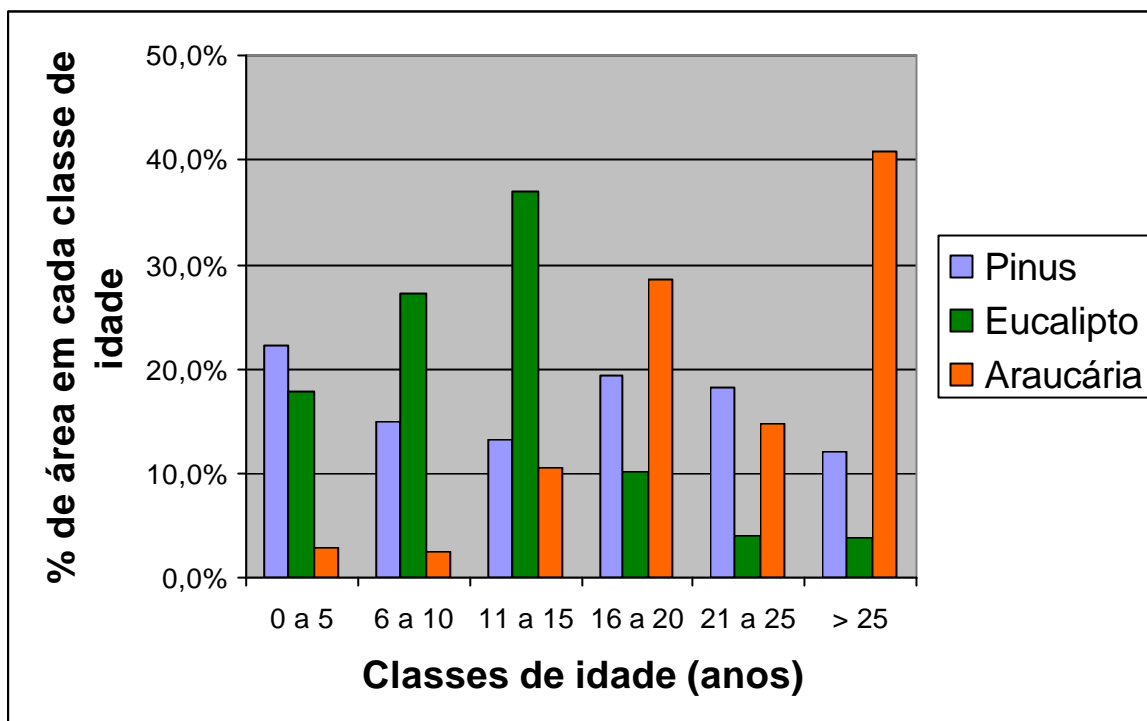
Em termos absolutos, as classes de idade de 0 a 5 anos e de 16 a 20 anos, representam as maiores áreas plantadas com pinus. Cerca de 22% da área plantada com Pinus corresponde a povoamentos de 0 a 5 anos.

Para a espécie eucalipto, as maiores áreas plantadas situam-se nas classes de 6 a 10 anos e 11 a 15 anos, correspondendo respectivamente a 27% e 37% da área plantada. Novos povoamentos constituem cerca de 18% da área plantada.

Para a araucária, 41% da área plantada (8.290 ha) corresponde às classes de idade com mais de 25 anos.

O gráfico da Figura 10 representa a porcentagem de cada classe de idade nas áreas totais.

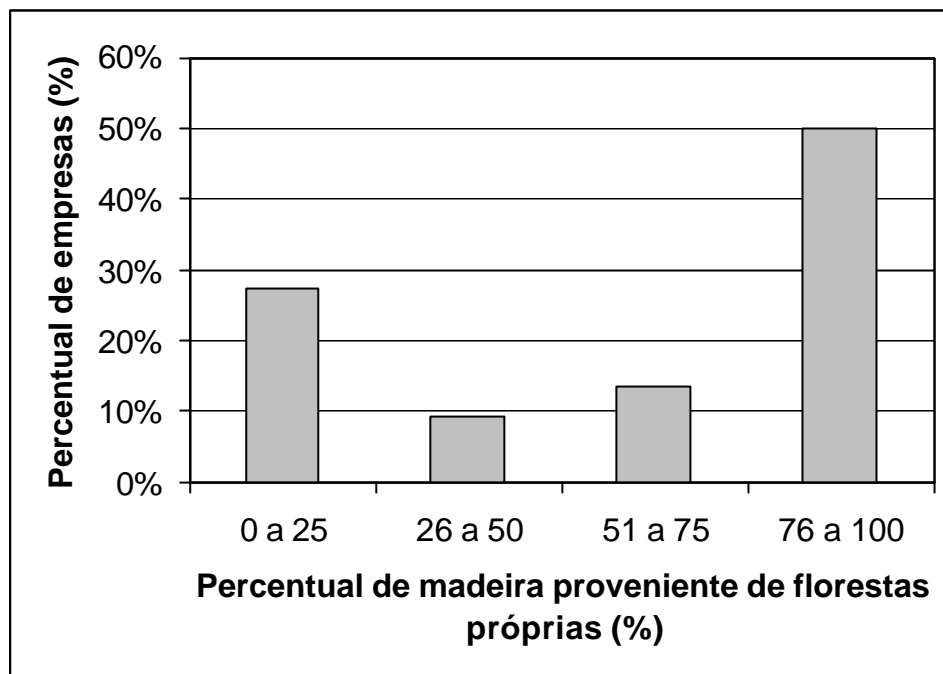
FIGURA 10 - ÁREA PLANTADA POR CLASSES DE IDADE DE REFLORESTAMENTOS DE PINUS



4.3.8 Florestas próprias

Observando-se a Figura 11 pode-se constatar que 50% das empresas obtêm de 75 a 100% da madeira que utiliza a partir de florestas plantadas próprias, indicando a quase auto-suficiência.

FIGURA 11 - MADEIRA PROVENIENTE DE FLORESTAS PRÓPRIAS



4.3.9 Previsão de plantio

Com relação à previsão de planejamento de plantio para os próximos 10 anos, foram constatados os resultados apresentados na Tabela 10.

Pode-se observar que as áreas planejadas para plantio com pinus são bastante superiores às planejadas para plantio de eucalipto e araucária. E também, que há uma tendência de diminuição das áreas plantadas de pinus e uma constante nos plantios de eucalipto e araucária para os próximos 10 anos.

TABELA 10 -ÁREA PLANEJADA PARA PLANTIO NOS PRÓXIMOS 10 ANOS, DE REFLORESTAMENTOS DE PINUS, EUCALIPTO E ARAUCÁRIA

ANO	ÁREA PLANEJADA DE PLANTIO (HA)		
	Pinus	Eucalipto	Araucária
2003	14.228	1.645	220
2004	14.883	1.545	220
2005	14.418	1.540	220
2006	13.867	1.540	220
2007	12.410	1.540	220
2008	11.006	1.540	220
2009	11.024	1.540	220
2010	11.174	1.540	220
2011	11.174	1.540	220
2012	11.234	1.540	220
TOTAL	125.418	15.510	2.200

4.4 SIMULAÇÃO DO CRESCIMENTO E DA PRODUÇÃO DAS FLORESTAS

As simulações com o Sispinus foram realizadas para todas as empresas individualmente, de modo a obter resultados de produção em metros cúbicos por hectare, para que fosse possível calcular os volumes em cada classe de idade de acordo com a área respectiva. Contudo, não é possível apresentar um valor médio da simulação de crescimento e produção de todas as empresas, pois cada simulação parte de um número diferente de árvores plantadas, e os povoamentos sofrem intervenções sob diferentes regimes de manejo.

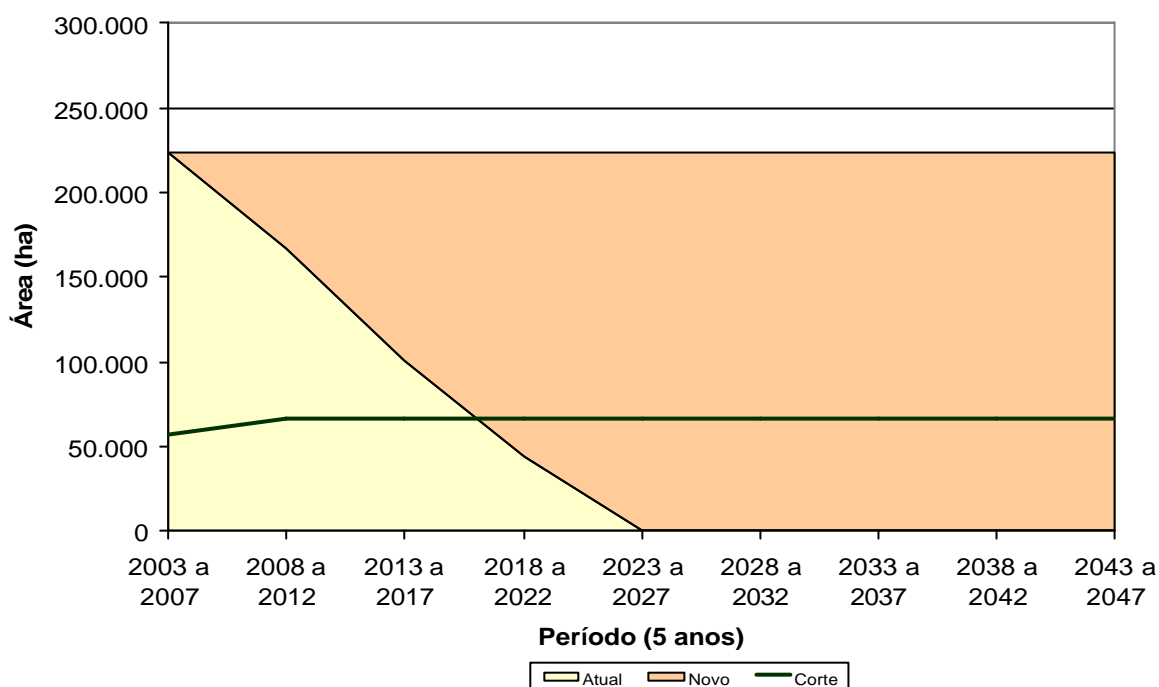
4.5 SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Os cenários 1 e 2 simulados são apresentados nas páginas a seguir, na forma de Tabelas (de 11 a 14) e Figuras (de 12 a 15).

TABELA 11 -EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL DE PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)

ANO	ESTOQUE	ÁREA (ha)						Total
		0 - 5 anos	6 - 10 anos	11 - 15 anos	16 - 20 anos	21 - 25 anos	> 25 anos	
2003 a 2007	Atual	50.745	32.747	30.853	43.716	39.962	25.863	223.886
2003 a 2007	Corte	173	430	676	7.050	26.113	22.514	56.956
2008 a 2012	Novo	56.956	0	0	0	0	0	56.956
2008 a 2012	Atual	0	50.573	32.316	30.177	36.667	17.198	166.930
2008 a 2012	Corte	0	6.247	5.215	10.676	29.836	14.442	66.416
2013 a 2017	Novo	66.416	56.956	0	0	0	0	123.372
2013 a 2017	Atual	0	0	44.326	27.101	19.501	9.586	100.514
2013 a 2017	Corte	1.191	8.482	12.009	18.166	17.195	9.373	66.416
2018 a 2022	Novo	66.416	65.225	48.474	0	0	0	180.116
2018 a 2022	Atual	0	0	0	32.317	8.936	2.518	43.771
2018 a 2022	Corte	1.191	14.378	7.658	31.744	8.926	2.518	66.416
2023 a 2027	Novo	66.416	65.225	50.847	40.816	0	0	223.304
2023 a 2027	Atual	0	0	0	0	573	9	582
2023 a 2027	Corte	1.191	14.378	10.031	40.234	573	9	66.416
2028 a 2032	Novo	66.416	65.225	50.847	40.816	582	0	223.886
2028 a 2032	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2028 a 2032	Corte	1.191	14.378	10.031	40.234	582	0	66.416
2033 a 2037	Novo	66.416	65.225	50.847	40.816	582	0	223.886
2033 a 2037	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2033 a 2037	Corte	1.191	14.378	10.031	40.234	582	0	66.416
2038 a 2042	Novo	66.416	65.225	50.847	40.816	582	0	223.886
2038 a 2042	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2038 a 2042	Corte	1.191	14.378	10.031	40.234	582	0	66.416
2043 a 2047	Novo	66.416	65.225	50.847	40.816	582	0	223.886
2043 a 2047	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2043 a 2047	Corte	287	0	10.031	40.234	582	0	66.416
2048 a 2052	Novo	66.416	66.129	66.416	40.816	582	0	256.614

FIGURA 12 - EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL DE PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)



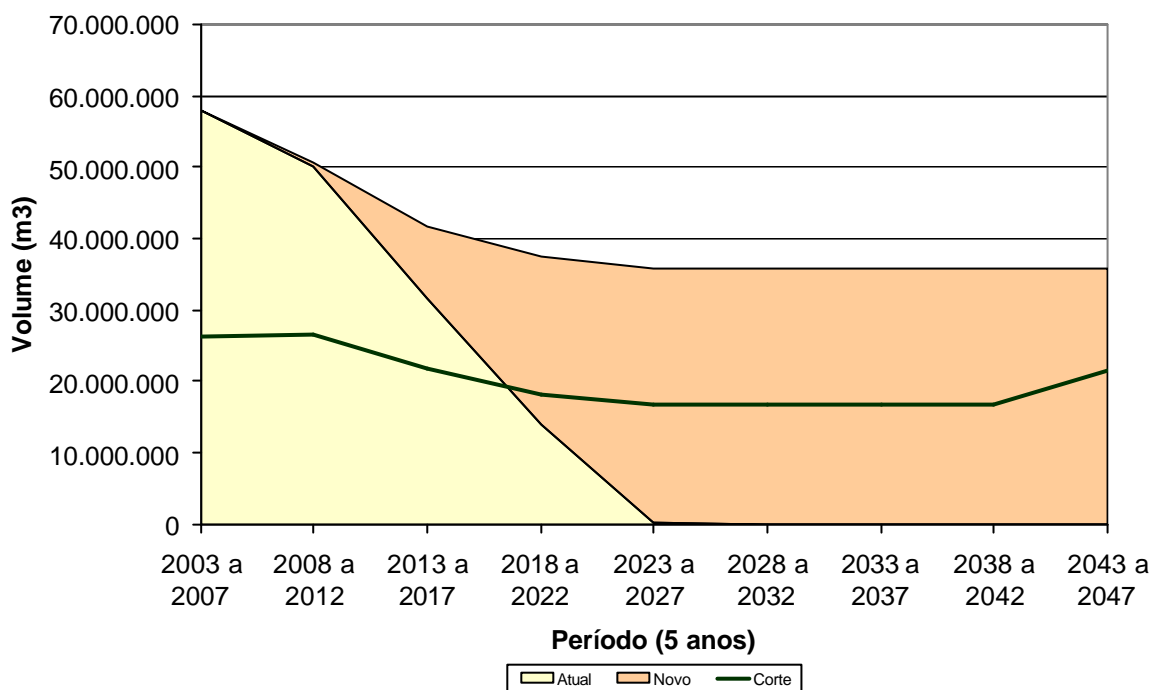
Na Figura 12, observa-se que a área reflorestada pelas empresas mantém-se constante, ao se considerar os plantios atuais somados aos novos plantios, como proposto pelo cenário conservador, apesar da área cortada sofrer um leve acréscimo do primeiro para o segundo período, acompanhando o aumento de demanda evidenciada nos questionários.

Observa-se ainda que, a cada 5 anos, aproximadamente, 30% da área total é cortada. Portanto, em termos médios, a cada 16,8 anos a totalidade da área plantada se renova.

TABELA 12 - EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)

ANO	ESTOQUE	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
		(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)	(m3)
		0 - 5 anos	6 - 10 anos	11 - 15 anos	16 - 20 anos	21 - 25 anos	> 25 anos	Total
2003 a 2007	Atual	336.485	5.513.031	8.533.952	13.062.539	15.732.249	14.886.752	58.065.008
2003 a 2007	Corte	1.132	66.538	189.033	2.645.435	10.256.896	13.233.618	26.392.652
2008 a 2012	Novo	381.574	0	0	0	0	0	381.574
2008 a 2012	Atual	0	8.365.475	8.493.728	10.263.174	14.470.225	8.607.008	50.199.610
2008 a 2012	Corte	0	1.004.828	1.890.266	4.644.544	11.775.519	7.185.827	26.500.985
2013 a 2017	Novo	442.381	9.528.846	0	0	0	0	9.971.228
2013 a 2017	Atual	0	0	11.554.001	7.442.747	7.712.631	4.879.948	31.589.328
2013 a 2017	Corte	7.017	1.370.239	3.773.014	5.081.795	6.839.081	4.777.038	21.848.184
2018 a 2022	Novo	442.381	10.876.019	12.213.963	0	0	0	23.532.363
2018 a 2022	Atual	0	0	0	9.320.451	3.382.277	1.239.228	13.941.956
2018 a 2022	Corte	7.017	2.330.592	2.128.768	9.166.203	3.378.940	1.239.228	18.250.748
2023 a 2027	Novo	442.381	10.876.019	12.808.429	11.548.211	0	0	35.675.040
2023 a 2027	Atual	0	0	0	0	220.600	4.325	224.925
2023 a 2027	Corte	7.017	2.330.592	2.723.233	11.391.671	220.600	4.325	16.677.438
2028 a 2032	Novo	442.381	10.876.019	12.808.429	11.548.211	223.936	0	35.898.976
2028 a 2032	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2028 a 2032	Corte	7.017	2.330.592	2.723.233	11.391.671	223.936	0	16.676.450
2033 a 2037	Novo	442.381	10.876.019	12.808.429	11.548.211	223.936	0	35.898.976
2033 a 2037	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2033 a 2037	Corte	7.017	2.330.592	2.723.233	11.391.671	223.936	0	16.676.450
2038 a 2042	Novo	442.381	10.876.019	12.808.429	11.548.211	223.936	0	35.898.976
2038 a 2042	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2038 a 2042	Corte	7.017	2.330.592	2.723.233	11.391.671	223.936	0	16.676.450
2043 a 2047	Novo	442.381	10.876.019	12.808.429	11.548.211	223.936	0	35.898.976
2043 a 2047	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2043 a 2047	Corte	2.269	0	2.723.233	11.391.671	223.936	0	21.591.960
2048 a 2052	Novo	442.381	10.999.867	18.485.610	11.548.211	223.936	0	48.206.222

FIGURA 13 - EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)



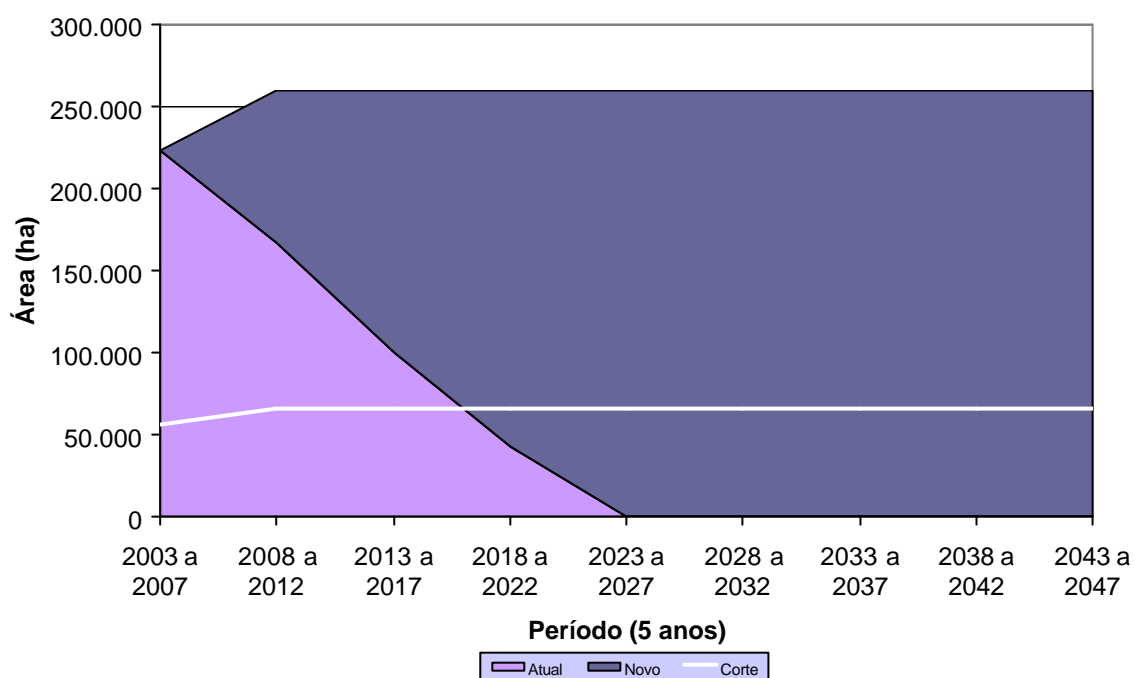
Na Figura 13, observa-se a evolução do volume de madeira disponível no cenário conservador. Constata-se que apesar da área manter-se constante ao longo dos períodos (como demonstrado na Figura 12), o volume não acompanha a mesma tendência, uma vez que depende das classes de idade dos plantios.

Observa-se também que, entre 2028 e 2042 existe a previsão de cortar, a cada período de 5 anos, cerca de 46% do volume de madeira em pé. Em outras palavras, a cada 10,9 anos aproximadamente, as florestas plantadas se renovariam por completo.

TABELA 13 -EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL DE PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 2 (OTIMISTA)

ANO	ESTOQUE	ÁREA (ha)						Total
		0 - 5 anos	6 - 10 anos	11 - 15 anos	16 - 20 anos	21 - 25 anos	> 25 anos	
2003 a 2007	Atual	50.745	32.747	30.853	43.716	39.962	25.863	223.886
2003 a 2007	Corte	173	430	676	7.050	26.113	22.514	56.956
2008 a 2012	Novo	92.688	0	0	0	0	0	92.688
2008 a 2012	Atual	0	50.573	32.316	30.177	36.667	17.198	166.930
2008 a 2012	Corte	0	6.247	5.215	10.676	29.836	14.442	66.416
2013 a 2017	Novo	66.416	92.688	0	0	0	0	159.104
2013 a 2017	Atual	0	0	44.326	27.101	19.501	9.586	100.514
2013 a 2017	Corte	0	9.673	12.009	18.166	17.195	9.373	66.416
2018 a 2022	Novo	66.416	66.416	83.015	0	0	0	215.847
2018 a 2022	Atual	0	0	0	32.317	8.936	2.518	43.771
2018 a 2022	Corte	0	0	23.227	31.744	8.926	2.518	66.416
2023 a 2027	Novo	66.416	66.416	66.416	59.788	0	0	259.036
2023 a 2027	Atual	0	0	0	0	573	9	582
2023 a 2027	Corte	0	0	12.525	53.310	573	9	66.416
2028 a 2032	Novo	66.416	66.416	66.416	53.891	6.478	0	259.618
2028 a 2032	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2028 a 2032	Corte	0	0	12.525	47.413	6.478	0	66.416
2033 a 2037	Novo	66.416	66.416	66.416	53.891	6.478	0	259.618
2033 a 2037	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2033 a 2037	Corte	0	0	12.525	47.413	6.478	0	66.416
2038 a 2042	Novo	66.416	66.416	66.416	53.891	6.478	0	259.618
2038 a 2042	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2038 a 2042	Corte	0	0	12.525	47.413	6.478	0	66.416
2043 a 2047	Novo	66.416	66.416	66.416	53.891	6.478	0	259.618
2043 a 2047	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2043 a 2047	Corte	0	0	12.525	47.413	6.478	0	66.416
2048 a 2052	Novo	66.416	66.416	66.416	53.891	6.478	0	259.618

FIGURA 14 - EVOLUÇÃO DA ÁREA TOTAL DE PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 2 (OTIMISTA)



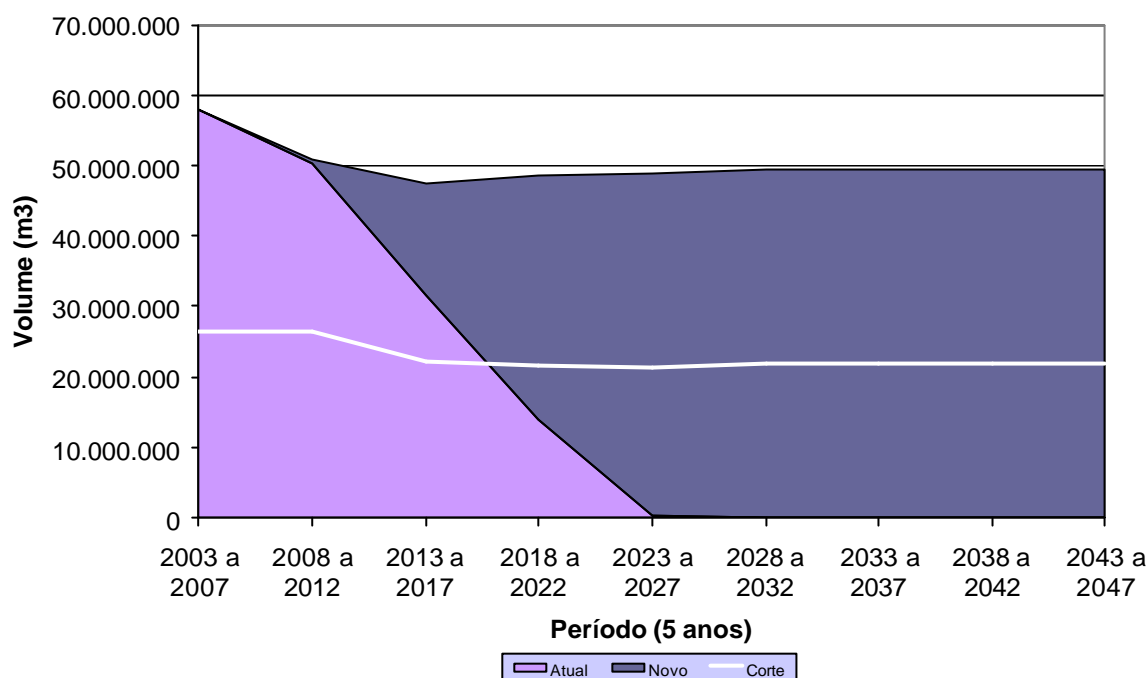
Observando-se a Figura 14, caracterizando o cenário otimista, nota-se que a área reflorestada (plantio atual somado aos novos plantios) aumenta na mesma proporção do acréscimo da demanda de madeira, do primeiro para o segundo período. Após o segundo período, a área reflorestada mantém-se constante. O mesmo ocorre com a área cortada.

Observa-se também que, a cada 5 anos, aproximadamente 26% da área total é cortada. Portanto, em termos médios, a cada 19 anos a totalidade da área plantada se renova.

TABELA 14 - EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 2 (OTIMISTA)

ANO	ESTOQUE	VOLUME (m3)						
		0 - 5 anos	6 - 10 anos	11 - 15 anos	16 - 20 anos	21 - 25 anos	> 25 anos	Total
2003 a 2007	Atual	336.485	5.513.031	8.533.952	13.062.539	15.732.249	14.886.752	58.065.008
2003 a 2007	Corte	1.132	66.538	189.033	2.645.435	10.256.896	13.233.618	26.392.652
2008 a 2012	Novo	611.539	0	0	0	0	0	611.539
2008 a 2012	Atual	0	8.365.475	8.493.728	10.263.174	14.470.225	8.607.008	50.199.610
2008 a 2012	Corte	0	1.004.828	1.890.266	4.644.544	11.775.519	7.185.827	26.500.985
2013 a 2017	Novo	442.381	15.298.777	0	0	0	0	15.741.159
2013 a 2017	Atual	0	0	11.554.001	7.442.747	7.712.631	4.879.948	31.589.328
2013 a 2017	Corte	0	1.549.155	3.773.014	5.081.795	6.839.081	4.777.038	22.020.082
2018 a 2022	Novo	442.381	11.054.934	23.033.384	0	0	0	34.530.700
2018 a 2022	Atual	0	0	0	9.320.451	3.382.277	1.239.228	13.941.956
2018 a 2022	Corte	0	0	7.805.949	9.166.203	3.378.940	1.239.228	21.590.321
2023 a 2027	Novo	442.381	11.054.934	18.485.610	18.685.043	0	0	48.667.968
2023 a 2027	Atual	0	0	0	0	220.600	4.325	224.925
2023 a 2027	Corte	0	0	4.705.993	16.463.599	220.600	4.325	21.394.516
2028 a 2032	Novo	442.381	11.054.934	18.485.610	16.620.139	2.677.694	0	49.280.758
2028 a 2032	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2028 a 2032	Corte	0	0	4.705.993	14.398.695	2.677.694	0	21.782.382
2033 a 2037	Novo	442.381	11.054.934	18.485.610	16.620.139	2.677.694	0	49.280.758
2033 a 2037	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2033 a 2037	Corte	0	0	4.705.993	14.398.695	2.677.694	0	21.782.382
2038 a 2042	Novo	442.381	11.054.934	18.485.610	16.620.139	2.677.694	0	49.280.758
2038 a 2042	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2038 a 2042	Corte	0	0	4.705.993	14.398.695	2.677.694	0	21.782.382
2043 a 2047	Novo	442.381	11.054.934	18.485.610	16.620.139	2.677.694	0	49.280.758
2043 a 2047	Atual	0	0	0	0	0	0	0
2043 a 2047	Corte	0	0	4.705.993	14.398.695	2.677.694	0	21.782.382
2048 a 2052	Novo	442.381	11.054.934	18.485.610	16.620.139	2.677.694	0	49.280.758

FIGURA 15 - EVOLUÇÃO DO VOLUME TOTAL EM PLANTIOS DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS AO LONGO DOS PERÍODOS NAS DIVERSAS CLASSES DE IDADE CONFORME O CENÁRIO 2 (OTIMISTA)



A Figura 15 mostra a evolução do volume de madeira disponível (volume do plantio atual adicionado aos novos plantios) proposto pelo cenário otimista, em função da variação da área reflorestada. Do primeiro ao terceiro período, pode-se verificar um decréscimo do volume, em função das classes de idade dos plantios (novos plantios). Do terceiro ao sexto período, o volume sofre um leve aumento. A partir do sexto período, o volume de madeira mantém-se constante. Ressalta-se que o volume não apresenta a mesma tendência da área reflorestada, já que depende das classes de idade dos povoamentos e da evolução destas ao longo do período de planejamento.

Observa-se também que a cada 11,2 anos aproximadamente, as florestas plantadas se renovam integralmente.

4.6 PLANEJAMENTO POR MEIO DA PESQUISA OPERACIONAL

De acordo com os resultados obtidos nos modelos de simulação florestal, podem ser sugeridas as intervenções nas florestas, idades para a realização do corte raso e as áreas que devem ser cortadas em cada intervenção.

Seguindo a definição do Modelo Tipo II, a Função Objetivo é influenciada pelos resultados obtidos dos talhões cortados e plantados novamente (reformados) ao longo do horizonte de planejamento. Esta é a principal vantagem e diferencial deste modelo em relação ao Modelo Tipo I. Os modelos considerados na maioria das vezes são o Tipo I (que ignora a produtividade potencial dos talhões cortados e plantados novamente). Já que as estratégias de expansão florestal de uma empresa, região ou estado lidam com períodos de tempo maiores, é necessário incorporar o dinamismo e a flexibilidade do Modelo Tipo II como ferramenta de planejamento e otimização.

A formulação do modelo tipo II é geralmente mais eficiente porque elimina a necessidade de enumerar muitas combinações de tipos de intervenção durante a rotação e a sua duração, com opções similares para futuras rotações.

Os resultados do modelo de planejamento para o Cenário 1 (Conservador) e para o Cenário 2 (Otimista), são apresentados na Tabela 15.

TABELA 15 - RESULTADO DO MODELO DE PLANEJAMENTO COMPARATIVO PARA Os CENÁRIOS 1 (CONSERVADOR) E 2 (OTIMISTA)

AREA A SER CORTADA EM CADA PERÍODO (ha)		
PERÍODO	CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)	CENÁRIO 2 (OTIMISTA)
1		X12 = 10.528,77
	2003 a 2007	X13 = 18.798,99
		X14 = 11.044,94
	X16 = 25.863,49	X16 = 25.863,49
2	2008 a 2012	X22 = 13.205,13
		X26 = 39.961,54
3	2013 a 2017	X33 = 7.564,69
		X36 = 32.671,35
4	2018 a 2022	X43 = 49.544,21
		X46 = 12.053,98
5	2023 a 2027	X52 = 7.805,32
		X53 = 22.852,53
		X56 = 22.217,89
6	2028 a 2032	X62 = 21.166,37
		X66 = 29.975,52
7	2033 a 2037	X73 = 40.431,81
		X76 = 16.691,99
8	2038 a 2042	X82 = 6.364,63
		X83 = 8.098,49
		X86 = 30.314,14
9	2043 a 2047	X92 = 12.346,54
		X96 = 32.430,72
Z*	206.538.600 m³	205.064.000 m³

Nota: Z* = Valor da função objetivo no ponto ótimo, neste caso, máximo.

Para o período 1 (de 2003 a 2007), o modelo de otimização aplicado para cenário 1 (conservador) indica que sejam cortados 29.650,59 m³ na classe de idade 3 (11 a 15 anos), 6.788,08 m³ na classe e idade 4 (de 16 a 20 anos) e 25.863,49 m³ na classe de idade 6 (acima de 25 anos). Neste mesmo período, o modelo aplicado para o cenário 2 (otimista) indica que sejam cortados 10.528,77

m³ na classe de idade 2 (de 6 a 10 anos), 18.798,99 m³ na classe de idade 3 (11 a 15 anos), 11.044,94 m³ na classe de idade 4 (de 16 a 20 anos) e 25.863,49 m³ na classe de idade 6 (acima de 25 anos). E assim por diante.

A partir dos resultados demonstrados na Tabela 15, é possível verificar que embora não tenha sido muito significativa a diferença de produção total em metros cúbicos nos dois cenários propostos distintos, e apesar do cenário 1 ser considerado conservador e o 2, considerado otimista, ainda assim, o cenário 1 apresentou maior valor da função objetivo (Z^*), Isto se justifica pelo fato do modelo no cenário 1 ter restrições de demanda com menores valores de RHS, e desta forma, o modelo apresenta maior liberdade para realizar os cortes, nas diversas classes, aumentando-se assim as opções de manejo visando a maximizações. É possível também verificar na Tabela 15 as diferenças de áreas cortadas nos dois cenários para mesmos períodos e classes de idades considerados. Em diversos casos, para os dois cenários, optou-se por cortar num mesmo período, áreas pertencentes às mesmas classes de idade, como no período 7, por exemplo. Porém, as quantidades cortadas em cada classe de idade são distintas, em função das diferentes restrições de demanda determinadas para cada modelo.

Os resultados completos das simulações, bem como as análises de sensibilidade gerados pelo software LINDO para os modelos de planejamento baseados nos cenários 1 e 2 são apresentados nos Apêndices 7 e 8, respectivamente.

Uma outra forma útil e interessante de aplicação deste modelo proposto poderia ser no caso de todas as empresas entrevistadas resolverem se associar através de um grande “empreendimento florestal de cooperação”, que estivesse buscando a sustentabilidade florestal. Se as empresas tivessem uma relação cooperativa e um acordo intercompanhias de abastecimento mútuo de matéria-prima, seria possível compartilhar o suprimento de madeira e trocar diferentes sortimentos, suprimindo as demandas específicas de cada empresa.

5 CONCLUSÕES

Após este estudo, pôde-se chegar às seguintes conclusões:

- O consumo de madeira reflorestada pelas empresas do setor florestal no Estado do Paraná dos gêneros industriais Madeira e Papel & Papelão, caracterizado através das informações contidas nos questionários enviados às empresas, é igual a 532.341 m³/mês.

- A oferta de madeira reflorestada por empresas do setor florestal dos gêneros industriais Madeira e Papel & Papelão em termos de área, caracterizado pelas informações fornecidas pelas empresas, é igual a 282.837 hectares.

- A produção de madeira reflorestada para o ano de 2003, de 58.065.008 m³, foi caracterizada através da informação de área reflorestada e das classes de idade em que se encontram os povoamentos das empresas dos gêneros industriais Madeira e Papel & Papelão e as respectivas produtividades estimadas pelo Sispinus.

- Através da simulação do cenário conservador, foi possível identificar que mesmo com um decréscimo na produção, não haverá falta de madeira reflorestada para abastecer as indústrias do setor florestal em nível regional, num horizonte de 50 anos, dentro do âmbito da pesquisa e das premissas hipotéticas assumidas nesta. Entretanto, em nível local, considera-se que algumas empresas, principalmente as que não possuem florestas próprias, terão dificuldades em aquisição da matéria-prima madeira, já que estarão expostas aos preços e oscilações do mercado deficitário.

- As previsões com respeito à falta de madeira, de quase uma década atrás, possivelmente se constituíram em informações importantes para que medidas de expansão da base florestal fossem tomadas, e que tais medidas fossem responsáveis pela continuidade do abastecimento, como foi verificado em ambos os cenários estabelecidos neste trabalho. De fato, atualmente, a maior área florestal do gênero *Pinus* spp. possui entre 0 e 6 anos de idade, o que mostra a rápida reação do setor florestal diante da ameaça do “apagão florestal”.

6 RECOMENDAÇÕES

É possível delinear as seguintes recomendações e sugestões para o fortalecimento do setor florestal e do negócio florestal:

- Realização de estudos similares utilizando como base para o planejamento informações complementares às obtidas nos questionários escritos.

Dado o grande interesse econômico e social do setor florestal é preciso que os órgãos governamentais da União, dos Estados e dos Municípios e as instituições privadas com interesse direto na ampliação da oferta da matéria-prima madeira e seus derivados criem um mecanismo contínuo e eficaz de obtenção e atualização de dados setoriais. Os dados obtidos neste trabalho são importantes sinalizadores da situação atual do setor florestal. No entanto, as informações obtidas nesta pesquisa, com abrangência até certo ponto restrita, servem apenas como elemento balizador para o momento presente. É indispensável que se amplie o universo da pesquisa ora realizada e que se consiga um detalhamento ainda maior das informações. Para tanto, sugere-se a criação de um banco de dados cadastral das empresas e sua constante atualização.

- O incentivo governamental dado ao setor florestal durante o período de 1966 até 1987 trouxe grande incremento e estímulo à implantação de florestas plantadas. Embora seja de conhecimento público que houve desvios de recursos e outros abusos por parte de alguns dos tomadores dos empréstimos oficiais, ainda assim o Programa de Financiamento permitiu que a indústria beneficiadora e transformadora de madeira se mantivesse razoavelmente abastecida até os dias de hoje. No entanto, pelas projeções contidas neste trabalho pode-se constatar que há riscos de escassez de matéria-prima para o setor. Diante dos bons resultados que, apesar de tudo advieram daquele Programa, entende-se que se algo semelhante fosse imediatamente implantado em breve tempo poder-se-ia restabelecer os níveis de segurança na oferta de matéria-prima. Além do incremento florestal que tal Programa traria com benefícios de médio e longo prazo, haveria também o benefício de curto prazo representado pela geração de empregos diretos e indiretos que

beneficiariam um imenso contingente de brasileiros com baixa ou nenhuma qualificação. Os bancos oficiais, especialmente o Banco do Brasil, BNDEs e BRDE, teriam retorno em médio e longo prazo, com garantia dos reflorestamentos implantados. E, com garantia e retorno assegurados – talvez com um seguro do tipo “PROREFLORESTAMENTO” – é muito possível que outras instituições financeiras se interessassem em participar do Programa.

- Sabe-se que apenas recursos financeiros, mesmo que com financiamento de longo prazo, não bastam para fomentar da forma que se entende necessária o setor florestal. É preciso, antes de mais nada, o aprimoramento das técnicas para permitir a otimização de recursos. Para tanto, entidades governamentais e privadas deveriam estabelecer um sistema que permita que as técnicas de plantio, manejo e extração dos recursos advindos dos reflorestamentos sejam irradiadas por meio das estruturas governamentais e privadas já existentes. Como exemplos, entre as governamentais podem-se citar os escritórios da Emater; e entre as privadas estão os escritórios do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR.
- Embora de maneira incipiente, são comuns os reflorestamentos custeados por investidores privados. O que se observa é que faltam regras claras que definam com precisão os limites de responsabilidade dos instituidores dos “Fundos de Investimentos Florestais” e uma espécie de sistema fiscalizador que iniba a ocorrência das sempre possíveis irregularidades. Para tanto, poder-se-ia propor que o próprio Banco Central, a exemplo do que ocorre com as empresas de Consórcio de bens móveis ou imóveis ou Fundos de Investimento que captam recursos de poupança popular, estabeleça as regras compatíveis para este tipo de aplicação financeira de longo prazo.
- Considerando que é emergencial o imediato incremento de programas consistentes de incentivo aos reflorestamentos é possível também resgatar – com as devidas correções e as indispensáveis adaptações – programas assemelhados ao Fiset, Finor, etc. de forma a estimular a ampliação de florestas plantadas.
- Certamente, pela riqueza e importância do assunto, não seria possível enumerar todas as possibilidades de incentivar o rápido e expressivo crescimento das áreas de reflorestamento no Paraná e no Brasil. Por isso,

sugere-se que a Universidade Federal do Paraná, por meio do Centro de Estudos de Ciências Florestais e da Madeira, estimule a permanente pesquisa no sentido de estabelecer propostas viáveis que contribuam para se alcançar este objetivo.

REFERÊNCIAS

AHRENS, S. Manejo e silvicultura de plantações de pinus na pequena propriedade rural. In: EMBRAPA. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 219-239.

AHRENS, S. O manejo e a silvicultura de plantações de Pinus na região sul do Brasil. In: Curso de manejo florestal sustentável, 1, 1997, Curitiba. **Tópicos em manejo florestal sustentável**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1997. p. 167-174.

ARCE, J. E. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos**. Curitiba, 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

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

EMBRAPA. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 351 p.

FERREIRA, C. A.; GALVÃO, A. P. M. Importância da atividade florestal no Brasil. In: EMBRAPA. **Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais**: um guia para ações municipais e regionais. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. p. 15-18.

FUPEF – FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ; CNPq – CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Brasileira - PROBIO. **Conservação do Bioma Floresta com Araucária: diagnóstico dos remanescentes florestais.** Curitiba: FUPEF, 2000. 2 v. Relatório Final.

HOSOKAWA, R. T.; MENDES, J. B. Planejamento florestal. **Floresta**, Curitiba, v. 15, n. 1/2, p. 4-7, jun./dez. 1984.

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Desenvolvimento Florestal.** Curitiba, 2002. Relatório.

IPEF – INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Ciência e tecnologia no setor florestal brasileiro.** Piracicaba: IPEF, 2002. Relatório, diagnóstico, prioridades e modelo de financiamento.

JOHNSON, K. N.; SCHEURMANN, H. L. Techniques for prescribing optimal timber harvest and investment under different objectives. **Forest Science**, 18 1977.

LEUSCHNER, W. A. **Introduction to forest resource management.** New York: John Wiley & Sons, 1984.

OLIVEIRA, E. B. de. **Um sistema computadorizado de prognose do crescimento e produção de Pinus taeda L., com critérios quantitativos para a avaliação técnica e econômica de regimes de manejo.** Curitiba, 1995. 134 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, Y. M. M. de; OLIVEIRA, E. B. de; HAFLEY, W. L. SisPinus – Simulador de crescimento e de produção para plantios de *Pinus ellioti* e *Pinus taeda* sob manejo no sul do Brasil. In: Encontro Brasileiro de Planejamento Florestal, 1. 1989, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisas em Florestas, 1989. p. 107 a 118.

RAMOS, A. A. Perspectivas qualitativas e econômicas da produção florestal em sucessivas rotações. In: Congresso Florestal Panamericano, 1; Congresso Florestal Brasileiro, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura; Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 1993. p. 177-189.

SANQUETTA, C. R. **Fundamentos biométricos dos modelos de simulação florestal.** Curitiba: Fupef, 1996. 49 f.

SANQUETTA, C. R. **Zoneamento para fins de uso sustentável e conservação dos recursos da floresta ombrófila mista no estado do Paraná.** Curitiba: IAP - Instituto Ambiental do Paraná, 2002. 134 p. Relatório técnico-científico final IAP.

SCOLFORO, J. R.; MAESTRI, R. O manejo de florestas plantadas. In: SCOLFORO, J. R. **Manejo florestal.** Lavras: UFLA, FAEPE, 1998. p. 315 - 379.

SHIMIZU, J. Y. A pesquisa na evolução do setor florestal. In: Encontro Brasileiro de Economia Florestal, 1. 1988, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Embrapa, Centro Nacional de Pesquisas em Florestas, 1988. p. 365 a 377.

SPEIDEL, G. **Economia Florestal.** Curitiba: UFPR, 1966.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – CARTA ÀS EMPRESAS.....	63
APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO A	64
APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO B	66
APÊNDICE 4 – FORMULAÇÃO DETALHADA DO MODELO DE PLANEJAMENTO.....	68
APÊNDICE 5 – RESTRIÇÕES DO MODELO DE PLANEJAMENTO CONFORME INFORMAÇÕES DE DEMANDA DO CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)	69
APÊNDICE 6 – RESTRIÇÕES DO MODELO DE PLANEJAMENTO CONFORME INFORMAÇÕES DE DEMANDA DO CENÁRIO 2 (OTIMISTA).....	71
APÊNDICE 7 – RESULTADOS GERADOS PELO LINDO PARA O MODELO DE PLANEJAMENTO CONSIDERANDO O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR).....	73
APÊNDICE 8 – RESULTADOS GERADOS PELO LINDO PARA O MODELO DE PLANEJAMENTO CONSIDERANDO O CENÁRIO 2 (OTIMISTA)	76

APÊNDICE 1 – CARTA ÀS EMPRESAS

Curitiba, 30 de julho de 2002.

Prezado(a) Senhor(a),

Sou Engenheira Florestal e estudante de Mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal do Paraná (Laboratórios de Inventário e Manejo Florestal) e estou realizando minha dissertação para a qual solicito sua valiosa participação.

O estudo prevê o diagnóstico e o planejamento do abastecimento de madeira proveniente de reflorestamentos às empresas do estado do Paraná, de modo a garantir a manutenção destes recursos.

Todos os dados informados são confidenciais e só serão utilizados para compor a média do setor, nunca individualmente.

Em anexo estão 2 questionários distintos: A (amarelo) destinado a todas as empresas que estão recebendo esta correspondência e B (verde) destinado às empresas que possuem florestas plantadas (reflorestamentos) próprias.

Depois de preencher o(s) questionário(s), peço o favor de enviá-lo(s) tão logo possível (de preferência, até o fim do mês de agosto) ao endereço:

xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Se preferir, solicite a versão digital dos questionários por e-mail: xxxxxxxx ou pelos telefones: xxxxxxxx e xxxxxxxx, que também estarão disponíveis para quaisquer esclarecimentos.

Desde já agradecemos sua atenção e importante colaboração.

Mariana Smanhotto Schuchovski (Mestranda)

Julio Eduardo Arce (Professor Orientador)

Carlos Roberto Sanquetta (Professor Co-orientador)

APÊNDICE 2 – QUESTIONÁRIO A

Questionário A (para todas as empresas)

Dados da Empresa

Nome: _____
Endereço: _____
Bairro: _____ CEP: _____ Cidade: _____
DDD: _____ Telefones: _____ Fax: _____
E-mail: _____
Home page: _____
Ramo de atividade: _____
Número total de funcionários: _____

Dados da pessoa que respondeu o questionário

Nome completo: _____
Cargo e atribuições: _____

1. No quadro abaixo, complete as informações referentes à **origem da matéria-prima** comprada de **outros proprietários**, indicando a **quantidade média mensal** e a **distância** aproximada entre a empresa e o local de origem da matéria-prima.

ORIGEM DA MATÉRIA-PRIMA		QUANTIDADE (m ³ /mês)	DISTÂNCIA (km)
Do próprio município			
Outros municípios			
Outros estados			

2. Qual o **consumo médio de energia** da empresa (em kWh/mês)? _____.
3. Qual o número de **funcionários na produção** que a empresa possui? _____.
4. Com relação à **utilização de matéria-prima** (m³/mês) pela empresa, o planejamento para os próximos anos prevê **modificações**? Em quanto?
 Não, a utilização de matéria-prima será MANTIDA nos próximos anos em _____ m³/mês.
 Sim, planeja-se AMPLIAR até atingir _____ m³/mês, a partir do ano _____.
 Sim, planeja-se REDUZIR até atingir _____ m³/mês, a partir do ano _____.

®

5. Qual o **nível de processamento/desdobro** em que a matéria-prima chega à empresa?

- Toras
 Madeira serrada bruta
 Madeira serrada aplainada
 Painéis: aglomerado compensado MDF OSB
 Outros: Quais? _____

6. Preencha o quadro a seguir indicando as **espécies** de madeira utilizadas, as respectivas **quantidades médias mensais** e o **diâmetro mínimo das toras** (caso a empresa receba a matéria-prima em toras).

ESPÉCIE		QUANTIDADE (m³/mês)	DIÂMETRO MÍNIMO DAS TORAS (cm)
Pinus			
Eucalipto			
Outras espécies (Quais?)			

7. Quais os **principais produtos** fabricados pela empresa com cada espécie?

ESPÉCIE		PRINCIPAIS PRODUTOS POR ESPÉCIE
Pinus		
Eucalipto		
Outras espécies (Quais?)		

APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO B

Questionário B (para empresas que possuem FLORESTAS PRÓPRIAS)

Dados da Empresa

Nome: _____
Endereço: _____
Bairro: _____ CEP: _____ Cidade: _____
DDD: _____ Telefones: _____ Fax: _____
E-mail: _____
Home page: _____
Ramo de atividade: _____
Número total de funcionários: _____

Dados da pessoa que respondeu o questionário

Nome completo: _____
Cargo e atribuições: _____

1. Qual a área total de florestas plantadas (reflorestamentos com pinus, eucalipto e/ou outras espécies) que a empresa possui? _____ hectares.

2. Em qual(is) município(s) se localizam os plantios da empresa?

_____.

3. Qual a origem das mudas utilizadas para os plantios?

- Comprada – De quem? _____
 Produzida pela própria empresa: sementes estaquia micropropagação

4. Qual a densidade inicial dos plantios realizados pela empresa? Em caso de haver várias densidades, indique as condições nas quais cada densidade é utilizada.

_____.

5. Qual é o incremento médio anual (IMA) dos plantios?

- Pinus _____ m³/ha.ano
 Eucalipto _____ m³/ha.ano
 Outras espécies (Quais?) _____ m³/ha.ano
_____ m³/ha.ano
_____ m³/ha.ano

6. A empresa realiza podas? Sim Não

Quantas? 1 poda 2 podas 3 podas

- 1º poda aos _____ anos, na altura de _____ metros, ou em _____ percentagem de copa
 2º poda aos _____ anos, na altura de _____ metros, ou em _____ percentagem de copa
 3º poda aos _____ anos, na altura de _____ metros, ou em _____ percentagem de copa

7. A empresa realiza desbastes? Sim Não

Quantos? 1 desbaste 2 desbastes 3 desbastes 4 desbastes ou mais

1º desbaste aos _____ anos, com intensidade de _____%, seletivo sistemático misto

2º desbaste aos _____ anos, com intensidade de _____%, seletivo sistemático misto

3º desbaste aos _____ anos, com intensidade de _____%, seletivo sistemático misto

4º desbaste aos _____ anos, com intensidade de _____%, seletivo sistemático misto

8. Qual a área de florestas plantadas de pinus, eucalipto e/ou outras espécies que a empresa possui, por classe de idade?

CLASSES DE IDADE	ÁREA PLANTADA (ha)				
	PINUS	EUCALIPTO	OUTRAS ESPÉCIES (QUAIS?)		
0 a 5 anos					
6 a 10 anos					
11 a 15 anos					
16 a 20 anos					
21 a 25 anos					
mais de 25 anos					
TOTAL					

9. Preencha na seguinte tabela as informações anuais referentes a área e volumes de madeira.

ESPÉCIE	ÁREA CORTADA (ha/ano)	VOLUME CORTADO (m³/ano)	VOLUME VENDIDO (m³/ano)	VOLUME COMPRADO (m³/ano)	VOLUME UTILIZADO (m³/ano)
Pinus					
Eucalipto					
Outras					

10. Da madeira utilizada anualmente pela empresa, que percentagem é proveniente de florestas plantadas próprias? _____ %.

11. Quantos hectares de floresta a empresa planeja plantar nos próximos 10 anos? Indique a área planejada para cada espécie.

ESPÉCIE	ÁREA PLANEJADA PARA PLANTIO NOS PRÓXIMOS ANOS (ha)									
	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Pinus										
Eucalipto										
Outras										

APÊNDICE 4 – FORMULAÇÃO DETALHADA DO MODELO DE PLANEJAMENTO – FUNÇÃO OBJETIVO

Max Z = 6682,908X11+169055,582X12+288024,757X13+316096,672X14+400888,407X15+607298,586X16+

6682,908X21+169055,582X22+288024,757X23+316096,672X24+400888,407X25+607298,586X26+607298,
586X27+

6682,908X31+169055,582X32+288024,757X33+316096,672X34+400888,407X35+607298,586X36+607298,
586X37+607298,586X38+

6682,908X41+169055,582X42+288024,757X43+316096,672X44+400888,407X45+607298,586X46+607298,
586X47+607298,586X48+607298,586X49+

6682,908X51+169055,582X52+288024,757X53+316096,672X54+400888,407X55+607298,586X56+607298,
586X57+607298,586X58+607298,586X59+607298,586X510+

6682,908X61+169055,582X62+288024,757X63+316096,672X64+400888,407X65+607298,586X66+607298,
586X67+607298,586X68+607298,586X69+607298,586X610+607298,586X611+

6682,908X71+169055,582X72+288024,757X73+316096,672X74+400888,407X75+607298,586X76+607298,
586X77+607298,586X78+607298,586X79+607298,586X710+607298,586X711+607298,586X712+

6682,908X81+169055,582X82+288024,757X83+316096,672X84+400888,407X85+607298,586X86+607298,
586X87+607298,586X88+607298,586X89+607298,586X810+607298,586X811+607298,586X812+607298,58
6X813+

6682,908X91+169055,582X92+288024,757X93+316096,672X94+400888,407X95+607298,586X96+607298,
586X97+607298,586X98+607298,586X99+607298,586X910+607298,586X911+607298,586X912+607298,58
6X913+607298,586X914

APÊNDICE 5 – FORMULAÇÃO DETALHADA DO MODELO DE PLANEJAMENTO – RESTRIÇÕES CONFORME INFORMAÇÕES DE DEMANDA DO CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)

Subject to

Area_01)

$000X91+1000X92+1000X93+1000X94+1000X95+1000X96+1000X97+1000X98+1000X99+1000X910+1000X911+1000X912+1000X913+1000X914 \leq 44777,26$

Area_02)

$1000X81+1000X82+1000X83+1000X84+1000X85+1000X86+1000X87+1000X88+1000X89+1000X810+1000X811+1000X812+1000X813-1000X91 \leq 44777,26$

Area_03)

$1000X71+1000X72+1000X73+1000X74+1000X75+1000X76+1000X77+1000X78+1000X79+1000X710+1000X711+1000X712-1000X81-1000X92 \leq 44777,26$

Area_04)

$1000X61+1000X62+1000X63+1000X64+1000X65+1000X66+1000X67+1000X68+1000X69+1000X610+1000X611-1000X71-1000X82-1000X93 \leq 44777,26$

Area_05)

$1000X51+1000X52+1000X53+1000X54+1000X55+1000X56+1000X57+1000X58+1000X59+1000X510-1000X61-1000X72-1000X83-1000X94 \leq 44777,26$

Area_06)

$1000X41+1000X42+1000X43+1000X44+1000X45+1000X46+1000X47+1000X48+1000X49-1000X51-1000X62-1000X73-1000X84-1000X95=0$

Area_07)

$1000X31+1000X32+1000X33+1000X34+1000X35+1000X36+1000X37+1000X38-1000X41-1000X52-1000X63-1000X74-1000X85-1000X96=0$

Area_08)

$1000X21+1000X22+1000X23+1000X24+1000X25+1000X26+1000X27-1000X31-1000X42-1000X53-1000X64-1000X75-1000X86-1000X97=0$

Area_09)

$1000X11+1000X12+1000X13+1000X14+1000X15+1000X16-1000X21-1000X32-1000X43-1000X54-1000X65-1000X76-1000X87-1000X98=0$

Area_10)

$1000X11+1000X22+1000X33+1000X44+1000X55+1000X66+1000X77+1000X88+1000X99 \leq 50745,33$

Area_11)

$1000X12+1000X23+1000X34+1000X45+1000X56+1000X67+1000X78+1000X89+1000X910 \leq 32746,66$

Area_12)

$1000X13+1000X24+1000X35+1000X46+1000X57+1000X68+1000X79+1000X810+1000X911 \leq 30852,97$

Area_13)

$1000X14+1000X25+1000X36+1000X47+1000X58+1000X69+1000X710+1000X811+1000X912 \leq 43716,29$

Area_14)

1000X15+1000X26+1000X37+1000X48+1000X59+1000X610+1000X711+1000X812+1000X913<=39961,54

Area_15)

1000X16+1000X27+1000X38+1000X49+1000X510+1000X611+1000X712+1000X813+1000X914<=25863,49

Dem_1) 6682,908X11+169055,582X12+288024,757X13+316096,672X14+400888,407X15+607298,586X16
>= 26392651,91

Dem_2)

6682,908X21+169055,582X22+288024,757X23+316096,672X24+400888,407X25+607298,586X26+607298,
586X27 >= 26500985,08

Dem_3)

6682,908X31+169055,582X32+288024,757X33+316096,672X34+400888,407X35+607298,586X36+607298,
586X37+607298,586X38 >= 21848184,07

Dem_4)

6682,908X41+169055,582X42+288024,757X43+316096,672X44+400888,407X45+607298,586X46+607298,
586X47+607298,586X48+607298,586X49 >= 18250748,47

Dem_5)

6682,908X51+169055,582X52+288024,757X53+316096,672X54+400888,407X55+607298,586X56+607298,
586X57+607298,586X58+607298,586X59+607298,586X510 >= 16677438,25

Dem_6)

6682,908X61+169055,582X62+288024,757X63+316096,672X64+400888,407X65+607298,586X66+607298,
586X67+607298,586X68+607298,586X69+607298,586X610+607298,586X611 >= 16676450,07

Dem_7)

6682,908X71+169055,582X72+288024,757X73+316096,672X74+400888,407X75+607298,586X76+607298,
586X77+607298,586X78+607298,586X79+607298,586X710+607298,586X711+607298,586X712 >= 16676450,07

Dem_8)

6682,908X81+169055,582X82+288024,757X83+316096,672X84+400888,407X85+607298,586X86+607298,
586X87+607298,586X88+607298,586X89+607298,586X810+607298,586X811+607298,586X812+607298,58
6X813 >= 16676450,07

Dem_9)

6682,908X91+169055,582X92+288024,757X93+316096,672X94+400888,407X95+607298,586X96+607298,
586X97+607298,586X98+607298,586X99+607298,586X910+607298,586X911+607298,586X912+607298,58
6X913+607298,586X914 >= 21591959,94

APÊNDICE 6 – FORMULAÇÃO DETALHADA DO MODELO DE PLANEJAMENTO – RESTRIÇÕES CONFORME INFORMAÇÕES DE DEMANDA DO CENÁRIO 2 (OTIMISTA)

Subject to

Area_01)

$1000X91+1000X92+1000X93+1000X94+1000X95+1000X96+1000X97+1000X98+1000X99+1000X910+1000X911+1000X912+1000X913+1000X914 \leq 44777,26$

Area_02)

$1000X81+1000X82+1000X83+1000X84+1000X85+1000X86+1000X87+1000X88+1000X89+1000X810+1000X811+1000X812+1000X813-1000X91 \leq 44777,26$

Area_03)

$1000X71+1000X72+1000X73+1000X74+1000X75+1000X76+1000X77+1000X78+1000X79+1000X710+1000X711+1000X712-1000X81-1000X92 \leq 44777,26$

Area_04)

$1000X61+1000X62+1000X63+1000X64+1000X65+1000X66+1000X67+1000X68+1000X69+1000X610+1000X611-1000X71-1000X82-1000X93 \leq 44777,26$

Area_05)

$1000X51+1000X52+1000X53+1000X54+1000X55+1000X56+1000X57+1000X58+1000X59+1000X510-1000X61-1000X72-1000X83-1000X94 \leq 44777,26$

Area_06)

$1000X41+1000X42+1000X43+1000X44+1000X45+1000X46+1000X47+1000X48+1000X49-1000X51-1000X62-1000X73-1000X84-1000X95=0$

Area_07)

$1000X31+1000X32+1000X33+1000X34+1000X35+1000X36+1000X37+1000X38-1000X41-1000X52-1000X63-1000X74-1000X85-1000X96=0$

Area_08)

$1000X21+1000X22+1000X23+1000X24+1000X25+1000X26+1000X27-1000X31-1000X42-1000X53-1000X64-1000X75-1000X86-1000X97=0$

Area_09)

$1000X11+1000X12+1000X13+1000X14+1000X15+1000X16-1000X21-1000X32-1000X43-1000X54-1000X65-1000X76-1000X87-1000X98=0$

Area_10)

$1000X11+1000X22+1000X33+1000X44+1000X55+1000X66+1000X77+1000X88+1000X99 \leq 50745,33$

Area_11)

$1000X12+1000X23+1000X34+1000X45+1000X56+1000X67+1000X78+1000X89+1000X910 \leq 32746,66$

Area_12)

$1000X13+1000X24+1000X35+1000X46+1000X57+1000X68+1000X79+1000X810+1000X911 \leq 30852,97$

Area_13)

$1000X14+1000X25+1000X36+1000X47+1000X58+1000X69+1000X710+1000X811+1000X912 \leq 43716,29$

Area_14)

1000X15+1000X26+1000X37+1000X48+1000X59+1000X610+1000X711+1000X812+1000X913<=39961,54

Area_15)

1000X16+1000X27+1000X38+1000X49+1000X510+1000X611+1000X712+1000X813+1000X914<=25863,49

Dem_1) 6682,908X11+169055,582X12+288024,757X13+316096,672X14+400888,407X15+607298,586X16
>= 26392651,91

Dem_2)

6682,908X21+169055,582X22+288024,757X23+316096,672X24+400888,407X25+607298,586X26+607298,
586X27 >= 26500985,08

Dem_3)

6682,908X31+169055,582X32+288024,757X33+316096,672X34+400888,407X35+607298,586X36+607298,
586X37+607298,586X38 >= 22020082,41

Dem_4)

6682,908X41+169055,582X42+288024,757X43+316096,672X44+400888,407X45+607298,586X46+607298,
586X47+607298,586X48+607298,586X49 >= 21590320,77

Dem_5)

6682,908X51+169055,582X52+288024,757X53+316096,672X54+400888,407X55+607298,586X56+607298,
586X57+607298,586X58+607298,586X59+607298,586X510 >= 21394516,19

Dem_6)

6682,908X61+169055,582X62+288024,757X63+316096,672X64+400888,407X65+607298,586X66+607298,
586X67+607298,586X68+607298,586X69+607298,586X610+607298,586X611 >= 21782381,57

Dem_7)

6682,908X71+169055,582X72+288024,757X73+316096,672X74+400888,407X75+607298,586X76+607298,
586X77+607298,586X78+607298,586X79+607298,586X710+607298,586X711+607298,586X712 >= 21782381,57

Dem_8)

6682,908X81+169055,582X82+288024,757X83+316096,672X84+400888,407X85+607298,586X86+607298,
586X87+607298,586X88+607298,586X89+607298,586X810+607298,586X811+607298,586X812+607298,586X813 >= 21782381,57

Dem_9)

6682,908X91+169055,582X92+288024,757X93+316096,672X94+400888,407X95+607298,586X96+607298,
586X97+607298,586X98+607298,586X99+607298,586X910+607298,586X911+607298,586X912+607298,586X913+607298,586X914 >= 21782381,57

end

APÊNDICE 7 – RESULTADOS GERADOS PELO LINDO PARA O MODELO DE PLANEJAMENTO CONSIDERANDO O CENÁRIO 1 (CONSERVADOR)

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 68

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.2065386E+09

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	0.000000	94366.492188
X12	0.000000	20665.750000
X13	29.650589	0.000000
X14	6.788077	0.000000
X15	0.000000	61352.164062
X16	25.863489	0.000000
X21	0.000000	73229.554688
X22	13.205127	0.000000
X23	0.000000	6688.219727
X24	0.000000	109057.960938
X25	0.000000	53255.878906
X26	39.961540	0.000000
X27	0.000000	204970.687500
X31	0.000000	112286.265625
X32	0.000000	30395.925781
X33	0.000000	14415.938477
X34	0.000000	122146.289062
X35	0.000000	170190.046875
X36	36.928215	0.000000
X37	0.000000	170755.562500
X38	0.000000	375726.250000
X41	0.000000	128023.546875
X42	0.000000	57994.882812
X43	60.829990	0.000000
X44	0.000000	70314.132812
X45	0.000000	107420.929688
X46	1.202382	0.000000
X47	0.000000	36220.109375
X48	0.000000	206975.671875
X49	0.000000	411946.375000
X51	0.000000	26570.380859
X52	3.641174	0.000000
X53	8.389406	0.000000
X54	0.000000	52410.398438
X55	0.000000	70607.859375

X56	32.746658	0.000000
X57	0.000000	132835.468750
X58	0.000000	169055.578125
X59	0.000000	339811.125000
X510	0.000000	544781.812500
X61	0.000000	129119.382812
X62	7.237056	0.000000
X63	0.000000	16833.121094
X64	0.000000	107730.351562
X65	0.000000	103420.968750
X66	37.540203	0.000000
X67	0.000000	135802.281250
X68	0.000000	268637.750000
X69	0.000000	304857.875000
X610	0.000000	475613.437500
X611	0.000000	680584.125000
X71	0.000000	126367.710938
X72	0.000000	91670.414062
X73	54.795319	0.000000
X74	0.000000	106325.328125
X75	0.000000	136258.859375
X76	1.472163	0.000000
X77	0.000000	102989.179688
X78	0.000000	238791.468750
X79	0.000000	371626.937500
X710	0.000000	407847.062500
X711	0.000000	578602.625000
X712	0.000000	783573.312500
X81	0.000000	43403.500000
X82	0.000000	14415.940430
X83	0.000000	31249.060547
X84	0.000000	36430.410156
X85	0.000000	87440.984375
X86	44.777260	0.000000
X87	0.000000	80482.335938
X88	0.000000	183471.515625
X89	0.000000	319273.812500
X810	0.000000	452109.281250
X811	0.000000	488329.375000
X812	0.000000	659084.937500
X813	0.000000	864055.625000
X91	0.000000	112286.265625
X92	11.490220	0.000000
X93	0.000000	14415.938477

X94	0.000000	122146.289062
X95	0.000000	70607.859375
X96	33.287041	0.000000
X97	0.000000	118969.164062
X98	0.000000	199451.500000
X99	0.000000	302440.687500
X910	0.000000	438242.968750
X911	0.000000	571078.437500
X912	0.000000	607298.562500
X913	0.000000	778054.125000
X914	0.000000	983024.812500

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

AREA_01)	0.000000	438.242981
AREA_02)	0.000000	319.273804
AREA_03)	0.000000	269.187408
AREA_04)	0.000000	135.802292
AREA_05)	0.020000	0.000000
AREA_06)	0.000000	-33.253288
AREA_07)	0.000000	-169.055573
AREA_08)	0.000000	-288.024750
AREA_09)	0.000000	-368.507080
AREA_10)	0.000000	471.496277
AREA_11)	0.000000	607.298584
AREA_12)	0.000000	740.134033
AREA_13)	0.000000	776.354126
AREA_14)	0.000000	947.109680
AREA_15)	0.000000	1152.080444
DEM_1)	0.000000	-0.290260
DEM_2)	0.000000	-0.085273
DEM_3)	578266.812500	0.000000
DEM_4)	0.000000	-0.163976
DEM_5)	6241479.000000	0.000000
DEM_6)	7345126.500000	0.000000
DEM_7)	0.000000	-0.050051
DEM_8)	10516716.000000	0.000000
DEM_9)	565697.187500	0.000000

NO. ITERATIONS= 68

APÊNDICE 8 – RESULTADOS GERADOS PELO LINDO PARA O MODELO DE PLANEJAMENTO CONSIDERANDO O CENÁRIO 2 (OTIMISTA)

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 47

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.2050640E+09

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	0.000000	77385.156250
X12	10.528773	0.000000
X13	18.798994	0.000000
X14	11.044938	0.000000
X15	0.000000	26789.214844
X16	25.863489	0.000000
X21	0.000000	103689.695312
X22	13.205127	0.000000
X23	0.000000	15717.733398
X24	0.000000	153323.156250
X25	0.000000	94008.656250
X26	39.961540	0.000000
X27	0.000000	269142.906250
X31	0.000000	124211.000000
X32	0.000000	49497.523438
X33	7.564686	0.000000
X34	0.000000	123210.000000
X35	0.000000	196516.531250
X36	32.671352	0.000000
X37	0.000000	148355.875000
X38	0.000000	417498.781250
X41	0.000000	120469.757812
X42	0.000000	42336.160156
X43	49.544209	0.000000
X44	0.000000	50658.703125
X45	0.000000	96400.453125
X46	12.053975	0.000000
X47	0.000000	40246.992188
X48	0.000000	188602.859375
X49	0.000000	457745.781250
X51	0.000000	50875.867188
X52	7.805316	0.000000
X53	22.852526	0.000000

X54	0.000000	80419.109375
X55	0.000000	73394.468750
X56	22.217888	0.000000
X57	0.000000	170567.187500
X58	0.000000	210814.171875
X59	0.000000	359170.062500
X510	0.000000	628312.937500
X61	0.000000	111962.210938
X62	21.166372	0.000000
X63	0.000000	4375.394043
X64	0.000000	106818.914062
X65	0.000000	129452.375000
X66	29.975517	0.000000
X67	0.000000	155410.015625
X68	0.000000	325977.187500
X69	0.000000	366224.187500
X610	0.000000	514580.062500
X611	0.000000	783723.000000
X71	0.000000	151014.875000
X72	0.000000	80528.648438
X73	40.431812	0.000000
X74	0.000000	96359.164062
X75	0.000000	129301.375000
X76	16.691988	0.000000
X77	0.000000	86966.500000
X78	0.000000	242376.515625
X79	0.000000	412943.718750
X710	0.000000	453190.687500
X711	0.000000	601546.562500
X712	0.000000	870689.500000
X81	0.000000	3560.214844
X82	6.364630	0.000000
X83	8.098489	0.000000
X84	0.000000	30211.896484
X85	0.000000	74533.500000
X86	30.314140	0.000000
X87	0.000000	111536.687500
X88	0.000000	198503.187500
X89	0.000000	353913.218750
X810	0.000000	524480.375000
X811	0.000000	564727.375000
X812	0.000000	713083.250000
X813	0.000000	982226.187500
X91	0.000000	162109.484375

X92	12.346538	0.000000
X93	0.000000	32531.064453
X94	0.000000	121702.906250
X95	0.000000	89983.453125
X96	32.430721	0.000000
X97	0.000000	131876.656250
X98	0.000000	243413.343750
X99	0.000000	330379.843750
X910	0.000000	485789.875000
X911	0.000000	656357.062500
X912	0.000000	696604.062500
X913	0.000000	844959.937500
X914	0.000000	1114102.875000

ROW SLACK OR SURPLUS DUAL PRICES

AREA_01)	0.000000	457.227905
AREA_02)	0.000000	288.024750
AREA_03)	0.000000	277.781616
AREA_04)	0.000000	118.969170
AREA_05)	0.020000	0.000000
AREA_06)	0.000000	-58.283833
AREA_07)	0.000000	-187.397156
AREA_08)	0.000000	-319.273804
AREA_09)	0.000000	-430.810516
AREA_10)	0.000000	517.776978
AREA_11)	0.000000	673.187012
AREA_12)	0.000000	843.754211
AREA_13)	0.000000	884.001221
AREA_14)	0.000000	1032.357056
AREA_15)	0.000000	1301.500000
DEM_1)	0.000000	-0.433709
DEM_2)	0.000000	-0.174189
DEM_3)	0.000000	-0.147054
DEM_4)	0.000000	-0.293384
DEM_5)	0.000000	-0.108494
DEM_6)	0.000000	-0.048490
DEM_7)	0.000000	-0.166794
DEM_8)	35893.687500	0.000000
DEM_9)	0.000000	-0.061463

NO. ITERATIONS= 47