

EDUARDO DA SILVA LOPES

APLICAÇÃO DO PROGRAMA SNAP III (*SCHEDULING AND NETWORK ANALYSIS PROGRAM*) NO PLANEJAMENTO DA COLHEITA E DO TRANSPORTE FLORESTAL

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2001

EDUARDO DA SILVA LOPES

APLICAÇÃO DO PROGRAMA SNAP III (*SCHEDULING AND NETWORK ANALYSIS PROGRAM*) NO PLANEJAMENTO DA COLHEITA E DO TRANSPORTE FLORESTAL

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

APROVADA: 21 de maio de 2001.

Prof. Amaury Paulo de Souza
(Conselheiro)

Prof. Carlos Antônio Alvares Soares
Ribeiro
(Conselheiro)

Prof. Elpídio Inácio Fernandes Filho

Pesq. Luciano José Minetti

Prof. Carlos Cardoso Machado
(Orientador)

A Deus...

Às minhas filhas Laura e Júlia.

À minha esposa Célia.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela realização do Programa de Pós-Graduação.

Em especial, ao professor e orientador Carlos Cardoso Machado, pela amizade, pelo apoio e incentivo, pela confiança e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos professores Carlos Antônio A. S. Ribeiro, Amaury Paulo de Souza e Elpídio Inácio Fernandes Filho e ao Pesquisador Luciano José Minetti, pela valiosa colaboração e pelas sugestões apresentadas durante o desenvolvimento deste trabalho.

À empresa DURATEX S.A., pela oportunidade de realização deste trabalho.

À FAPEMIG e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

Aos bolsistas de Iniciação Científica, pelo apoio na coleta e análise dos dados.

Aos funcionários e colegas do Departamento de Engenharia Florestal, pela oportunidade de convivermos juntos e adquirir novos e valiosos conhecimentos.

Ao professor Dr. John Sessions, da “Oregon State University”, pelos esclarecimentos.

Ao USDA Forest Service, na pessoa do pesquisador Dr. Bruce Meneghin, pelo apoio técnico.

A toda a minha família, em especial às minhas filhas Laura e Júlia e à minha esposa Célia, pela paciência, pelo incentivo e pela confiança.

BIOGRAFIA

EDUARDO DA SILVA LOPES, filho de Wilson da Silva Lopes (*in memoriam*) e Maria Geralda Lopes, nasceu em Santa Bárbara, Minas Gerais, no dia 8 de abril de 1968.

Em 1987, concluiu o Curso Técnico em Agropecuária na Escola Agrotécnica de São João Evangelista, Minas Gerais.

Em janeiro de 1993, graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

Em março de 1993, iniciou o Curso de Mestrado em Ciência Florestal na UFV, na área de Colheita Florestal, concluindo-o em agosto de 1995.

Em outubro de 1997, ingressou no Programa de Pós-Graduação, em nível de doutorado, em Ciência Florestal da UFV, na área de Colheita e Transporte Florestal, submetendo-se à defesa de tese em maio de 2001.

No período de 1996 a 2001, foi consultor do Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR-MG), atuando como instrutor no Curso de Operação e Manutenção de Motosserra.

Em 2001, foi contratado pela Universidade Estadual do Centro-Oeste do Paraná (UNICENTRO-PR) como Professor Adjunto, na área de Colheita e Transporte Florestal.

ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. O problema e sua importância.....	1
1.2. Objetivos	2
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. O setor florestal no Brasil	4
2.2. Colheita florestal	5
2.2.1. Sistema de colheita florestal	6
2.2.2. Métodos de colheita florestal	7
2.2.3. Principais máquinas utilizadas na colheita florestal	8
2.3. Estradas florestais.....	16
2.3.1. Padrão das estradas florestais	16
2.3.2. Classificação de pavimentos	20
2.3.3. Parâmetros geotécnicos de interesse rodoviário	21
2.3.4. Classificação dos solos para estradas.....	25
2.3.5. Sistemas de classificação de estradas florestais	26
2.4. Transporte florestal rodoviário.....	29
2.5. Valores estéticos e paisagísticos da colheita florestal	31
2.6. Planejamento florestal.....	32
2.6.1. Principais objetivos do planejamento florestal	32
2.6.2. Tipos de planejamento florestal.....	32
2.6.3. Planejamento da colheita florestal	33
2.6.3.1. Estratégico	34
2.6.3.2. Gerencial.....	34
2.6.3.3. Operacional.....	35

2.6.4. Métodos científicos de planejamento.....	36
2.6.4.1. Técnicas da pesquisa operacional	37
2.6.4.2. Sistemas de informações geográficas	40
2.6.4.3. Programas computacionais específicos	42
2.6.4.4. Descrição do programa SNAP III.....	43
3. MATERIAL E MÉTODOS	47
3.1. Caracterização da área de estudo.....	47
3.2. Aspectos considerados no planejamento	49
3.3. Levantamento dos dados	49
3.3.1. Polígonos e estradas	49
3.3.2. Colheita florestal.....	50
3.3.2.1. Determinação dos custos operacionais	54
3.3.2.2. Determinação do custo operacional total.....	59
3.3.2.3. Determinação dos custos de produção	59
3.3.2.4. Determinação da distância de extração.....	60
3.3.3. Transporte florestal.....	60
3.3.3.1. Critérios para classificação das estradas florestais	60
3.3.3.1.1. Quanto à classe de estrada.....	60
3.3.3.1.2. Quanto ao tipo de estrada	62
3.3.3.2. Classificação das estradas da área de estudo	64
3.3.3.3. Estimativa de custos de construção e manutenção	66
3.3.3.3.1. Construção de estrada	66
3.3.3.3.2. Manutenção de estrada.....	68
3.4. Estudo de caso utilizando o programa SNAP III no planeja- mento da colheita e transporte florestal	68
3.4.1. Processamento e entrada dos dados	68
3.4.2. Estruturação dos dados no SNAP III	69
3.4.2.1. Editor de definições.....	69
3.4.2.2. Editor de sistema de colheita florestal	69
3.4.2.3. Editor de tratamento silvicultural.....	71
3.4.2.4. Editor de estradas	72
3.4.2.5. Editor de destino da madeira.....	74
3.4.2.6. Editor de restrições de adjacência.....	74
3.4.2.7. Editor de demanda	76
3.4.3. O problema.....	76
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	78
4.1. Colheita florestal	78
4.1.1. Custos operacionais e de produção	78
4.1.1.1. Máquinas utilizadas no corte florestal.....	79
4.1.1.2. Máquinas utilizadas na extração florestal	84
4.1.2. Custos dos subsistemas de colheita florestal	87
4.1.3. Determinação da distância de extração.....	89
4.2. Classificação das estradas florestais.....	89
4.2.1. Classes	89
4.2.2. Tipos	90
4.2.2.1. Obtenção do custo de construção	91
4.2.2.2. Obtenção do custo de manutenção	94

4.3. Estimativas dos custos de construção e manutenção de estradas	95
4.4. Classificação das estradas da área de estudo	100
4.5. Estudo de caso utilizando o programa SNAP III no planejamento da colheita e transporte florestal	102
4.5.1. Informações fornecidas pelo SNAP III	102
4.5.2. Aspectos analisados pelo SNAP III	103
4.5.2.1. Demanda de madeira	103
4.5.2.2. Colheita florestal	106
4.5.2.3. Transporte e estradas florestais	107
4.5.2.4. Valores estéticos e paisagísticos.....	108
4.5.2.5. Tratamentos silviculturais	109
4.5.2.6. Análise econômica	116
5. RESUMO E CONCLUSÕES.....	121
6. LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES.....	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125

RESUMO

LOPES, Eduardo da Silva, D.S., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2001. **Aplicação do programa SNAP III (*Scheduling and Network Analysis Program*) no planejamento da colheita e transporte florestal.** Orientador: Carlos Cardoso Machado. Conselheiros: Carlos Antônio Alvares Soares Ribeiro e Amaury Paulo de Souza.

Este estudo foi realizado com dados provenientes da Duratex S.A., empresa que produz madeira serrada para *Pallets, MDF e Flooring*, situada no Município de Agudos, Estado de São Paulo. O objetivo geral do presente trabalho foi verificar a aplicabilidade do programa SNAP III (*Scheduling and Network Analysis Program*) como ferramenta de planejamento da colheita e do transporte florestal em uma empresa do Brasil, abordando-se os seguintes aspectos: definição dos subsistemas de colheita, estimativas de custos de estradas, determinação de uma rota compatível de transporte e melhoria dos valores estéticos e paisagísticos da floresta. Inicialmente, determinou-se o custo operacional e de produção das máquinas em sete subsistemas de colheita tecnicamente viáveis para a região de estudo. Em seguida, com base em parâmetros técnicos, elaboraram-se classificações de estradas florestais, com o intuito de obter informações de qualidade e de custos, os quais foram utilizados como dados de entrada no programa supracitado e em futuros trabalhos. Posteriormente, com base nos dados obtidos e estimados, verificou-se a

aplicabilidade do SNAP III como ferramenta de apoio ao planejamento estratégico, gerencial e operacional da colheita e transporte, considerando-se três cenários distintos. Em cada cenário avaliado, consideraram-se: consumo anual da indústria de 35.680 m³ de madeira sólida com casca, corte raso como tratamento silvicultural, produtividade constante para todos os polígonos, taxa de desconto de 10% e restrição de tamanho máximo de abertura nas áreas de colheita de 25, 50 e 100 ha. De acordo com os estudos, encontraram-se, através da combinação de índices de qualidade, 120 diferentes tipos de estradas com os respectivos custos de construção. Na região do estudo, observaram-se três categorias de estradas: principal, secundária e terciária, cuja estimativa de custos de construção, baseada na classificação elaborada, foi de US\$5.084,30, US\$2.275,28 e US\$1.650,00/km, respectivamente. Quanto ao uso do SNAP III como ferramenta de planejamento, o programa mostrou-se com elevado potencial, podendo auxiliar no planejamento estratégico, gerencial e operacional da colheita e transporte. Nesta pesquisa, em todos os cenários avaliados, esse programa foi capaz de definir, com eficiência, os subsistemas de colheita técnica e economicamente viável, a rota compatível de transporte e as estradas em uso em cada período do horizonte de planejamento. Além disso, o programa mostrou-se eficiente na distribuição espacial dos polígonos por ocasião da colheita, evitando a abertura de grandes clareiras, minimizando impactos visuais e permitindo a melhoria dos valores estéticos e paisagísticos da floresta.

ABSTRACT

LOPES, Eduardo da Silva, D.S., Universidade Federal de Viçosa, May 2001.
Application of the SNAP III program (*Scheduling and Network Analysis Program*) in the planning of forest harvest and transportation. Adviser: Carlos Cardoso Machado. Committee Members: Carlos Antônio Alvares Soares Ribeiro and Amaury Paulo de Souza.

This study was carried out with data from the Duratex S.A., an enterprise producing sawn wood for Pallets, MDF and Flooring, located in the municipality of Agudos, State of São Paulo, Brazil. The general objective of the work was to verify the applicability of the SNAP III Program (Scheduling and Network Analysis Program) as a tool for the planning of harvest and transportation in a Brazilian forest enterprise, in which the following aspects were approached: determination of the harvest subsystems, estimate of the road costs, determination of a suitable transportation route and improvement of aesthetic and landscape values of the forest. First, the operational and production costs of machines in seven harvest subsystems technically viable for the studied region were determined. Next, based on technical parameters, forest roads were classified to gather information on quality and costs, which were used as input data in the program and further works. Following this, based on data obtained and estimated, the applicability of SNAP III as a support tool in the strategic, managing and operational planning of harvest and transportation was

verified, considering three different situations. In each situation, the following parameters were considered: yearly consumption of 35,680 m³ by the industry of solid wood with bark, clearcutting as silvicultural treatment, constant productivity for all polygons, discount rate of 10% and restriction of maximum size of clearance in the harvest areas Of 25, 50 and 100 ha. According to the studies, through quality index combinations, 120 different types of roads with respective building costs were found. In the region studied, three road categories were found: main, secondary and tertiary, and their estimate building costs, based on their classes were US\$ 5,084.30, US\$ 2,275.28 and US\$ 1,650.00/km, respectively. In relation to the use of SNAP III as a planning tool, the program showed high potential, which could help in the strategic, managing and operational planning of harvest and transportation of wood. In this work, for all the evaluated situations, the program was able to define efficiently the harvest subsystems, the suitable transportation route, and the roads to be used in each period of the planning stage. In addition, the program showed to be efficient in the spacial polygon distribution by the harvest time, avoiding the clearance of big openings, minimizing visual impacts and allowing the improvement of aesthetic and landscape values of the forest.

1. INTRODUÇÃO

1.1. O problema e sua importância

A colheita de madeira é uma atividade de grande importância econômica do setor florestal, dada a sua elevada participação no custo final do produto. Como existem inúmeros e complexos fatores técnicos, econômicos, ambientais e humanos que interferem de forma dinâmica nas operações da colheita, o planejamento torna-se essencial para identificar, prever e controlar os aspectos adversos, com a antecedência devida.

Segundo MACHADO (1984), o planejamento é a etapa mais importante dentro do processo da colheita, pois coloca todos os sistemas e métodos possíveis juntos, identificando e resolvendo os seus conflitos, reconhecendo as restrições e ordenando os recursos disponíveis de forma antecipada. Para SANTOS (1995), o planejamento visa adaptar às condições locais um sistema de operações que permita maximizar o uso dos maquinários, incrementar a produtividade e reduzir os custos operacionais. É importante, também, dimensionar a frota de máquinas para que não haja estrangulamento no processo.

Atualmente, o planejamento da colheita é executada pelas empresas de forma simples e sem muitos critérios técnicos, em que o detalhamento é proporcional à importância das operações e das dificuldades encontradas. Outro fato é que, devido aos elevados custos, somente o aspecto econômico é considerado no planejamento, enquanto o ambiental, que influenciará a

colheita do futuro, principalmente pelos valores estéticos e paisagísticos das florestas, da fauna, da flora etc., não é contemplado.

Para uma colheita florestal eficiente, são essenciais a melhoria da qualidade, a minimização de impactos ambientais, o aumento de produtividade e a redução dos custos operacionais. Para atingir tais objetivos, é importante o uso de metodologias com base científica de planejamento. Dentre essas metodologias, MACHADO (1984) citou as técnicas da Pesquisa Operacional, as quais têm sido utilizadas na solução de problemas específicos da colheita. Os sistemas computacionais são as alternativas mais eficientes de planejamento, pois utiliza a pesquisa operacional, o sistema de informação geográfica e a informática, permitindo controlar simultaneamente grande número de variáveis. O SNAP III ("Scheduling and Network Analysis Program"), um bom exemplo dessas alternativas, foi desenvolvido na "Oregon State University", com apoio do Serviço Florestal dos Estados Unidos (SESSIONS e SESSIONS, 1992). Ele é um programa de computador utilizado no planejamento da colheita e do transporte florestal, em que são considerados, dentre outros: sistemas de colheita, estradas e transporte, tratamentos silviculturais, fauna terrestre e aquática, restrições de adjacências e valores estéticos e paisagísticos da floresta.

1.2. Objetivos

Este trabalho teve como objetivo principal verificar, através de um estudo de caso, a aplicabilidade do programa SNAP III como ferramenta de planejamento da colheita e do transporte florestal em condições brasileiras, visando obter elevada produtividade, baixos custos e melhorar os valores estéticos e paisagísticos da floresta.

Em razão das necessidades específicas do SNAP III, o presente trabalho visou:

- a) Determinar os custos operacionais e de produção das máquinas e dos subsistemas de colheita estudados.
- b) Elaborar uma classificação de estradas florestais com os respectivos custos de construção e manutenção.

No estudo de caso, o presente trabalhou visou, especificamente:

- a) Definir o subsistema de colheita mais adequado do ponto de vista técnico e econômico.
- b) Determinar uma rota compatível de transporte.
- c) Estabelecer uma adequada distribuição espacial das unidades de colheita.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O setor florestal no Brasil

No Brasil, a formação de povoamentos florestais com fins econômicos ocorreu com a introdução do gênero *Eucalyptus*, na região de Rio Claro, SP, pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro, visando à produção de dormentes, postes e lenha para as locomotivas. Até o final da década de 60, o setor florestal era pouco expressivo dentro da economia brasileira, cuja indústria era incipiente e não possuía fontes seguras de abastecimento. Nesse período, o que se verificou foi uma exploração predatória dos recursos florestais. Todavia, com a criação dos incentivos fiscais no final da década de 60, com o objetivo de diminuir a exploração indiscriminada dos recursos florestais naturais e a implantação de florestas de rápido crescimento, o setor tomou um novo impulso (REZENDE et al., 1996).

Segundo esses autores, a concessão dos benefícios fiscais propiciou ao setor florestal crescimento significativo na área reflorestada, principalmente, com o eucalipto, cuja área plantada passou de 400 mil ha, no final dos anos 60, para sete milhões de ha em 1994. Nesse período, atingiu-se significativo nível de produtividade dos plantios, promovendo a formação de mão-de-obra especializada e o desenvolvimento de novas tecnologias.

O programa de incentivos fiscais, embora passível de críticas, proporcionou nesse período grandes benefícios sociais, por meio da geração de

700 mil empregos diretos e dois milhões indiretos. O setor florestal, através de suas indústrias, tem contribuído com a sociedade, colocando no mercado materiais imprescindíveis à população, como: celulose, papel, madeira em tora e serrada, chapas, compensados, aglomerados e carvão. Além disso, tem dado importante contribuição à economia nacional, participando com 5% na formação do Produto Interno Bruto (PIB), gerando impostos da ordem de R\$ 2 bilhões e investimentos anuais de R\$264 milhões (SILVA e VALVERDE, 1997).

O setor florestal tem potencial de crescimento, devido às vantagens comparativas na produção de madeira, como: grandes extensões de terras planas e férteis, condições edafoclimáticas adequadas, disponibilidade de tecnologia, baixo custo de produção em relação aos países industrializados etc. (SALMERON, 1980). No entanto, segundo SILVA e VALVERDE (1997), há ainda preocupações com relação à sustentabilidade florestal, pois, com o fim dos incentivos fiscais, a área reflorestada decresceu em torno de 15%. Embora, atualmente, haja oferta de madeira no mercado, as projeções são de decréscimo. Assim, de acordo com FILGUEIRAS (1997), o setor deve buscar alcançar, de forma definitiva, a sua sustentabilidade, para obtenção de uma produção contínua sem a redução de seus valores e de sua produtividade e sem causar danos ao meio ambiente.

2.2. Colheita florestal

A colheita florestal é um conjunto de operações efetuadas no maciço florestal, que visa preparar e transportar a madeira até o seu local de consumo, utilizando-se técnicas e padrões preestabelecidos, tendo como finalidade transformá-la em um produto final (TANAKA, 1986). A colheita é a etapa mais importante dos pontos de vista técnico e econômico, sendo composta pelas etapas de corte (derrubada, desgalhamento e processamento), descascamento (quando executado no campo), extração e carregamento.

2.2.1. Sistema de colheita florestal

De acordo com SEIXAS (1985), sistema de colheita florestal pode ser definido como um conjunto de atividades, integradas entre si, que permite o fluxo constante de madeira, evitando-se os pontos de estrangulamento e que levem as máquinas à sua máxima utilização. Os sistemas de colheita podem variar em razão de vários fatores, entre eles a topografia, o rendimento volumétrico do povoamento, o tipo de floresta, o uso final da madeira, as máquinas e equipamentos e os recursos disponíveis.

De acordo com a Food Agriculture Organization (FAO), citada por STÖHR (1978), os sistemas de colheita podem ser classificados quanto à forma da madeira na fase de extração, quanto ao local onde é feito o processamento final e quanto ao grau de mecanização. A classificação mais comum é quanto à forma da madeira na fase de extração, que é a seguinte: sistema de toras curtas, toras compridas e árvores inteiras. MACHADO (1985) acrescentou os sistemas de árvores completas e o de cavaqueamento. Esses sistemas são descritos a seguir:

- a) **Sistema de toras curtas:** a árvore é processada no local de derrubada, sendo extraída para a margem da estrada ou para o pátio intermediário em forma de toras de até seis metros de comprimento.
- b) **Sistema de toras compridas:** a árvore é parcialmente processada (desgalhamento e destopamento) no local de derrubada e extraída para a margem da estrada ou para o pátio intermediário em forma de fuste com mais de seis metros de comprimento.
- c) **Sistema de árvores inteiras:** a árvore é derrubada e extraída para a margem da estrada ou para o pátio intermediário, onde é realizado o seu processamento.
- d) **Sistema de árvores completas:** a árvore é arrancada com parte de seu sistema radicular e extraída para a margem da estrada ou para o pátio intermediário, onde é realizado o processamento.
- e) **Sistemas de cavaqueamento:** a árvore é derrubada e processada, sendo extraída na forma de cavacos para um pátio intermediário ou transportada para a indústria.

2.2.2. Métodos de colheita florestal

Os métodos de colheita florestal, segundo STÖHR (1978), descrevem a seqüência do trabalho, as técnicas empregadas e o tamanho e grau de colaboração da equipe de trabalhadores. Os métodos se subdividem em: métodos de corte, de extração, de carregamento e de descarregamento.

Segundo MACHADO (1984), os métodos de corte podem ser subdivididos em:

- a) **Manual:** as operações de corte são realizadas manualmente, com o uso de ferramentas manuais, como o machado, o traçador e a serra de arco.
- b) **Semimecanizado:** as operações são realizadas com o uso da motosserra.
- c) **Mecanizado:** as operações de derrubada e processamento das toras são realizadas por máquinas florestais.

Os métodos de extração, segundo esse mesmo autor, podem ser subdivididos em:

- a) **Animal:** a extração é realizada por muares, bovinos, eqüinos etc.
- b) **Rústico:** a extração é realizada com o uso de calhas, argolões e tombamento manual.
- c) **Mecanizado:** a extração é realizada por meio de máquinas florestais, teleféricos, balões e helicópteros.
- d) **Transporte direto:** esta operação é realizada por meio de caminhões, que são carregados na área de corte e transportam as toras até a margem da estrada ou diretamente para o local de consumo.

Os métodos de carregamento e descarregamento, também segundo aquele mesmo autor, podem ser subdivididos em:

- a) **Manual:** é utilizado no sistema de toras curtas, quando as árvores têm pequeno diâmetro e baixo peso específico.
- b) **Semimecanizado:** são utilizados cabos de aço, acionados por animais, tratores ou pelo próprio caminhão, com as toras rolando sobre uma plataforma até o veículo.
- c) **Mecanizado:** são utilizados carregadores mecânicos, montados em máquinas de pneu ou esteira ou no próprio caminhão.

2.2.3. Principais máquinas utilizadas na colheita florestal

No início das atividades de reflorestamento no Brasil, poucas empresas mecanizaram as suas operações de colheita. Durante muitos anos, estas dependeram da utilização de máquinas adaptadas do setor agrícola e industrial para a execução das operações. Nesse período, os sistemas manuais e semi-mecanizados foram amplamente utilizados por falta de outras opções, envolvendo grande contingente de mão-de-obra, tornando as operações onerosas e de alto risco (MACHADO, 1984).

O processo de modernização das operações de colheita teve início na década de 70, quando a indústria nacional começou a produzir maquinário de porte leve e médio. Todavia, com a abertura das importações em 1994, o aumento do custo da mão-de-obra, a necessidade de executar o trabalho de forma mais ergonômica, a necessidade de maior eficiência e a diminuição dos custos de produção, muitas empresas iniciaram a mecanização da colheita de forma mais intensiva. Com isso, segundo DURATEX (1999), obtiveram-se ganhos significativos na utilização da mão-de-obra, com redução nos índices de acidentes, obtendo, por conseguinte, bons resultados econômicos.

Na operação de derrubada, existem várias opções de máquinas, como: motosserra, “feller-buncher”, “harvester” e “slingshot”. No desgalhamento, as opções mais comuns são a motosserra, o “harvester”, o “slingshot” e a grade desgalhadora, enquanto no processamento se têm a motosserra, o “harvester”, o “slingshot”, a garra traçadora, o processador e o “slasher”. Para o descasamento, se executado no campo, têm-se os descascadores móveis, “harvester” ou processador, enquanto na indústria se têm os tambores rotativos. Na operação de extração, as opções são os tratores agrícolas com implemento florestal, “forwarders”, “timber-hauler”, caminhões, “skidders”, teleféricos, balões e helicópteros, enquanto no carregamento e descarregamento se têm os carregadores mecânicos.

Segundo MELLO (1997), as máquinas e equipamentos de colheita florestal foram desenvolvidos basicamente para dois sistemas: o primeiro correspondente aos países escandinavos, voltados para os sistemas de madeira curta *cut-to-length*, em que o “harvester” executa a derrubada e o processamento da madeira de forma contínua. Em seguida, os “forwarders” realizam

a extração da madeira para a margem da estrada ou local de transporte. O segundo corresponde aos países da América do Norte, voltados para os sistemas de madeira longa *full tree*, onde os “feller-bunchers” realizam a derrubada e o agrupamento das árvores em forma de feixes, preparando-as para que os “skidders” efetuem a operação de arraste da madeira até o local de processamento. Em seguida, os tratores carregadores acoplados a equipamentos desganhadores e traçadores, “loaders”, “slashers” ou “delimbers”, executam o processamento e empilhamento ou carregamento diretamente nos veículos de transporte.

Atualmente, o setor de colheita florestal apresenta grande variedade de máquinas e equipamentos disponíveis com múltiplos propósitos nas diversas atividades que o compõem.

a) “Harvester”

O “harvester” pode ser caracterizado por um trator derrubador, desganhador, traçador e empilhador, composto por uma máquina-base de pneus ou esteira, possuindo uma grua hidráulica telescópica e um cabeçote. A produtividade é variável, dependendo, principalmente, do volume da floresta, das condições locais e do nível de treinamento dos operadores (Figura 1).

O “harvester” é uma máquina em que a participação da mão-de-obra é mínima, devido ao emprego de circuitos integrados e outras inovações tecnológicas. O operador conduz a máquina até a árvore a ser processada, ativa o sistema de sustentação e aciona o implemento de corte e o mecanismo de transferência da árvore já cortada para outra seção, onde as operações restantes são realizadas automaticamente.

b) “Feller-buncher”

O “feller-buncher” pode ser caracterizado como um trator derrubador empilhador, e sua estrutura básica consiste de um trator de pneus ou esteiras, constituído de uma parte motriz e estrutura de corte. Esta é uma peça de construção rígida, onde estão localizados os implementos frontais que fazem o corte, acumulando as árvores ou não e as empilhando para as operações posteriores (Figura 2).



Figura 1 - “Harvester” executando o processamento de árvores.



Figura 2 - “Feller-buncher” executando a derrubada de árvores.

Os implementos de corte do “feller-buncher” podem ser de três tipos: sabre, tesoura ou disco, sendo este último o mais utilizado. O sistema de corte com sabre é similar ao efetuado por uma motosserra, com diferença básica na dimensão física e força propulsora, que no caso do “feller-buncher” ocorre por um motor hidráulico. O sistema de tesoura apresenta algumas variações quanto ao número de lâminas e ao sentido de corte. Os cabeçotes de guilhotina apresentam somente uma lâmina, enquanto os cabeçotes de duas lâminas possuem movimentos laterais simultâneos, sendo uma fixa e outra móvel. Os cabeçotes de disco são formados por um motor hidráulico, que faz girar um disco de metal com dentes de corte em seu perímetro, com espessura de 5 cm, peso de 1.000 kg e velocidade de giro de 1.500 rpm (MALINOVSKI, 1998).

c) “Slingshot”

A denominação “slingshot” refere-se a um cabeçote composto por um conjunto de implementos: facas desganhadoras e acumuladoras, conjunto rotor, torre e disco de corte, sendo estes montados em uma máquina-base com braço hidráulico (DURATEX, 1999).

Esta máquina reúne algumas características do “feller-buncher” e do “harvester”, realizando o corte de cada árvore individualmente e acumulando-as em seu cabeçote até formar um feixe. Em seguida, as árvores são processadas simultaneamente. A principal função do “slingshot” é o desganhamento, especialmente em florestas de baixo rendimento, em áreas de segundo ou terceiro cortes com mais de uma árvore por cepa (Figura 3).

d) “Forwarder”

O “forwarder” é uma máquina projetada para uso no sistema de toras curtas, executando a extração da madeira da área de corte até a margem da estrada ou pátio intermediário. Possui um chassi articulado com tração do tipo 4x4, 6x6 ou 8x8 e capacidade de carga de 10 a 19 t, além de uma grua hidráulica para o carregamento e descarregamento da madeira (Figura 4).



Figura 3 - "Slingshot" executando a derrubada de árvores.



Figura 4 - "Forwarder" executando a extração de madeira.

e) “Skidder”

O “skidder” é um trator florestal articulado projetado para executar o arraste de fuste até a margem da estrada ou pátio intermediário. É composto por uma máquina-base de pneus ou esteira, equipado com cabo (guincho) ou garra para elevação e arraste da carga.

Os principais tipos de “skidder” são: o com garra (“Grapple skidder”), o com cabo (“Chocker skidder”) e o com garra invertida (“Clambunk skidder”). Geralmente, a máquina se aproxima e pega o feixe de toras com sua garra, levantando-a parcialmente, dando início ao arraste da carga. Em florestas plantadas, o “skidder” mais comum é o com garra (Figura 5), enquanto em florestas naturais é o com guincho, pois nesta situação as toras são arrastadas devido ao seu maior diâmetro e comprimento.

O “Clambunk skidder” (Figura 6) é uma máquina desenvolvida para o arraste de feixes de toras compridas ou árvores inteiras da área de corte até o local de processamento. O arraste é executado por meio de uma lança hidráulica com grua invertida.

f) “Timber hauler”

O “timber hauler” é caracterizado por uma máquina articulada com compartimento de carga e reboque e uma grua hidráulica, que realiza a extração e o transporte a curtas distâncias (Figura 7). Segundo DURATEX (1999), em situações específicas, o seu uso torna-se viável técnico e economicamente no transporte em distância de até 12 km, apresentando bom desempenho em estradas de baixo padrão de qualidade e em terrenos com declividade de até 20%.

g) Carregador florestal

As operações de carregamento e descarregamento estão ligadas ao transporte principal, quando executado na margem da estrada ou pátio intermediário e no local de consumo, respectivamente. Envolve o emprego de carregador ou grua hidráulica montada sobre trator agrícola ou caminhão, escavadeira hidráulica ou carregador frontal.



Figura 5 - “Skidder” com garra executando o arraste de toras.



Figura 6 - “Clambunk skidder” executando o arraste de toras.

O carregador florestal foi bastante utilizado, devido ao baixo custo e à grande mobilidade na execução das operações, apresentando alcance médio de 4 a 7 m, capacidade de 300 a 1.500 kg e garra com área de 0,25 a 0,45 m². O carregador florestal montado sobre uma escavadeira (Figura 8) possui uma garra com área de 1,00 m², executando o carregamento de toras de 6 a 10 m.



Figura 7 - “Timber hauler” executando a extração de madeira.



Figura 8 - Carregador florestal montado em máquina-base de esteira.

Recentemente, têm surgido os carregadores florestais desenvolvidos somente para o manuseio de toras, com grande capacidade de carga, maior alcance da grua, giro contínuo, maior conforto e segurança para o operador.

2.3. Estradas florestais

As estradas florestais são as mais importantes vias de acesso às florestas, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, necessários para implantação, proteção, colheita e transporte da madeira e, ou, produtos florestais. Normalmente, as estradas têm como principal característica um tráfego reduzido, às vezes temporário, mas de elevado peso, ocorrendo normalmente em um único sentido (MACHADO, 1989).

No setor florestal, estimava-se uma extensão da malha rodoviária florestal na década de 80 em 600 mil quilômetros (MACHADO e MALINOVSKI, 1986), tendo este número aumentado consideravelmente com o decorrer das novas ampliações das empresas florestais. Também, aumentaram nos últimos anos as exigências em termos de solicitações dessas estradas, devido ao crescimento do volume de tráfego de veículos pesados e extrapesados; aumento das distâncias de transporte em rodovias de baixa qualidade; necessidade de trafegabilidade durante todo o ano com eficiência e segurança; e necessidade de estradas com maior vida útil. O setor de estradas florestais tem ganhado destaque, uma vez que os custos do binômio estrada-transporte incidem significativamente sobre o valor final da madeira. Assim, é importante o conhecimento dos parâmetros de qualidade da rodovia e que afetam o desempenho dos veículos e, conseqüentemente, os custos de transporte:

2.3.1. Padrão das estradas florestais

O padrão das estradas florestais influencia os custos de transporte, especialmente, através das geometrias horizontal e da vertical, qualidade da superfície da pista de rolamento e da largura. Influencia também o desempenho energético dos veículos de transporte, a durabilidade dos pneus e a eficiência operacional, dentre outros. Assim, ao se iniciar a construção de uma estrada florestal, o seu padrão deve ser previamente definido, pois este influenciará os custos de construção, de manutenção e de transporte.

a) Geometria horizontal

A geometria horizontal (GH) é a sinuosidade horizontal da rodovia, expressa em forma de índice. O valor numérico do índice é diretamente correlacionado com a qualidade da rodovia e, conseqüentemente, com o desempenho dos veículos (MACHADO et al., 1991). A GH é influenciada pelo relevo, pela velocidade diretriz, pela distância de visibilidade e pelo tipo de solo, tipo de composição veicular etc. Os seus efeitos na velocidade de operação são mais importantes nos casos das estradas de pista única, sobretudo em situações de greide favorável. De modo análogo, a velocidade de operação é substancialmente mais baixa nas estradas florestais com raio de curva horizontal inferior a 20 metros.

A determinação do índice de GH é calculada pela razão do raio médio de curvas de concordância horizontal de cada segmento da estrada e da média ponderada do número de curvas por quilômetro, descrito pela seguinte expressão:

$$GH = \frac{R}{NC}$$

em que GH = geometria horizontal (m.km); R = média ponderada do raio de curva de concordância horizontal (m); e NC = número de curvas por quilômetro (n°).

A interpretação dos resultados do índice de GH é a seguinte:

Estrada excelente.....	$GH \geq 50$
Estrada boa.....	$25 \leq GH < 50$
Estrada regular.....	$10 \leq GH < 25$
Estrada ruim.....	$GH < 10$

Segundo MACHADO et al. (1991), existem alguns métodos para se estabelecer a GH , sendo o sistema de vídeo-registro em U-MATIC acoplado a um computador de bordo, o mais sofisticado. Outro método utiliza um giracompasso direcional instalado no veículo de levantamento, enquanto o método mais simples é o levantamento topográfico. O uso do GPS é outra alternativa, todavia imprópria devido à precisão e à dificuldade de leitura em razão de as estradas estarem situadas dentro da floresta.

b) Geometria vertical

A geometria vertical (GH) é a sinuosidade vertical da rodovia, podendo ser expressa através de índices que medem o desnível acumulado médio ponderado em metros por quilômetro. O valor numérico do índice é inversamente correlacionado com a qualidade da rodovia e, conseqüentemente, com o desempenho dos veículos (MACHADO et al., 1991).

O greide e o comprimento de rampa são os principais elementos da GV de uma estrada florestal. O greide é a inclinação vertical do eixo da estrada, formando-se os aclives e declives ajustados por uma curva de concordância vertical, com a ressalva de que nas estradas florestais estes, normalmente, não ultrapassam 15% (MACHADO, 1989). Do ponto de vista econômico, a opção por greides mais acentuados, visando diminuir a extensão e os investimentos iniciais, pode acarretar aumentos dos custos de transporte e manutenção das estradas. Em termos de conservação e estabilização de estradas, geralmente são necessários mais recursos financeiros e manutenção de melhor qualidade.

De acordo com a metodologia proposta por MACHADO (1989), o estabelecimento do índice de GV se baseia nas seguintes características: comprimento de rampa, raio de curva das interseções e comprimento de pistas de aceleração e desaceleração e greide.

Dentre os métodos para se estabelecer o índice de GV , o sistema de vídeo-registro em U-MATIC acoplado a um computador de bordo é o mais sofisticado. Outro método é o acelerômetro linear conectado a um greidômetro (MACHADO et al., 1991), enquanto o método mais simples é o levantamento topográfico. O cálculo do índice é feito através da seguinte expressão:

$$GV = \frac{\sum_{i=1}^n |g_i| \cdot L_i}{100 \sum_{i=1}^n L_i / 1000}$$

em que GV = geometria vertical (m/km); g_i = magnitude da i -ésima rampa (%); L_i = comprimento da i -ésima rampa (m); e $| \cdot |$ = módulo (rampa é aclive ou declive).

c) Irregularidade da superfície da pista de rolamento

Segundo MACHADO et al. (1992), em estradas florestais é comum superfície de pista de rolamento constituída de material granular, sendo os principais tipos de pavimentos os flexíveis e os revestimentos primários. A qualidade da superfície de rolamento influencia significativamente os custos de transporte em diferentes tipos de veículos, sendo em rodovias não-pavimentadas os custos dos veículos médios 30% maiores que os pesados nas menores distâncias e nas melhores qualidades de superfície de rolamento.

A qualidade da superfície da pista de rolamento da rodovia é medida pela microrrugosidade e macrorrugosidade. O quociente de irregularidade (QI) expressa numericamente a micro e a macrorrugosidade da superfície da pista de rolamento da rodovia, através dos microdesníveis (mm/km), sendo os valores de QI inversamente correlacionados com a qualidade da rodovia.

Existem quatro métodos básicos para se estabelecer o valor de QI de uma rodovia: o Maysmeter, o Perfilômetro, o Nivelamento Topográfico e o Irregularímetro. As duas primeiras técnicas medem a irregularidade do pavimento através dos deslocamentos verticais do ponto médio do eixo traseiro do veículo-cadastro em relação à carroçaria. Constituem um instrumental de medição muito sofisticado, caro e com eficiência duvidosa nas rodovias não-pavimentadas. O terceiro método, o nivelamento topográfico, consiste em medições do perfil longitudinal do pavimento feitas com nível e mira, determinando-se a irregularidade através da aceleração média quadrática, sendo uma técnica que exige elevada precisão do nivelamento; por isso, é morosa e cara. O último e mais recente método de medição de irregularidade da superfície de rolamento da rodovia é o irregularímetro, desenvolvido por MACHADO et al. (1991), o qual é capaz de medir as acelerações verticais médias quadráticas, através de tensões elétricas geradas pelas vibroacelerações oriundas da micro e da macrorrugosidade da superfície da pista de rolamento da rodovia. Sua vantagem está no baixo custo operacional e na precisão, especialmente nas estradas florestais.

d) Largura da pista de rolamento

A largura da pista de rolamento da estrada é uma variável importante na avaliação de sua qualidade, exercendo influência sobre a velocidade operacional, sobretudo em situações de geometrias horizontal e vertical adversas. MACHADO (1989) estudou a largura da pista de rolamento de uma estrada florestal, agrupando-a em três tipos básicos:

d.1) Pista única

Possui largura inferior a 5 m, sendo recomendada para baixa densidade de tráfego, indiferentemente das classes de veículo de transporte. Todavia, deve apresentar áreas de cruzamento de veículos tecnicamente espaçadas, segundo a visibilidade, densidade de tráfego etc., sendo tais pistas construídas sempre do lado do sentido da viagem vazia, com preferência para o veículo carregado. É comum nas estradas secundárias e terciárias.

d.2) Pista dupla

Permite que dois veículos possam se cruzar ou ultrapassar sem redução drástica da velocidade de operação. A largura da pista de rolamento deve ser superior a 7 m, sendo recomendada em situação de alta densidade de tráfego, para todas as classes de veículos. É comum nas estradas principais.

d.3) Pista semidupla

É uma situação intermediária onde a largura se situa entre 5 e 7 m, sendo recomendada para uma situação de média densidade de tráfego. É comum nas estradas secundárias.

2.3.2. Classificação de pavimentos

De acordo com a Norma Brasileira de Pavimentação, NBR-7.207/82, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), citada por MEDINA (1977),

pavimento é uma estrutura construída após a terraplanagem e destinada, econômica e simultaneamente, em conjunto a:

- Resistir e distribuir no subleito os esforços verticais produzidos pelo tráfego.
- Melhorar as condições de rolamento quanto a comodidade e segurança.
- Resistir aos esforços horizontais que nela atuam, tornando mais durável a superfície de rolamento.

SENÇO (1997) relatou que a pavimentação de estradas deve dar estabilidade à superfície de rolamento, permitindo o tráfego de veículos em qualquer época do ano, representando benefícios para os usuários, como redução dos custos de operação, dos tempos de viagem e de percurso, além de outras vantagens, que podem ser resumidas em economia no custo geral de transporte.

Com relação à classificação de pavimentos, pode-se, em linhas gerais, adotar a Terminologia Brasileira–TB-7, da ABNT, em que os pavimentos são classificados da seguinte forma:

- a) **Pavimentos rígidos:** são aqueles pouco deformáveis, constituídos principalmente de placas de concreto e cimento assentados sobre o solo de fundação ou sub-base intermediária.
- b) **Pavimentos flexíveis:** são aqueles constituídos de revestimento betuminoso sobre uma base granular ou de solo estabilizado. Apresentam deformações até certo limite, porém não levando ao rompimento.

No caso de estradas florestais, segundo MACHADO e MALINOVSKI (1986), os pavimentos podem ser classificados da seguinte forma: rígidos, flexíveis, revestimentos primários e os naturalmente encontrados após a abertura da rodovia. O revestimento primário é o mais comumente encontrado, sendo constituído de uma camada colocada sobre o reforço do subleito ou diretamente sobre este. Essa camada é obtida pela compactação de uma mistura (natural ou preparada) de material argiloso com material granular. A espessura dessa camada deve levar em conta o volume e tipo de tráfego do local, as condições de suporte do subleito; normalmente, varia entre 10 e 20 cm.

2.3.3. Parâmetros geotécnicos de interesse rodoviário

Quanto ao emprego do solo como material de subleito ou camadas do pavimento de rodovias, alguns parâmetros geotécnicos são considerados

importantes para a sua caracterização geomecânica, podendo-se referir a: granulometria; limites de Atterberg, englobando os limites de liquidez (LL) e o de plasticidade (LP); equivalente de areia; compactação (teor ótimo de umidade e peso específico seco máximo); Índice de Suporte Califórnia (ISC ou CBR); e resistência à compressão simples (FERNANDES, 2000).

Os principais parâmetros geotécnicos de interesse na construção de estradas são:

a) Análise granulométrica

Esta análise consiste na determinação das diversas frações, de tamanhos decrescentes, contidas no solo (pedregulho, areia, silte e argila), independentemente de umidade, massa específica, composição mineralógica e forma dos grãos. Ela se processa com o emprego de peneiras padronizadas, apresentando malhas quadradas, segundo o método de ensaio DNER-DPT M 80-64, com a ressalva de que, em estradas, trabalha-se normalmente com o material retido na peneira de abertura nominal de 0,074 mm.

A determinação da curva granulométrica das partículas de diâmetro inferior a 0,074 mm obedece à “Lei de Sedimentação de Stokes”, segundo a qual partículas de mesmo peso específico, em meio aquoso, depositam-se com velocidades proporcionais aos seus diâmetros médios. O resultado do ensaio é uma curva granulométrica, representada em um gráfico que contém, no eixo das abscissas, as aberturas das peneiras (em escala logarítmica) e, em ordenadas, as percentagens das partículas menores do que os diâmetros considerados (em escala aritmética).

b) Limites de liquidez e de plasticidade

Os teores de umidade-limite entre os vários estados de consistência dos solos são denominados limites de consistência de Atterberg, e as suas determinações em laboratório foram padronizadas para fins de engenharia (Casagrande, citado por FERNANDES, 2000).

Um solo estará em estado em que flui entre os dedos, não possuindo nenhuma resistência ao cisalhamento. Reduzindo o seu teor de umidade, ele

tende a adquirir certa resistência ao cisalhamento, assim como um comportamento de características plásticas. Embora a transição do estado líquido para o plástico seja gradativa, definiu-se uma umidade correspondente a uma pequena resistência ao cisalhamento, arbitrariamente fixada, representando o limite entre os dois estados, a qual é chamada de limite de liquidez (LL). Reduzindo mais a umidade do solo, em determinado estágio ele deixará de ser plástico, tornando-se quebradiço; esse teor de umidade é dito limite de plasticidade (LP). Se o solo continua a perder umidade, chegará a um estado em que o volume total da amostra não mais sofrerá diminuição. Esse é o limite de contração (LC). A diferença entre o LL e o LP fornece o intervalo de teores de umidade no qual o solo apresenta-se no estado plástico, denominado Índice de Plasticidade (IP).

Em geral, altos valores de LL significam a existência de materiais suscetíveis ao aumento de volume (expansivos), indesejáveis para construção rodoviária. Nos solos siltosos, o LL varia, comumente, de 25% a 50%; nas argilas, de 40% a 60%, embora tenham sido verificados valores maiores de 100%.

O teor de umidade correspondente ao LP não é suficiente para induzir a uma separação interpartículas, mas leva ao aparecimento de tensões superficiais suficientemente fortes para criarem tensões de contato entre os grãos do solo, de modo que a sua massa passe a comportar-se como material semi-sólido. Logo, uma umidade adicional tornará plástico o solo.

Nas determinações dos limites LL e LP, utilizam-se os métodos do DNER: DPT M 44-64 e DPT M 82-63.

c) Compactação

A compactação dos solos é uma prática muito utilizada na construção de pavimentos. Os principais fundamentos utilizados atualmente baseiam-se nas relações entre o peso específico seco máximo, o teor de umidade e o esforço de compactação.

A técnica de compactação utilizada na construção de estradas fundamenta-se na determinação prévia do teor de umidade mais conveniente para se obter um máximo de compacidade, para determinada energia de compactação. Assim, em um processo de compactação, a compacidade do solo varia com o teor de umidade, atingindo um máximo e, depois, decrescendo. O teor

ótimo de umidade e o peso específico seco máximo dependem, além da energia de compactação, da capacidade de adsorção de água do solo e da sua granulometria. Portanto, é importante o conhecimento da combinação ótima desses fatores para determinada energia de compactação empregada, representada pelo teor ótimo de umidade e pelo peso específico seco máximo. Essas características são determinadas em laboratório, no ensaio de compactação de Proctor, quando se submete uma amostra do solo a uma energia de compactação que, em tese, corresponde à que será aplicada ao solo no campo, no decorrer do processo construtivo da obra. Os ensaios de compactação foram padronizados pelo DNER: DPT M 47-64 e M 48-64 (Proctor, citado por FERNANDES, 2000).

d) Índice de suporte califórnia (ISC ou CBR)

Segundo FERNANDES (2000), este ensaio tem por finalidade determinar a capacidade de suporte de amostras deformadas de solos, segundo um método-padrão. Inclui-se em uma aproximação empírica ao problema de sobrepor camadas de revestimento, base, sub-base e reforço ao subleito de uma estrada.

O CBR é um ensaio de penetração desenvolvido pelo Departamento Estadual de Rodovias da Califórnia para avaliação da resistência dos solos, em que se mede a carga necessária para que um pistão de dimensões padronizadas penetre em um corpo de prova, após imersão por quatro dias, a uma velocidade preestabelecida. O ensaio foi adotado para dimensionamento de pavimentos flexíveis, alcançando, posteriormente, notoriedade internacional. O CBR é computado como a relação, em percentagem, entre a pressão correspondente a determinada penetração e uma pressão-padrão obtida do ensaio de uma brita graduada de elevada resistência.

As etapas do ensaio em laboratório constam de preparação do corpo de prova, embebição deste em água por 96 horas e medida diária das pressões de expansão e penetração do corpo de prova em prensa apropriada. Em seguida, traça-se a curva-pressão versus penetração e procede-se ao cálculo do valor CBR.

2.3.4. Classificação dos solos para estradas

Segundo MACHADO e MALINOVSKI (1986), as estradas florestais apresentam particularidades de construção e de manutenção que as diferem das outras obras. Têm grande desenvolvimento longitudinal, e as cargas aplicadas são de curta duração e de grandes magnitudes, interessando, portanto, às camadas menos profundas, a base do pavimento.

A forma racional para análise dos materiais do pavimento e do subleito das rodovias é a utilização de índices, facilmente determináveis, que agrupam os solos em conjuntos com propriedades semelhantes e permitem, através de uma nomenclatura padronizada, a rápida identificação de suas características de resistência e compressibilidade. Assim, desenvolveu-se a classificação de solos baseada em índices físicos, em que se destacam as análises granulométrica e os limites de consistência (SENÇO, 1997).

No Brasil, o sistema de classificação de solos para estradas florestais normalmente obedece às recomendações do "Highway Research Board (HRB)", sendo comumente encontrada na literatura especializada (LIMA et al., 1996). A classificação HRB é uma adaptação da classificação original da "Public Roads Administration", que se fundamenta na granulometria, no limite de liquidez e no índice de plasticidade dos solos. Essa classificação apresenta importante inovação, que é o Índice de Grupo (IG), que se baseia no desempenho em serviço dos solos e varia em um intervalo de 0 a 20, cujo pior comportamento se refere aos solos com maior índice de grupo.

FERNANDES (2000) citou que o sistema HRB é o mais conhecido e utilizado na classificação dos solos para fins rodoviários, sendo o solo dividido em dois grandes grupos: **granular**, contendo 35% ou menos de material com diâmetro inferior a 0,074 mm e os **finos** (siltoso e argiloso), contendo acima de 35% de material com esse diâmetro. Todavia, os componentes do solo são identificados pelas frações retidas entre peneiras predeterminadas, tendo o material "pedregulho" como aquele que passa na peneira de abertura nominal de 76 mm e fica retido na peneira de 2 mm, a "areia grossa" como aquela retida na peneira de 0,42 mm; a "areia fina" como aquela retida na peneira de 0,074 mm; e as frações "silte" e "argila" como aquelas que passam na peneira de 0,074 mm.

2.3.5. Sistemas de classificação de estradas florestais

As estradas podem ser classificadas de acordo com a sua importância, modo de construção e material empregado, podendo também ser classificadas quanto aos seguintes aspectos (COMASTRI e CARVALHO, 1981):

- Quanto ao aspecto político-administrativo
 - **Estradas federais:** são aquelas que interessam a todo o país, fazendo parte das vias de uma rede de transporte, sendo construídas e mantidas pelo governo federal.
 - **Estradas estaduais:** são as que ligam entre si cidades de um estado, sendo construídas e mantidas pelo governo estadual e subsidiárias das estradas federais.
 - **Estradas municipais:** são aquelas construídas pelo governo municipal, destinadas aos interesses dos municípios.
 - **Estradas vicinais:** são as destinadas à ligação de fazendas ou sítios vizinhos, podendo pertencer ao poder municipal ou particular (florestal).

- Quanto ao fim essencial a que se destinam:
 - principal
 - secundária
 - estratégica

- Quanto à natureza da superestrutura
 - **Estradas de ferro:** são aquelas que apresentam, na sua superestrutura, trilhos, dormentes, material de fixação e lastro.
 - **Estradas de rodagem:** a superestrutura é formada pela pista de rodagem, a qual pode ser ou não pavimentada.

- Quanto às condições técnicas
 - Classe especial
 - Classe I
 - Classe II
 - Classe III

MACHADO (1989) afirmou que existe grande diversidade de sistema de classificação de estradas florestais em todo o mundo, ressaltando-se que poucas empresas possuem um sistema de classificação próprio com os respectivos padrões. Já no Brasil existem muitas divergências quanto à qualidade da rede rodoviária florestal entre as regiões e entre as empresas do setor, em virtude da inexistência de uma classificação de estradas florestais em nível nacional. Todavia, dentre os principais sistemas de classificação existentes, pode-se citar:

a) Sistema austríaco

Essa classificação possui três categorias básicas de estrada florestal: principal, secundária e ramal. No Quadro 1 é fornecida a classificação com respectivas especificações técnicas.

- **Principal:** estrada destinada a conexão e desenvolvimento. Possui bom padrão de construção, permitindo o tráfego de veículos durante todo o ano. Geralmente, é de pista dupla, podendo apresentar revestimento asfáltico nos casos de alta densidade de tráfego.
- **Secundária:** estrada responsável pela divisão das áreas de colheita e pela conexão dos pátios de estocagem de madeira com as estradas principais. Possuem padrão de construção simples, devendo ser usadas em condições climáticas favoráveis.
- **Ramal:** são as rodovias que dividem e conectam as unidades de colheita aos pátios de estocagem, possuindo pista única e não-pavimentada.

Quadro 1 - Sistema austríaco de classificação de estradas florestais

Especificação Técnica	Categoria		
	Principal	Secundária	Ramal
Larg. plataforma (m)	5,0-5,5	4,5-5,0	3,0-4,0
Larg. pista rolamento (m)	3,5-4,0	3,0-3,5	-
Greide máximo (%)	9	10-12	12-16
Greide mínimo (%)	2-3	2-3	3-4
Peso máx. pneu (t)	5-7	5-7	1-1,5

b) Sistema americano

Este sistema possui três categorias, diferindo-se pelo padrão de construção, traçado geométrico e tipo e densidade de tráfego (Quadro 2).

Quadro 2 - Sistema americano de classificação de estradas florestais

Especificação Técnica	Categoria		
	Principal	Secundária	Ramal
Greide máximo (m)	8,0 F ou A ^{1/}	12 F ou A ^{2/}	18 F e 12 A
Grau de curvatura	máximo 40	Máximo 55	Máximo 100
Raio mínimo (m)	30	20	10
Largura da estrada (m)	acima de 6	3,5-4,8	3,0-4,0

F = sentido favorável (declive para veículo carregado).

A = sentido adverso (aclive para veículo carregado).

^{1/} = aceita-se até 10% numa distância máxima de 150 m.

^{2/} = aceita-se até 15% no sentido favorável, numa rampa máxima de 150 m.

c) Sistema brasileiro

No caso brasileiro, destaca-se o Sistema Brasileiro de Classificação de Estradas Florestais (SIBRACEF), desenvolvido por MACHADO (1989). Neste sistema, as normas se baseiam em índices de qualidade que quantificam a qualidade da rodovia, os quais são: geometria horizontal, geometria vertical e irregularidade da superfície da pista de rolamento. O principal objetivo do SIBRACEF é classificar as estradas florestais de modo flexível e, ao mesmo tempo, padronizado, utilizando-se conceitos técnicos de nível internacional.

No Quadro 3, mostra-se um exemplo de classificação de estrada florestal, em que a combinação dos índices foi hierarquizada em função da interação entre cada um e respectivo valor no desempenho do veículo de transporte. As informações foram compiladas da melhor combinação para a pior.

Quadro 3 - Exemplo do sistema brasileiro de classificação de estradas florestais

Classe de Estrada Hierarquizada	Combinação dos Índices de Qualidade		
	GH	GV	QI
1	120	15	90
2	175	15	90
3	120	15	140
4	120	28	90
5	230	15	90
6	120	15	180
7	175	15	140
8	175	28	90
9	120	28	140
10	175	15	180
11	230	15	140
12	120	45	90
13	230	28	90
14	120	28	180
15	230	15	180
16	175	28	140
17	175	45	90
18	120	45	140
19	175	28	180
20	230	28	140
21	230	45	90
22	120	45	180
23	175	45	140
24	230	28	180
25	175	45	180
26	230	45	140
27	230	45	180

Fonte: MACHADO (1991).

2.4. Transporte florestal rodoviário

No Brasil, o transporte rodoviário é o meio predominante devido à extensa malha rodoviária e à oferta de veículos. Segundo MACHADO et al. (2000), o transporte florestal rodoviário é realizado com diferentes tipos de veículos, aproveitando-se das estradas pavimentadas que interligam as regiões do país. Todavia, devido às características de especificidade de carga e exclusividade de frete, o transporte florestal possibilita ao veículo operar carregado somente

em um sentido, fazendo com que os custos sejam maiores por unidade de volume do que em outros setores de transporte. Além disso, o transporte florestal é realizado em função da distância de transporte, do volume de madeira a ser transportada, das condições locais, da capacidade de carga do veículo e dos tipos de equipamentos de carregamento e descarregamento.

A Figura 9 ilustra um Rodotrem (cavalo-mecânico 6X4 + semi-reboque de 3 eixos + reboque de 2 eixos) utilizado no transporte florestal rodoviário.



Fonte: DURATEX

Figura 9 - Rodotrem utilizado no transporte de madeira.

Segundo SEIXAS (1992), a necessidade de garantia do abastecimento de madeira e otimização do uso e adequação dos veículos de transporte reflete-se na necessidade de um planejamento eficiente. Questões como escolha de rotas, definição de frota própria ou de terceiros, turno de trabalho, distância de transporte, tipo de veículo etc. têm proporcionado o desenvolvimento de diversos trabalhos na área de planejamento, procurando fornecer ferramentas na tomada de decisões.

2.5. Valores estéticos e paisagísticos da colheita florestal

O crescimento econômico sustentável requer a revisão de todo o processo produtivo, principalmente com relação às atividades de colheita florestal. Para se atingirem os objetivos em médio e longo prazos, não será somente importante considerar o aspecto técnico, econômico e social, mas também o ambiental.

Segundo RUMMER et al. (1996), a colheita florestal nas empresas é uma atividade, cujo objetivo principal é a obtenção de elevados rendimentos operacionais e com baixos custos, enquanto o aspecto visual ainda não é a principal preocupação nas empresas florestais brasileiras. Segundo Richard Lewis, citado por RUMMER et al. (1996), os valores estéticos e paisagísticos da floresta não devem ser desconsiderados, com a ressalva de que os recursos financeiros aplicados para melhorar a aparência das áreas de colheita devem ser vistos como investimento por parte das empresas. Atualmente, segundo LEUSCHNER (1990), muitos modelos de planejamento da colheita somente focalizam o aspecto temporal e não consideram o aspecto espacial. As decisões envolvem apenas a área da unidade que será colhida em determinado período. Isso tem causado danos significativos aos valores estéticos da floresta, ocasionados por extensas aberturas, causando impactos visuais na paisagem, bem como sobre outros recursos da floresta.

Jones, citado por MAGRO (1997), disse que trabalhos realizados nos Estados Unidos indicam que o aumento dos custos por incluir a preocupação com a estética nas operações de colheita de madeira é em torno de 5 a 6%. A adoção dessas práticas pode diminuir os custos de “marketing”, tornando-se uma vantagem. Além disso, a preocupação da empresa com os valores estéticos reflete-se na melhoria da qualidade ambiental, tendo conseqüências diretas na opinião pública. Assim, o planejamento deve incorporar a preocupação em manter ou melhorar a qualidade visual das áreas de colheita, refletindo diretamente em um melhor balanço entre as necessidades de se praticar a silvicultura e manter a qualidade ambiental.

Todavia, o planejamento somente torna-se possível por meio do uso de sistemas computacionais específicos. Estes permitem estabelecer restrições com o objetivo de limitar ou prevenir a colheita em áreas extensas e a abertura

de grandes clareiras, causando, conseqüentemente, impactos visuais na paisagem e em outros recursos da floresta.

2.6. Planejamento florestal

No Brasil, nos últimos anos, a atividade florestal evoluiu consideravelmente, do ponto de vista técnico. Essa evolução e a escassez de recursos financeiros evidenciaram a necessidade de se planejar e controlar a atividade florestal, condição indispensável para uma adequada gestão dos recursos produtivos.

Segundo SANTOS (2000), o longo prazo das rotações dos povoamentos, a extensão das áreas florestais, a diversidade de fatores ambientais, a política econômica e a própria dinâmica das operações florestais tornaram o planejamento na empresa tarefa complexa. Por isso, o planejamento deve considerar as peculiaridades de cada empresa e o seu ambiente externo e ser desenvolvido de modo a contribuir para a consecução dos objetivos da empresa.

2.6.1. Principais objetivos do planejamento florestal

Os principais objetivos do planejamento florestal na empresa são:

- a) Coordenar os planos operacionais de curto prazo, de forma a atender às metas do plano de longo prazo.
- b) Analisar economicamente os sistemas correntes e alternativos relativos para definição de espécies, regime de manejo e rotação.
- c) Obter, por meio de sistemas de cadastro, informações relativas às plantações, incluindo rendimentos atuais e futuros para quantificar a disponibilidade de madeira.
- d) Fornecer dados e informações necessárias às operações de colheita florestal.

2.6.2. Tipos de planejamento florestal

Segundo SANTOS (2000), para melhor entendimento dos aspectos específicos do processo de planejamento, é importante classificá-lo segundo

alguns critérios bem definidos. Pode-se considerá-lo como uma atividade que analisa e toma decisões ao longo do tempo, podendo ser subdividida em planejamento de curto e longo prazos.

O planejamento de curto prazo aborda problemas que poderão ocorrer em um horizonte de tempo mais próximo da data de decisão. É caracterizado por maior conhecimento e grau de certeza das informações. As decisões tomadas são, geralmente, de aplicação imediata, e seus reflexos e resultados começam a aparecer num tempo mais próximo. No entanto, o planejamento de longo prazo é caracterizado por maior grau de incerteza, tendo caráter mais orientativo e menos de definição de ações imediatas.

2.6.3. Planejamento da colheita florestal

As atividades da colheita são de grande importância dentro do setor florestal, devido à sua elevada participação no custo final do produto e dos inúmeros e complexos fatores técnicos, ambientais, econômicos e humanos, que interferem nas operações. Por isso, o planejamento torna-se uma tarefa essencial, cujo principal objetivo é considerar os fatores que interferem nas operações da colheita, buscando antecipar os problemas e identificar as variáveis envolvidas, para que os impactos sobre a produção e os custos sejam estimados e as correções, em relação ao plano original, sejam efetuadas antes do início das operações, de modo a cumprir as metas de produção estabelecidas no planejamento estratégico e gerencial (SANTOS, 2000).

Segundo MACHADO (1984), devido à complexidade e ao grande número de fatores influentes, três são os processos de planejamento da colheita florestal mais comuns: Método da Tentativa, Imitativo e Científico.

- a) **Método da Tentativa:** o planejador deve possuir grande experiência, pois se baseia em fatos e atos semelhantes ocorridos em situações passadas. Podem surgir situações em que o planejador decidirá intuitivamente ou por suposições, em virtude da ausência, em sua vida profissional, de ocasiões semelhantes.
- b) **Método Imitativo:** o planejador procura subsídios em outras empresas do setor, o que lhe consome pouco tempo e recursos, embora haja risco

de erros em virtude de se basear em adivinhações, palpites e opiniões de outras pessoas.

- c) **Método Científico**: este método se apóia em condições lógicas, por meio de dados coletados em situações reais e, quando possível, extrapolados para novas situações. O método científico trabalha com dados reais, podendo empregar, por exemplo, as técnicas da pesquisa operacional, os sistemas de informações geográficas e os sistemas computacionais específicos, dentre outros.

Outra classificação do planejamento da colheita diz respeito ao aspecto funcional, podendo ocorrer em três níveis hierárquicos: planejamento estratégico, gerencial e operacional (ANDRADE, 1989).

2.6.3.1. Estratégico

Este consiste no planejamento em longo prazo, quando, em razão do consumo da indústria, são definidos os projetos onde será efetuada a colheita, as necessidades de aquisição de novas terras ou compra de madeira no mercado. Nessa etapa são confeccionadas as planilhas de inventário das áreas, de definição do regime de manejo, de seleção dos sistemas de colheita e de elaboração de mapas.

2.6.3.2. Gerencial

O planejamento gerencial pode ser subdividido em macroplanejamento e microplanejamento.

a) Macroplanejamento

O macroplanejamento refere-se ao planejamento em nível de fazendas, abrangendo todos os projetos e talhões. Serve para dimensionar recursos humanos, máquinas e equipamentos, determinar os custos e rendimentos, identificar as condições topográficas das áreas, estabelecer as rotas de transporte, locar as obras necessárias (estradas, pontes e bueiros), definir as áreas críticas de saída da madeira e as necessidades de máquinas de apoio, elaborar o orçamento anual e estabelecer programas de manutenção e apoio

logístico e programas de treinamento e reciclagens. Além disso, são elaborados mapas, que devem conter: volumes por hectare e totais de cada talhão; seqüência de corte; locais para depósito da madeira; definição do local da base de apoio (oficina de campo, “trailers”, tanque de combustível etc.); sentido de alinhamento de plantio; sentido de fluxo da extração; distância média de extração; e rotas de transporte (RIPASA CELULOSE E PAPEL, s.d.).

b) Microplanejamento

O microplanejamento refere-se ao planejamento em nível de talhão, onde são obtidas informações detalhadas necessárias para facilitar a execução das operações. Executado antes do início da colheita, visa à estimativa de volume de madeira em cada talhão, marcação e identificação dos eitos de corte, melhor forma de retirada da madeira, determinação da distância de extração, localização de acidentes naturais do terreno, delimitação das áreas proibidas de corte etc. Além disso, são elaborados mapas, onde são anotadas as seguintes informações: estimativas de volume total e por hectare, área e número de eitos por talhão, ramal-mestre, distância média de extração, sentido de fluxo da extração, disposição das pilhas de madeira e a data prevista para início do corte (RIPASA CELULOSE E PAPEL, s.d.).

2.6.3.3. Operacional

O planejamento operacional é o de nível hierárquico mais baixo dentro da organização, sendo praticamente exercido por todos os setores da empresa. É mais voltado para o desenvolvimento de mecanismos de aferição, coordenação e controle que propiciem condições ao sistema atual para alcançar os objetivos do plano estratégico, dentro das limitações estabelecidas no plano gerencial (SANTOS, 2000).

No planejamento operacional, devem-se identificar, com antecedência, alguns fatores determinantes, quais sejam:

- Área total do projeto e de cada unidade de colheita.
- Volume a ser colhido.
- Características da floresta (espécie, volume/ha, diâmetro, classe etc.).

- Relevô.
- Capacidade-suporte dos solos.
- Distribuição, capacidade e distâncias médias da rede de estradas.
- Informações pluviométricas.
- Disponibilidade de máquinas, equipamentos e mão-de-obra.

Outras variáveis são de difícil determinação e devem ser cuidadosamente avaliadas:

- Mão-de-obra (quantidade e qualidade).
- Regime de manejo florestal.
- Variações climáticas.
- Oscilações do mercado.
- Política da empresa.

Em nível de campo, o planejamento operacional deve ser executado pelo supervisor ou encarregado, por possuírem conhecimento detalhado da área, tendo maiores condições de realizar o respectivo planejamento. É fundamental um bom conhecimento das operações, das atividades interdependentes, dos recursos disponíveis e dos padrões e metas para a área, além de bom senso.

2.6.4. Métodos científicos de planejamento

O uso de métodos científicos no planejamento da colheita florestal é importante na definição da maneira mais correta para se conduzirem as operações, diante de diversas circunstâncias. Além disso, como as variáveis que influenciam a colheita não atuam isoladamente, estas necessitam ser consideradas em conjunto, o que somente é possível com o emprego desses métodos.

No Brasil, somente algumas técnicas da pesquisa operacional e sistemas de informações geográficas vêm sendo utilizados como ferramentas para solução de problemas específicos da colheita florestal. O uso de programas de computador como ferramentas para o planejamento da colheita ainda é recente e pouco conhecido no meio florestal. Todavia, com a introdução de novas tecnologias, as atividades da colheita poderão ser planejadas com maior eficiência, permitindo controlar a maioria das variáveis envolvidas, otimizando

as operações com vistas a elevar a produtividade, minimizar danos ambientais, melhorar a qualidade do produto, garantir a sustentabilidade da floresta e baixar os custos de produção.

2.6.4.1. Técnicas da pesquisa operacional

Um problema clássico de planejamento da colheita é a determinação da unidade que deverá ser colhida, por qual método e quando. Como este problema envolve grande número de variáveis, torna-se fundamental o uso de um modelo de planejamento confiável. Para minimizar o problema, podem-se utilizar técnicas de tomada de decisão que procuram, através de um conjunto de informações disponíveis, idealizar as alternativas de ações possíveis, conciliando as diferentes combinações entre os múltiplos recursos e objetivos a serem atendidos. Isso permite determinar, a partir de uma base de dados e informações consistentes, as opções mais viáveis para elaboração de um plano ideal de ação (YOSHIMOTO et al., 1994).

As técnicas da pesquisa operacional mais utilizadas na tomada de decisão para otimizar o processo de colheita e transporte florestal são: a programação linear, a programação inteira e a inteira-mista, a programação dinâmica, a simulação e o PERT/CPM.

a) Programação linear

A programação linear (PL) apresenta-se como importante ferramenta para otimização da colheita e do transporte. Segundo HILLER e LIEBERMAN (1988), a PL é um dos métodos que tratam de problemas de alocação de recursos limitados entre atividades competitivas de maneira ótima, os quais envolvem a otimização de uma função linear, geralmente expressa na forma de maximização de receita líquida ou de minimização de custos, sujeita a um conjunto de restrições lineares, relacionadas com a disponibilidade dos recursos a serem utilizados. NELSON et al. (1991) disseram que é o método mais flexível por causa de sua habilidade de incorporar grande quantidade de restrições durante a maximização e minimização de uma simples função-objetivo.

De acordo com RODRIGUES (1998), essa técnica pode ser útil na definição de quando, quanto e onde cortar e qual o regime de manejo a ser adotado em cada unidade, respeitando-se as restrições operacionais e de recursos e, ao mesmo tempo, maximizando os retornos ou minimizando os custos sobre os investimentos realizados.

b) Programação inteira (PI) e inteira-mista (PIM)

Para determinados problemas de planejamento da colheita e transporte, o uso da PL não é a melhor técnica para obtenção de solução do ponto de vista operacional, pois esta não pode ter valores fracionados, requerendo solução inteira. Tal situação pode ser exemplificada na alocação de máquinas e recursos, construção de estradas, definição de talhões para corte etc., o que requer uma solução inteira. Por isso, o uso das técnicas de programação inteira (PI) e programação inteira mista (PIM) com variáveis discretas (0,1) pode solucionar muitos desses problemas envolvidos no planejamento da colheita. Todavia, segundo DYSKTRA (1984), a restrição do uso dessas técnicas é a dificuldade na obtenção da solução, aumentando muito a carga computacional e os custos, em comparação com a PL.

c) Programação dinâmica

A programação dinâmica (PD) é uma técnica desenvolvida para melhorar a eficiência de cálculo de certos tipos de problemas da pesquisa operacional, os quais são divididos em subproblemas de menor tamanho e, conseqüentemente, mais fáceis de calcular (ARCE, 1997). A PD é uma técnica que evoluiu devido à sua aplicação em problemas na tomada de decisões relacionadas com o tempo, como os problemas de estoques.

Segundo LEITE (1995), a técnica se aplica a situações em que **estágios** vão se sucedendo seqüencialmente, ressaltando-se que em cada estágio existem os **estados** factíveis e **decisões** que vinculam tais estados aos estados do estágio seguinte. Assim, formular um modelo de PD significa definir um valor apropriado para a tomada de decisão em cada estágio, a relação de recorrência e uma condição de finalização adequada.

d) Simulação

De acordo com LEITE (1995), a simulação refere-se a modelos matemáticos e estatísticos que devem ser implementados em programas de computador. Fazendo um paralelo entre a simulação e a PL, pode-se afirmar que a simulação é um conjunto de técnicas que permitem analisar o funcionamento de um sistema, enquanto a PL formaliza os sistemas e otimiza-os segundo algum critério.

A construção de um modelo de simulação envolve cinco estágios: conceitual, diagramático, matemático, codificação do algoritmo, validação e verificação. Assim, um processo de simulação envolve a modelagem da situação real, a obtenção de dados, a análise dos dados e a simulação, seguida de conclusão. Os modelos de simulação, seguidos de otimização, têm sido utilizados com sucesso.

e) PERT/CPM

O método PERT (“Program Evaluation and Review Technique”) é utilizado quando envolve aspectos probabilísticos e o CPM (“Critical Path Method”), quando há aspectos determinísticos. Nesse sistema, o planejamento é realizado mediante uma rede, em uma seqüência lógica, com as interdependências entre as operações, tendo por finalidade alcançar determinado objetivo. Posteriormente, são colocadas na rede as durações das tarefas para permitir uma análise de otimização de tempo e, ou, de custo e programação em calendário (MARQUES, 1994).

As análises de rede têm tido importantes aplicações na teoria da informação, no estudo de sistemas de transporte e no planejamento e controle de projetos de pesquisa e desenvolvimento. E como resultado, certos aspectos da análise de redes, comumente chamados de teoria do fluxo em rede, estão se tornando instrumentos muito úteis da pesquisa operacional.

Uma aplicação básica da teoria de redes no estudo de sistemas de transporte é encontrar a rota mais curta ou de escolher um conjunto de conexões que forneçam a rota entre dois pontos de uma rede, minimizando a

distância total. Outro problema envolve a alocação de fluxos para minimizá-los por meio de uma rede, a qual conecta a fonte ao destino.

f) Modelos heurísticos

Os modelos heurísticos são procedimentos matemáticos e computacionais que visam à solução de problemas complexos, os quais não poderiam ser obtidos com o uso de outras técnicas da pesquisa operacional. Os modelos heurísticos podem fornecer uma solução ótima com tempo computacional relativamente baixo (YOSHIMOTO et al., 1994). Ainda segundo estes autores, os modelos heurísticos apresentam vantagens e limitações, sendo as principais vantagens as seguintes:

- Fornece rápida e eficiente solução para problemas menores e soluções razoáveis ou próximas do ótimo para grandes problemas.
- Reduz a carga e o tempo computacional e é de baixo custo.
- Permite manipular simultaneamente grande quantidade de variáveis.

Quanto às limitações dos procedimentos heurísticos, cita-se que:

- Apesar de encontrar solução razoável para o problema, ela pode ainda não ser a melhor do ponto de vista técnico e econômico.
- A obtenção da solução ótima pode ser tarefa difícil e não satisfazer o planejador.
- Caso a solução encontrada seja implementada, os custos operacionais poderão ser muitos elevados, inviabilizando a decisão tomada.

2.6.4.2. Sistemas de informações geográficas

Segundo FERNANDES (1997), o SIG é uma tecnologia relativamente nova e está relacionada com várias disciplinas e campos tecnológicos que manipulam dados espaciais, sendo utilizadas no planejamento econômico, territorial e ambiental. RHIND (1991) disse que o SIG possui a capacidade de processamento e análise de dados espaciais, podendo ser definido como equipamentos computacionais, programas e procedimentos concebidos para prover a captura, o gerenciamento, a manipulação, a análise, a modelagem e a visualização de dados espacialmente referenciados para solução de problemas

complexos de planejamento. Para tal, manipulam-se dados de diversas fontes, como mapas, imagens de satélites, cadastros etc., permitindo recuperar e combinar informações e efetuar diversas análises.

Segundo Arnoff e Davis Jr. e Fonseca, citados por FERNANDES (1997), o SIG apresenta, em sua estrutura, quatro componentes básicos:

- **Entrada de dados:** feita a partir de várias fontes, entre as quais dados vetoriais e matriciais (raster) provenientes de fotos aéreas, dados alfanuméricos georreferenciados em papel ou formato digital e dados provenientes de imagens rasters (imagens de satélites).
- **Gerenciamento de dados:** este sistema é conhecido como SGBD (Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados) ou DBMS (**Data Base Management System**). Quanto ao modelo de armazenamento e busca de informações, os SGBD são classificados em seqüencial, hierárquico, de rede, relacional e orientado a objetos.
- **Manipulação e análise de dados:** utiliza técnicas de processamento que lidam com estruturas do tipo matricial e vetorial.
- **Saída:** inclui programas para exibição de mapas, gráficos e informações alfanuméricas em impressora, tela de computador, traçador gráfico, disco magnético, disquetes etc.

A importância do SIG pode ser avaliada pelas suas aplicações nos mais diversos campos do conhecimento humano. De modo geral, esses sistemas têm sido aplicados ao manejo de recursos naturais, ao planejamento urbano e de tráfego, ao planejamento empresarial etc. (FERNANDES, 1997). Todavia, de acordo com RHIND (1991), o SIG necessita ser alimentado com dados do local a ser trabalhado, os quais podem ser de dois tipos: espaciais e de atributo. Os dados espaciais constituem a localização geográfica dos objetos, representados por pontos, linhas e áreas (polígonos). Pode-se citar, por exemplo, a localização de uma floresta plantada, onde os talhões seriam representados por áreas, as estradas por linhas e os entroncamentos das estradas por pontos. Os atributos descrevem as características sobre os objetos aos quais os dados espaciais se referem, como atributos de produtividade para os talhões, atributos de classe de qualidade para as estradas e nomes específicos etc.

Com relação à aplicabilidade do SIG em problemas de colheita florestal, sabe-se que esta ferramenta pode auxiliar na solução de muitos problemas complexos de planejamento. Segundo NAESET (1997), o SIG possui capacidade para resolver problemas geográficos baseados em informações de mapas digitais, associados a uma base de dados de atributos, podendo ser conectado a ferramentas de planejamento e manejo florestal. Além disso, são eficientes para a solução de problemas envolvendo a alocação de equipamentos, construção e manutenção de estradas, rota ótima de transporte, delimitação de áreas de fauna, monitoramento dos estágios de sucessão da floresta, manejo de paisagens etc.

Nos últimos anos, segundo NELSON et al. (1991), o SIG vem, ainda, sendo utilizado como ferramenta para o planejamento espacial de florestas, em que, a partir de modelos definidos, as unidades de corte são arranjadas de modo a não afetar os valores estéticos da floresta e da vida silvestre.

2.6.4.3. Programas computacionais específicos

Os problemas envolvendo a programação da colheita e transporte de madeira têm desafiado os planejadores dentro do setor florestal. Tal fato se deve, principalmente, à complexidade das operações, ao grande número de variáveis envolvidas no processo, a importância de considerar os aspectos ambientais e a necessidade de incorporar os recursos não-madeireiros. Nas últimas três décadas, o uso de programas computacionais tem procurado resolver parte dos problemas através do uso de sistemas de suporte que auxiliam os planejadores na tomada de decisões. Dentre os sistemas de suporte existentes, podem-se incluir as combinações de modelos de simulação, técnicas de otimização, modelos heurísticos e sistema de informações geográficas (THOMPSON, 1997).

Recentemente, os programas computacionais têm procurado resolver muitos problemas de planejamento da colheita e transporte através do uso de dados e modelos para solucionar problemas complexos de difícil solução (THOMPSON, 1997). Em outros países, principalmente nos Estados Unidos, existe grande número de programas computacionais disponíveis como ferramentas para o planejamento florestal. No início, segundo CLUTTER et al. (1992), esses programas foram desenvolvidos, em sua maioria, com base em

modelos de programação linear. Um deles foi o Timber RAM (“Resource Allocation Model”), desenvolvido em 1971 para o “USDA Forest Service”, utilizado para programação da colheita. Outro programa foi o FORPLAN (“Forest Planning”), desenvolvido a partir do Timber RAM, tendo importante função no planejamento de muitas florestais dos Estados Unidos, pois contemplam os valores estéticos e paisagísticos da floresta. Atualmente, podem-se citar alguns programas para o planejamento florestal: Implan, Magis, Spectrum, Teams e Stals-3 (THOMPSON, 1997) e o Forplan (JOHNSON e STUART, 1987).

No Brasil, somente algumas técnicas da pesquisa operacional e sistemas de informações geográficas vêm sendo utilizados como ferramentas de apoio na solução de problemas específicos. O uso de programas de computador específicos como ferramentas para o planejamento da colheita ainda é muito recente e desconhecido pela maioria dos profissionais. O planejamento nas empresas é executado de forma simples, de acordo com a situação particular de cada uma, cujo grau de detalhamento é proporcional à importância da operação e das dificuldades encontradas.

O programa de destaque e completo de planejamento da colheita e transporte florestal é, todavia, o SNAP III (“Scheduling and Network Analysis Program”), desenvolvido pelo Professor John Sessions, da “Oregon State University”, em parceria com o “USDA Forest Service” (SESSIONS e SESSIONS, 1992).

2.6.4.4. Descrição do programa SNAP III

O SNAP III é um programa desenvolvido para auxiliar no planejamento da colheita e transporte florestal, sendo considerados: custos e rendimentos das operações, espécies existentes, destinos e demanda da madeira, fauna terrestre e aquática, restrições de adjacências, maximização das receitas ou minimização dos custos etc.

a) Hardware exigido

O SNAP II foi projetado para operar em ambiente operacional DOS, devendo o equipamento possuir as seguintes características mínimas:

- Computador PC 386 ou superior.
- Processador INTEL ou compatível.
- 4 MB de memória RAM (8 MB para grandes problemas).
- Monitor EGA ou VGA.
- Mouse.

b) Dados exigidos

O SNAP requer três tipos de dados: dados do polígono, dados da rede de trabalho (“Network”) e dados de atributo. Dados do polígono descrevem a sua localização, sendo provenientes do SIG. Os dados da “Network” descrevem a localização dos “links” e “nós” das estradas e da rede de drenagem, sendo provenientes do SIG. Os atributos descrevem as características de cada polígono, “links” e “nós” da “Network”, os quais podem ser provenientes do SIG ou entrados diretamente no SNAP III.

c) Análises executadas

As principais análises que podem ser feitas com o SNAP III são:

✓ Estradas e transporte florestal

O planejamento do transporte é feito a partir das análises da rede de estradas existentes e futuras. Atributos de qualidade e custos de construção e manutenção de cada segmento são considerados nas análises.

O programa otimiza o sistema de transporte, selecionando a rede de estradas de baixo custo de construção e manutenção a serem utilizadas em cada período de colheita. Além disso, as seguintes análises podem ser executadas: verificar se na extração da madeira de um polígono é mais viável, técnica e economicamente, a construção de nova estrada ou executar a extração a longa distância.

Através dos relatórios, é possível visualizar as estradas existentes, a serem reformadas ou construídas, os segmentos de estrada que estão sendo utilizados e a rota de transporte desde o polígono colhido até a indústria.

✓ **Colheita florestal**

O SNAP III permite modelar planos de colheita considerando os seguintes aspectos: localização dos pontos de depósitos da madeira, custos dos sistemas de colheita, distâncias máximas econômicas de extração e parâmetros de qualidade e custos das estradas. A partir das análises, é possível obter os polígonos a serem colhidos, a localização dos depósitos de madeira e os sistemas de colheita utilizados em cada período.

✓ **Distribuição espacial**

O SNAP III executa a colheita respeitando os valores estéticos e paisagísticos da floresta através do estabelecimento de restrições de tamanho máximo de abertura, procurando evitar a abertura de extensas clareiras, evitando os impactos visuais e, conseqüentemente, sobre os outros recursos da floresta, como flora, fauna terrestre e aquática, recursos hídricos etc. Essas análises podem ser executadas em toda a área de planejamento ou restritas em áreas específicas.

✓ **Corredores de fauna**

O SNAP III permite especificar corredores para o deslocamento da fauna terrestre, os quais são estabelecidos a partir de critérios definidos pelo planejador. Os corredores podem mudar de localização de período para período, e uma largura mínima pode ser especificada.

✓ **Rede de drenagem**

O SNAP III permite identificar polígonos situados nas margens dos cursos d'água, determinando os índices de sombra e radiação solar, os quais poderão afetar a fauna aquática. Através da combinação desses índices e da taxa de escoamento, o programa determina a temperatura final em cada segmento dos cursos d'água em cada período de tempo.

✓ **Análise econômica**

O SNAP III permite executar a análise econômica, mostrando a receita líquida obtida com a colheita em cada polígono. Esse valor é obtido através da subtração do valor de mercado da madeira na indústria dos custos de formação da floresta, colheita, estradas e transporte, considerando-se que o polígono foi colhido no primeiro período do horizonte de planejamento, por meio do melhor tratamento silvicultural e dos sistemas de colheita, estrada e rota de transporte.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

Este trabalho foi realizado com dados provenientes da Fazenda Monte Alegre, pertencente à Duratex S.A., empresa que produz madeira serrada para *Pallets*, *MDF* e *Flooring*, situada no município de Agudos, Estado de São Paulo (Figura 10). A fazenda possui área total de 13.592,80 ha, dos quais aproximadamente 11.800 ha são áreas de efetivo plantio.

A região está localizada entre as coordenadas 22°15' e 22° 30'S e 48°45' e 49°00' W. A altitude média é de 550 m, o relevo é predominantemente plano e o solo é caracterizado como Latossolo Vermelho-Escuro. De acordo com a classificação de Köppen, o clima característico da região é do tipo CWA, mesotérmico de inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 21,9 °C e precipitação média mensal de 123 mm.

O povoamento florestal dessa região é composto, predominantemente, pelas seguintes espécies: *Pinus caribaea hondurensis* e *Pinus oocarpa*, com produtividade média de 360 m³ sólido com casca por hectare. O regime de manejo adotado pela empresa é o corte raso executado aos 12 anos de idade.

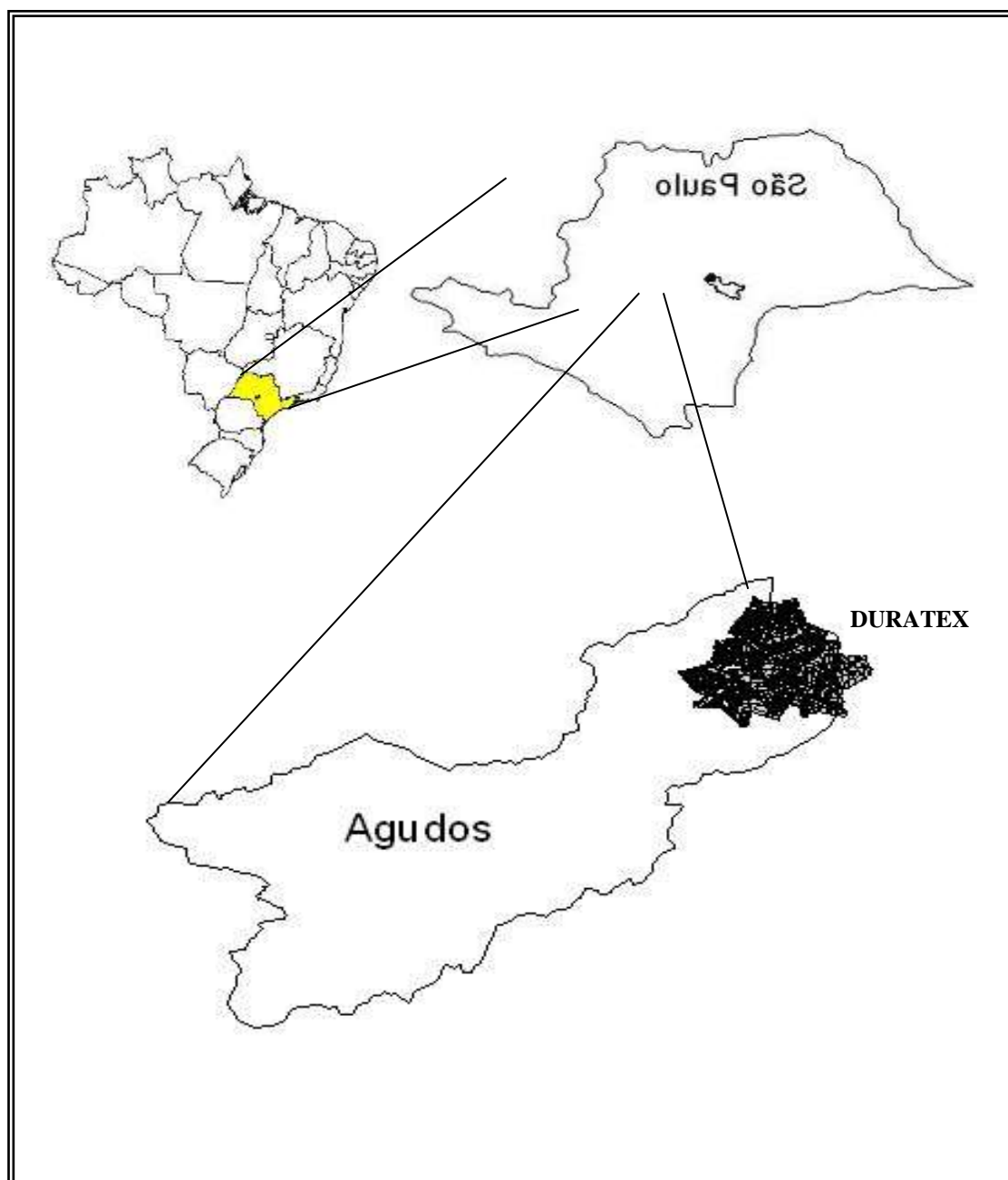


Figura 10 - Localização da área de realização da pesquisa.

3.2. Aspectos considerados no planejamento

Neste trabalho, utilizou-se o programa SNAP III (**Scheduling and Network Analysis Program**), versão 3.19, desenvolvido pelo Professor John Sessions, da “Oregon State University”, em parceria com o “USDA Forest Service”, como ferramenta de apoio no planejamento da colheita e transporte florestal, considerando-se os subsistemas de colheita, as estradas florestais, o transporte florestal e os valores estéticos e paisagísticos da floresta.

O planejamento da colheita visou definir os subsistemas mais adequados, técnica e economicamente, em cada período, através de análises dos custos operacionais, da distância máxima econômica de extração e de análises qualitativas e de custos das estradas. O planejamento do transporte visou determinar a melhor rota de transporte, por meio de análises qualitativas e de custos das estradas, enquanto os valores estéticos e paisagísticos da floresta foram contemplados através de uma adequada distribuição espacial das unidades de colheita, onde se procurou evitar a abertura de extensas clareiras através de restrições de tamanho máximo de abertura.

3.3. Levantamento dos dados

Para aplicação do programa no planejamento da colheita e transporte florestal, obtiveram-se, na empresa, dados e informações relativos aos polígonos (talhões) e às estradas. Além disso, com o objetivo de fornecer informações confiáveis para este trabalho, determinou-se o custo operacional das máquinas em cada subsistema estudado e elaborou-se a classificação de estradas florestais, com o intuito de obter atributos qualitativos e custos de construção e manutenção.

3.3.1. Polígonos e estradas

Os dados dos polígonos e das estradas foram obtidos através de mapas digitais, mapas analógicos e planilhas eletrônicas. Os dados relativos aos polígonos contemplaram as seguintes informações: identificação, espécie, área, idade, volume total e produtividade. Os dados relativos às estradas contemplaram: identificação, largura, greide, geometria horizontal (GH) e tipo de revestimento da pista de rolamento.

3.3.2. Colheita florestal

As análises deste item foram executadas contemplando os subsistemas tecnicamente viáveis para a região de estudo. Para tal, estimaram-se os custos operacionais e de produção das máquinas e subsistemas de colheita, bem como a distância máxima econômica de extração. Deve-se ressaltar que o sistema SNAP considera, nas análises, somente as operações de corte e extração.

As Figuras 11 a 17 ilustram os sete subsistemas de colheita estudados, apresentando uma breve descrição das operações e as respectivas máquinas que compõem cada um deles.

a) Subsistema de colheita 1

O corte é realizado com o “harvester” CAT 320 BL - cabeçote 965 BR e a extração, com o “forwarder timberjack” 1410 6X6 (Figura 11). O “harvester” realiza a derrubada e o processamento de cada árvore individualmente (desgalhamento, destopamento e traçamento) em toras de comprimento previamente estabelecido, sendo as operações realizadas dentro da área de corte. Em seguida, o “forwarder” executa a extração da madeira de dentro da área de corte até a beira do talhão, formando pilhas para posterior carregamento e transporte.

b) Subsistema de colheita 2

O corte é realizado com “slingshot” CAT 320 BL - cabeçote “Risley” e a extração, com o “forwarder timberjack” 1410 6X6 (Figura 12). O “slingshot” realiza a derrubada de cada árvore individualmente, acumulando-as em seu cabeçote até formar um feixe, quando então são processadas simultaneamente (desgalhadas, traçadas e destopadas). Em seguida, o “forwarder” realiza a extração como descrito no subsistema anterior.



(a) Derrubada e processamento



(b) Extração

Figura 11 - Máquinas utilizadas no subsistema 1: “harvester” e “forwarder”.



(a) Derrubada e processamento



(b) Extração

Figura 12 - Máquinas utilizadas no subsistema 2: “slingshot” e “forwarder”.

c) Subsistema de colheita 3

O corte das árvores é realizado com o “harvester timberjack” 2628, cabeçote AFM, e a extração, com o “forwarder timberjack” 1410 6X6 (Figura 13). O “harvester” realiza a derrubada e o processamento de cada árvore individualmente (desgalhamento, destopamento e traçamento) em toras de comprimento estabelecido, sendo essas operações realizadas dentro da área de corte. Em seguida, o “forwarder” realiza a extração da madeira como descrito no subsistema anterior.

d) Subistema de colheita 4

O corte é realizado com o “slingshot” CAT 320 BL - cabeçote “Risley” e a extração, com o “timber hauler” Volvo A25 com reboque (Figura 14). O “slingshot” realiza a derrubada de cada árvore individualmente, acumulando-as em seu cabeçote até formar um feixe, sendo processadas em seguida. Na etapa seguinte, o “timber hauler” realiza a extração da madeira de dentro da área de corte até a beira do talhão, podendo ainda ser transportada diretamente da área de corte até a indústria, quando em distâncias de até 12 km.



(a) Derrubada e processamento



(b) Extração

Figura 13 - Máquinas utilizadas no subsistema 3: “harvester” e “forwarder”.



(a) Corte e processamento



(b) Extração e transporte

Figura 14 - Máquinas utilizadas no subsistema 4: “slingshot” e “timber hauler”.

e) Subsistema de colheita 5

O corte é realizado com o “harvester” CAT 320 BL, cabeçote 965 BR, e a extração, com o “timber hauler” Volvo A25 com reboque (Figura 15). O “harvester” realiza a derrubada e o processamento de cada árvore, enquanto o “timber hauler” realiza a extração da madeira até a beira do talhão.

f) Subsistema de colheita 6

O corte é realizado com “harvester timberjack” 2628 - cabeçote AFM e a extração, com o “timber hauler” Volvo A25 (Figura 16). O “harvester” executa a derrubada e o processamento das árvores, e o “timber hauler” executa a extração.



(a) Derrubada e processamento



(b) Extração e transporte

Figura 15 - Máquinas utilizadas no subsistema 5: “harvester” e “timber hauler”.



(a) Corte e processamento



(b) Extração e transporte

Figura 16 - Máquinas utilizadas no subsistema 6: “harvester” e “timber hauler”.

g) Subsistema de colheita 7

A derrubada das árvores é realizada com “feller buncher” CAT 320 BL com cabeçote “Risley”, a extração com o “skidder” CAT 525 e o processamento com o “slingshot” CAT 320 BL - cabeçote “Risley” (Figura 17).



(a) Derrubada



(b) Extração



(c) Processamento

Figura 17 - Máquinas utilizadas no subsistema 7: “feller-buncher”, “skidder” e “slingshot”.

3.3.2.1. Determinação dos custos operacionais

De acordo com MACHADO e MALINOVSKI (1988), denomina-se custo operacional de uma máquina o somatório de todos os custos resultantes de sua aquisição e operação. Existem três métodos básicos de se calcularem os custos operacionais: por estimativa, contábil e real. Neste trabalho, utilizou-se a

metodologia contábil descrita por MIYATA (1980), acrescida dos custos de manutenção e remuneração de pessoal utilizado por MOREIRA (2000) e do custo de administração, utilizado por VALVERDE (1995).

a) Custos fixos (CF)

São aqueles que não variam conforme as horas trabalhadas, ou seja, ocorrem quando a máquina está em operação ou não. São obtidos pelo somatório dos custos de depreciação, juros e seguros.

- **Depreciação (Dp):** é o modo de se recuperar o investimento original de uma máquina, dada a perda de seu valor com o passar do tempo e uso. A inclusão do seu valor no custo operacional representa a constituição de um capital de reserva para a aquisição de uma nova máquina. Para o cálculo desse custo, utilizou-se o método da depreciação linear representado pela seguinte expressão:

$$Dp = \frac{(Va - Vp - Vr)}{(N \times he)}$$

em que Dp= depreciação (R\$/he); Va = valor de aquisição da máquina + implemento (R\$); Vp = valor de um jogo de pneus (R\$); Vr = valor residual da máquina + implemento (%); N = vida útil econômica estimada da máquina + implemento (anos); e he = horas efetivas de trabalho por ano.

Entende-se por hora efetiva o período de tempo correspondente às horas efetivas de trabalho por ano, em que a máquina realiza um trabalho produtivo, sem interrupções.

$$he = \frac{Nd \times d \times Nt(100 - TD)}{100}$$

em que he = horas efetivas de trabalho por ano; Nd = número de dias trabalhados por ano (dias/ano); d = duração do turno de trabalho (horas); Nt =

número de turnos de trabalho por dia; e TD = tolerância para demoras e dias improdutivos (%).

- **Juros e seguros (JS):** os juros são calculados, aplicando-se ao investimento médio anual (IMA) uma taxa de juros correspondente ao custo de oportunidade que seria aplicado ao capital. Os seguros são os custos que as empresas incorrem devido ao uso ou à posse das máquinas e aos perigos a que estão expostos durante o trabalho, como incêndios e acidentes.

Neste trabalho, utilizou-se uma taxa real de juros e seguros de 15 e 4% a.a., respectivamente, sendo estes custos calculados através da seguinte expressão:

$$JS = \frac{IMA \cdot i}{he}$$

em que JS = custos de juros + seguros (R\$/he); IMA = investimento médio anual (R\$); e i = taxa de juros + seguros anuais (%),

sendo

$$IMA = \frac{(Va - Vr) \times (N + 1)}{2 \times N}$$

b) Custos variáveis (CV)

São os custos que variam, proporcionalmente, com a quantidade produzida ou com o uso da máquina. Foi considerado como custo variável o somatório dos custos de combustíveis, lubrificantes, óleo hidráulico, pneus ou esteiras, manutenção e reparos, transporte de pessoal, transporte de máquinas e remuneração de pessoal.

- **Combustível (Co):** é o custo referente ao consumo de combustível (óleo diesel) pelo motor por hora, sendo calculado pela seguinte expressão:

$$Co = Pu \times c$$

em que Co = custo de combustíveis (R\$/he); Pu = preço de um litro de óleo diesel (R\$/l); e c = consumo de óleo diesel por hora (l/h).

- **Lubrificante (L):** é o custo referente ao consumo de óleo lubrificante e graxa. Este foi calculado com base no percentual dos custos de combustível, o qual variou com a máquina. Os percentuais utilizados foram obtidos nos equipamentos da empresa, os quais foram: “harvesters” (65%), “slingshot” e “forwarder” (30%), “timber hauler” e “skidder” (25%) e “feller-buncher” (20%), cuja fórmula de cálculo foi a seguinte:

$$L = IL \times Co$$

em que L = custo de óleos lubrificantes e graxas (R\$/he); IL = índice de custos de óleos lubrificantes e graxas (%); e Co = custos de combustíveis (R\$/he).

- **Óleo hidráulico (OH):** é o custo referente ao consumo de óleo hidráulico. Este foi calculado com base no índice de 50% dos custos com combustíveis, adotado para todas as máquinas. A fórmula de cálculo foi a seguinte:

$$OH = IOH \times Co$$

em que OH = custo de óleo hidráulico (R\$/he); IOG = índice de custos de óleo hidráulico (%); e Co = custos de combustíveis (R\$/he).

- **Pneus ou esteiras (PE):** os custos de pneus referem-se aos reparos e recapagens dos pneus originais ou à sua substituição por jogos novos e completos durante a vida útil da máquina. Com relação às esteiras, este custo refere-se à aquisição de um par de esteiras. A fórmula de cálculo foi a seguinte:

$$PE = \frac{Npe \times Vpe}{H}$$

em que PE = custo de pneus ou esteiras (R\$/he); Npe = número de pneus ou par de esteiras; Vpe = valor de um pneu ou um par de esteiras (R\$); e H = vida útil do pneu ou esteira (he).

- **Manutenção e reparos (ME):** são os custos referentes a manutenção e reparos mecânicos das máquinas, cuja fórmula de cálculo variou de acordo com a máquina. Para o “forwarder”, “timber hauler” e “skidder”, os custos foram calculados com base no índice de 80% dos custos da depreciação, percentual este utilizado pela empresa. A fórmula de cálculo foi a seguinte:

$$ME = IME \times Dp$$

em que ME = custo de manutenção e reparos (R\$/he); IME = índice de custos de manutenção e reparos (%); e Dp = depreciação da máquina (R\$/he).

Para o “harvester”, o “feller-buncher” e o “slingshot”, os quais possuem sistemas hidráulicos complexos (cabeçote), utilizou-se a fórmula citada por MOREIRA (2000), que foi a seguinte:

$$ME = \left(\frac{Vm}{N \times he} \right) \times 0,50 + \left(\frac{Vi}{N \times he} \right) \times 0,25$$

em que ME = custo de manutenção e reparos (R\$/he); Vm = valor de aquisição da máquina-base (R\$); Vi = valor de aquisição do implemento (R\$); N = vida útil econômica estimada da máquina (anos); e he = horas efetivas de trabalho por ano.

- **Transporte de pessoal (CTP):** são os custos referentes ao transporte de pessoal até o local de trabalho. Eles foram obtidos, dividindo-se o custo mensal pelas horas totais trabalhadas no mês.
- **Transporte de máquinas (CTM):** são os custos referentes ao transporte de máquinas até o local das operações. Eles foram obtidos, dividindo-se o custo mensal pelas horas totais trabalhadas no mês.
- **Remuneração de pessoal (CRP):** são os custos referentes aos salários diretos acrescidos dos encargos sociais e benefícios, como: 13º salário, férias, assistência médica, alimentação, equipamentos de proteção individual (EPI's), vestuário etc. Eles foram obtidos, dividindo-se o custo mensal pelas

horas totais trabalhadas no mês, através da seguinte expressão (MOREIRA, 2000):

$$CRP = \left(\frac{S \times np \times 12}{he} \right) \times ES + \left(\frac{DS \times np \times 12}{he} \right) * ES$$

em que CRP= custo de remuneração de pessoal (R\$/he); S = salário-base do operador (R\$/mês); np = número total de operadores para cada máquina; ES = encargos sociais (%); e DS = despesas sociais (assistência médica, alimentação, EPI's etc.) (R\$).

c) Custos de administração (CAD)

São os custos relacionados com os trabalhos de escritório e supervisão de campo, podendo ser obtidos através de um índice (K), que varia de 5 a 15% dos custos da máquina e de pessoal. Nesse trabalho, os custos de administração foram obtidos, dividindo-se o custo mensal pela quantidade de horas trabalhadas por mês.

3.3.2.2. Determinação do custo operacional total

Este foi determinado pelo somatório dos custos fixos, variáveis e de administração de cada máquina em cada subsistema de colheita analisado, expresso pela seguinte fórmula:

$$CT = CF + CV + CAD$$

em que CT = custo operacional total da máquina (R\$/he); CF = custos fixos (R\$/he); CV = custos variáveis (R\$/he); e CAD = custo de administração (R\$/he).

3.3.2.3. Determinação dos custos de produção

Os custos de produção foram obtidos pela divisão do custo operacional pela produtividade horária de cada máquina que compõe cada subsistema avaliado, através da seguinte expressão:

$$CPr = \frac{CT}{P}$$

em que CPr = custo de produção da máquina (R\$/m³); CT = custo operacional da máquina (R\$/he); e P = produtividade da máquina (m³/he).

3.3.2.4. Determinação da distância de extração

As distâncias máximas econômicas de extração das máquinas em cada subsistema de colheita foram obtidas diretamente na empresa.

3.3.3. Transporte florestal

O planejamento do transporte foi executado através de análises da rede de estrada. Para tal, elaboraram-se classificações de estradas com o intuito de obter informações de qualidade e de custos, as quais foram utilizadas como dados de entrada no SNAP III.

3.3.3.1. Critérios para classificação das estradas florestais

A classificação das estradas quanto à classe foram elaboradas para obtenção de um atributo de qualidade que influencia o desempenho dos veículos de transporte, ao passo que a classificação quanto ao tipo foi elaborada para obtenção dos custos reais de construção e manutenção de estrada.

3.3.3.1.1. Quanto à classe de estrada

Os critérios adotados para classificação das estradas quanto à classe foram a combinação dos seguintes parâmetros de qualidade: geometria horizontal, largura e tipo de revestimento da superfície da pista de rolamento.

a) Geometria horizontal

O índice de geometria horizontal (GH), expresso em m.km, foi calculado pela razão do raio médio de curvas de concordância horizontal de cada

segmento da estrada e do número de curvas por quilômetro, através da seguinte expressão:

$$GH = \frac{R}{NC}$$

em que R = raio médio da(s) curva(s) de um segmento da estrada (m); e NC = número de curvas por quilômetro.

Para classificar as estradas quanto ao índice de GH , utilizou-se a classificação subjetiva de SESSIONS e SESSIONS (1992) transformada para o sistema métrico (Quadro 4).

Quadro 4 - Classificação subjetiva do índice de geometria horizontal

Classificação Subjetiva	GH (m.km)
Excelente	≥ 48
Boa	25 – 47
Média	10 – 24
Ruim	< 10

b) Largura da estrada

- **Estrada de pista simples:** possui pista de rolamento com faixa única e largura inferior a 5 m, permitindo o tráfego de veículos em um único sentido, mas com faixa de ultrapassagem distribuída ao longo da rodovia.
- **Estrada de pista dupla:** possui pista de rolamento com duas faixas e largura superior a 7 m, permitindo que dois veículos possam cruzar ou ultrapassar, sem haver redução drástica da velocidade de operação.

c) Superfície da pista de rolamento

- **Estrada pavimentada:** é aquela revestida com concreto betuminoso ou concreto com cimento que permite o tráfego de veículos durante todo o ano.

- **Estrada com revestimento primário:** é aquela revestida com material grânular (saibros, piçarras, cascalhos etc.) que permite o tráfego durante todo o ano.
- **Estrada sem revestimento:** é aquela que não apresenta qualquer tipo de revestimento e onde, geralmente, não ocorre o tráfego de veículos durante a época chuvosa.

As classes de estradas obtidas foram hierarquizadas da melhor para a pior, utilizando-se como referência o desempenho do veículo de transporte. Para tal, utilizou-se o sistema TRANSROAD, desenvolvido por MACHADO (1991), para simulação da velocidade média de um veículo 6X4 com 200 cv de potência e carregado com 20 toneladas de peso bruto total (PBT).

3.3.3.1.2. Quanto ao tipo de estrada

Em função de restrições do SNAP III, foram elaboradas duas classificações relativas ao tipo de estrada, sendo a primeira para obtenção dos custos de construção e a segunda para obtenção dos custos de manutenção. O critério adotado para classificação visando à obtenção dos custos de construção foi a combinação dos seguintes parâmetros de qualidade: largura, tipo de superfície da pista de rolamento, geometria horizontal, relevo e tipo de solo do subleito da estrada. Os três primeiros foram os mesmos descritos anteriormente, enquanto para o greide e tipo de solo do subleito se procedeu da seguinte forma:

a) Greide

Os critérios de classificação quanto ao relevo foram convencionados em:

- Estrada com greide inferior ou igual a 5% (relevo plano).
- Estrada com greide entre 6 e 8% (relevo ondulado).
- Estrada com greide entre 9 e 15% (relevo montanhoso).

b) Solos de subleito

Para classificação dos solos de subleito, adotou-se a classificação "Highway Research Board" (HRB), dividindo os solos em dois grandes grupos (SENÇO, 1997):

- **Solos granulares:** constituídos por material granular contendo 35% ou menos de material com diâmetro menor que 0,074 mm.
- **Solos finos:** constituídos de material siltoso e argiloso contendo mais do que 35% de material com diâmetro menor que 0,074 mm.

Com relação à obtenção dos custos de manutenção, a classificação foi elaborada nos seguintes parâmetros: tipo de solo de subleito, relevo e jurisdição. Para a variável tipo de solo e relevo, utilizaram-se os critérios descritos anteriormente, enquanto para a jurisdição se procedeu da seguinte forma:

- **Estrada federal:** é aquela de interesse de todo o país, sendo construída e mantida pelo governo federal.
- **Estrada estadual:** é aquela que liga entre si cidades e a capital de um estado, sendo construída e mantida pelo governo estadual e subsidiária das estradas federais.
- **Estrada municipal:** é a construída pelo governo municipal e se destina ao interesse de um município ou de municípios vizinhos.
- **Estrada florestal:** é a estrada pertencente à empresa florestal, sendo construída e mantida por esta.

Devido às restrições do SNAP III, esta classificação foi utilizada para as estradas com as seguintes características: duas pistas de rolamento e pavimentadas, duas pistas de rolamento e com revestimento primário, uma pista de rolamento e pavimentada, uma pista de rolamento e com revestimento primário e uma pista de rolamento e sem revestimento.

3.3.3.2. Classificação das estradas da área de estudo

Para execução das análises no SNAP III, foram consideradas todas as estradas da área de estudo, as quais foram previamente agrupadas em três categorias: estradas principal, secundária e terciária. Em função da extensão da malha rodoviária e da pouca variabilidade de dentro de cada categoria, obtiveram-se os valores de largura, tipo de superfície da pista de rolamento, GH e greide de alguns segmentos, generalizando os valores médios encontrados para todos os segmentos dentro de cada categoria.

O procedimento para obtenção dos valores de largura, GH, tipo de superfície da pista de rolamento, greide e tipo de solo de subleito dentro de cada categoria foi o seguinte:

a) Largura

A largura foi determinada através de informações obtidas no banco de dados fornecido pela empresa e por meio de levantamento de campo para aferição dos valores com o uso de trena.

b) Geometria horizontal

Os índices de GH foram obtidos pela razão do raio médio e pelo número de curvas por quilômetro, cujas informações foram obtidas através de levantamento preliminar de campo para aferição dos valores com uso de teodolito, mira e trena.

c) Superfície da pista de rolamento

O tipo de revestimento da superfície de rolamento foi determinado através de mapa analógico fornecido pela empresa e por meio de reconhecimento de campo para aferição.

d) Greide

O greide das estradas foi determinado através de informações obtidas na empresa.

e) Solo de subleito

A determinação do tipo de solo de subleito das estradas foi feita através de ensaios geotécnicos, obedecendo-se às recomendações da NBR 6457/86. Para tal, foi efetuada a coleta de amostras, utilizando-se a carta de solos da empresa, a qual estava estratificada em seis perfis. Procedeu-se, então, à coleta de uma amostra nas estradas principal, secundária e terciária em cada perfil. Os ensaios geotécnicos realizados foram:

- **Análise granulométrica conjunta:** as análises granulométricas foram executadas na porção do solo que passou na peneira de número 10, obedecendo-se à norma NBR 7.181/82 - Solos.
- **Massa específica do solo:** as determinações de massa específica de todas as amostras de solos seguiram a norma NBR 6.508/80 - Determinação da massa específica dos grãos de solo.
- **Limites de Atterberg:** as determinações dos limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) seguiram as normas NBR 6.459/84 e 7.180/94.
- **Ensaio de compactação:** a determinação da massa específica seca e da umidade ótima dos solos foi realizada através dos ensaios de compactação, conforme método AASHTO-Proctor Normal, correspondente à NBR 7.182/82. Para tal, utilizaram-se apenas cinco amostras de solo, devido à semelhança entre elas. As amostras foram separadas em dois grupos, de acordo com o resultado do ensaio de granulometria: teor de argila inferior e igual a 10% e acima de 10%.
- **CBR:** com a finalidade de se conhecer a capacidade de suporte dos solos, foi determinado o índice de CBR das cinco amostras utilizadas no ensaio anterior, conforme procedimento recomendado pela norma NBR 9895/87. No tocante aos corpos de prova, trabalhou-se com o teor ótimo de umidade e peso específico seco máximo determinados nos ensaios de compactação. Utilizou-se o valor do CBR, encontrado nos ensaios.

f) Jurisdição

A jurisdição foi determinada através de mapas analógicos e informações obtidas na empresa.

3.3.3.3. Estimativa de custos de construção e manutenção

Os custos de construção foram estimados para todos os tipos de estradas possíveis de ocorrer no setor florestal obtidos na classificação previamente elaborada. Os custos de manutenção foram estimados para as três categorias de estradas de ocorrência na área de estudo, através de informações obtidas no mercado.

3.3.3.3.1. Construção de estrada

O custo de construção de estrada foi estimado através do somatório dos custos das atividades envolvidas na construção: levantamento topográfico; limpeza e terraplanagem, drenagem e pavimentação (revestimento primário ou asfáltico). Estes foram obtidos pela divisão dos custos operacionais das máquinas e equipamentos pelas respectivas produtividades, cujas informações foram obtidas no mercado e no Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG).

a) Levantamento topográfico

Os custos com levantamento topográfico referiram-se aos serviços realizados por uma equipe de um topógrafo e três ajudantes.

b) Limpeza e terraplanagem

Os custos de limpeza e terraplanagem referiram-se às atividades de corte de árvores, destoca, remoção de resíduos, remoção de matéria orgânica e execução de corte, aterro e compactação.

c) Drenagem

Os custos de drenagem referiram-se à construção de bueiros e sarjetas e à colocação de manilhas.

d) Pavimentação

Os custos deste item foram subdivididos em: pavimentação com revestimento primário (cascalho) obtido em jazida a uma distância média de 5 km e com 10 cm de espessura; e pavimentação com revestimento asfáltico, com espessura de 3 cm e base de 20 cm. Os custos de pavimentação asfáltica foram estimados a partir de informações do DER-MG, considerando-se as seguintes atividades: regularização do subleito; escavação de material de jazida, revestimento primário, imprimação, pintura de ligação e concreto betuminoso usinado a quente (CBUA), conforme mostrado no Quadro 5.

Quadro 5 - Planilha de custo de pavimentação asfáltica

Atividades	Unidade	Preço Unitário (US\$)
Regularização do subleito	m ²	0,33
Escavação de material de jazida	m ³	1,58
Revestimento primário	m ³	2,25
Imprimação	m ²	0,05
Pintura de ligação	m ²	0,15
Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)	m ³	64,30

Fonte: DER-MG (1999).

A escavação de material de jazida referiu-se a obtenção e transporte do material até o local de utilização, enquanto o revestimento primário se referiu à realização do espalhamento e à compactação desse material.

3.3.3.3.2. Manutenção de estrada

A manutenção de estrada é a obra que assegura a conservação da pista de rolamento e do solo da estrada, garantindo a trafegabilidade e a adequada distribuição das águas pluviais. O custo de manutenção é de difícil obtenção, pois existem diversos fatores influentes, como solo, relevo, padrão de construção, nível de tráfego etc. Devido a essa dificuldade, obtiveram-se no mercado valores médios estimados para as três categorias de estradas (principal, secundária e terciária). Tais valores foram, então, utilizados como padrão para estimativa dos custos de manutenção nas categorias de estradas encontradas na área de estudo.

3.4. Estudo de caso utilizando o programa SNAP III no planejamento da colheita e transporte florestal

Utilizou-se o programa SNAP III como ferramenta de apoio à decisão no planejamento da colheita e transporte florestal. Apesar de o sistema permitir diversas análises, consideraram-se, neste trabalho, somente os aspectos relativos à colheita florestal, ao transporte e aos valores estéticos e paisagísticos da floresta. Devido a restrições do SNAP III, os dados de entrada foram convertidos para o sistema de medida inglês, sendo, porém, os resultados transformados para o sistema métrico.

3.4.1. Processamento e entrada dos dados

A entrada dos dados de polígonos e estradas no SNAP III foi feita a partir de mapas digitais fornecidos pela empresa, os quais estavam digitalizados no CAD **MicroStation SE**. Como a entrada dos dados no SNAP III deve ser feita a partir do sistema de informações geográficas **ArcInfo UNIX**, eles foram previamente convertidos para o **ArcInfo NT** (versão 8.01), para edições e construção do banco de dados. Em seguida, os mapas foram convertidos para o SNAP III através do Arc2SNAP, que é um aplicativo composto de AMLs (linguagem de programação do ArcInfo) e programas em **C**, desenvolvidos para facilitar a transferência de coberturas de linhas, polígonos e de atributo do **ArcInfo UNIX** para o formato SNAP III.

Como não havia informações de produtividade da floresta em cada polígono, utilizou-se, neste trabalho, a produtividade média da empresa para a região do estudo.

3.4.2. Estruturação dos dados no SNAP III

A entrada dos dados relativos à colheita, às estradas, ao tratamento silvicultural e à demanda de madeira foi realizada diretamente no SNAP III, utilizando-se vários ambientes. Os principais editores e respectivos procedimentos estão descritos a seguir:

3.4.2.1. Editor de definições

Este editor foi utilizado para definir os códigos referentes aos estágios serais ou estados sucessionais da floresta e a descrição dos tratamentos silviculturais e de atributos da área de estudo, conforme mostrado na Figura 18.

O estágio seral refere-se ao estágio sucessional da floresta e o tratamento silvicultural ao sistema de manejo adotado (corte raso, desbaste, não corte etc.), enquanto os atributos à caracterização da área do projeto foram definidos conforme o interesse do planejador, como relevo, tipo de solo, aspecto etc.

Neste trabalho, o estágio seral foi definido como as diferentes idades de cada polígono, ou seja: idade 1, idade 2, idade 3, . . . , idade 12, sendo isso devido ao regime de manejo adotado na empresa, em que a colheita é executada aos 12 anos de idade da árvore. Como na área de estudo havia grande quantidade de polígonos com idade superior a 12 eles, estes foram considerados nas análises como pertencentes a esta idade. As opções de tratamentos silviculturais consideradas nas análises foram: “corte raso” ou “sem corte”, enquanto o atributo foi atribuído a toda a área de planejamento.

3.4.2.2. Editor de sistema de colheita florestal

Este editor foi utilizado para definir os subsistemas de colheita utilizados nas análises, com os respectivos custos e a distância máxima econômica de extração (Figura 19).

```

File: PROJETO1.DEF          CODE DEFINITIONS EDITOR          26-Apr-1  3:32 pm
-----
Code   Seral Stage   Silv. Treatment   Unit Attribute
number Description      Description        Description
-----
1 →   IDADE1
2 →   IDADE2
3 →   IDADE3
4 →   IDADE4
5 →   IDADE5         CORTE RASO
6 →   IDADE6
7 →   IDADE7
8 →   IDADE8
9 →   IDADE9
10 →  IDADE10        NAO CORTE
11 →  IDADE11
12 →  IDADE12
13 →
14 →
15 →
16 →
-----
1 find  2      3      4      5 copy  6 del  7      8 last  9 fill 10 help
1      2 reset 3 load  4 save  5 print 6      7      8      9      10 exit
EE (To access functions in white, press ALT together with the function key)

```

Figura 18 - Editor de definições de estágio seral e tratamento silvicultural.

```

File: PROJETO3.SYS          HARVEST SYSTEM EDITOR          24-May-1  2:45 pm
-----
Editor   System   Sys   Total   Max   Yarding Yrd coef   Other   Silv. Treat
line #   name/label #   $/MBF  EYD   $/MBF  $/MBF/FT  $/MBF  group label
-----
1:*     SUBSISTEMA1  1   7.67   350                2.74
2:*     SUBSISTEMA2  2   7.29   350                2.74
3:*     SUBSISTEMA3  3  11.33   350                2.74
4:*     SUBSISTEMA4  4  10.76  12000
5:*     SUBSISTEMA5  5  11.14  12000
6:*     SUBSISTEMA6  6  14.80  12000
7:*     SUBSISTEMA7  7   7.40   300                2.74
8:*
9:*
10:*
11:*
12:*
13:*
14:*
15:*
16:*
-----
1 find  2 def  3      4 sort  5 copy  6 del  7      8 last  9 fill 10 help
1      2 new  3 load  4 save  5 print 6 group labels  8 land  9 sale 10 menu
      (To access functions in white, press ALT together with the function key)

```

Figura 19 - Editor de definições do subsistema de colheita.

Foram utilizados sete subsistemas de colheita viáveis, tecnicamente, para a região do estudo, conforme descrito anteriormente. Em razão de os custos dos subsistemas 4, 5 e 6 contemplarem o “timber hauler” executando as operações de extração e transporte, considerou-se, para os outros subsistemas, um custo adicional de transporte para fins de equiparação, cujo valor foi obtido na empresa. Esse custo foi de US\$1,16/m³, considerando-se um veículo 6X4 com semi-reboque de três eixos e reboque de 2 eixos operando em uma distância média de transporte de 12 km.

3.4.2.3. Editor de tratamento silvicultural

O editor de tratamento silvicultural foi utilizado para definir como os efeitos de cada tratamento silvicultural interferem no povoamento dentro de determinados estágio seral e período. Os efeitos incluem a percentagem de volume de madeira removido, a percentagem de crescimento anual da floresta de um período ao outro e o estágio seral resultante após a intervenção, conforme visto na Figura 20.

Edit ln #	Per num	Present Seral Stage	Silvicultural treatment	% Cut	%Ann. Grwth	Resulting Seral Stage	RESERVED-COLUMNS
1:*		IDADE1	NAO CORTE	0	130.00	IDADE2	
2:*		IDADE1	CORTE RASO	100	130.00	IDADE1	
3:*		IDADE2	NAO CORTE	0	100.00	IDADE3	
4:*		IDADE2	CORTE RASO	100	130.00	IDADE1	
5:*		IDADE3	NAO CORTE	0	50.00	IDADE4	
6:*		IDADE3	CORTE RASO	100	130.00	IDADE1	
7:*		IDADE4	NAO CORTE	0	34.00	IDADE5	
8:*		IDADE4	CORTE RASO	100	130.00	IDADE1	
9:*		IDADE5	NAO CORTE	0	25.00	IDADE6	
10:*		IDADE5	CORTE RASO	100	130.00	IDADE1	
11:*		IDADE6	NAO CORTE	0	20.00	IDADE7	
12:*		IDADE6	CORTE RASO	100	130.00	IDADE1	
13:*		IDADE7	NAO CORTE	0	17.00	IDADE8	
14:*		IDADE7	CORTE RASO	100	130.00	IDADE1	
15:*		IDADE8	NAO CORTE	0	15.00	IDADE9	
16:*		IDADE8	CORTE RASO	100	130.00	IDADE1	

1 find 2 def 3 4 sort 5 copy 6 del 7 8 last 9 fill 10 help
 1 2 new 3 load 4 save 5 print 6 7 8 silv presc 10 menu
 (To access functions in white, press ALT together with the function key)

Figura 20 - Editor de definições do tratamento silvicultural.

A taxa de crescimento da floresta utilizada foi baseada em informações obtidas na empresa. Como o incremento médio na região de estudo é de 30 m³/ha/ano e o corte é executado aos 12 anos de idade, projetou-se uma taxa de crescimento da floresta entre cada período, de forma que o volume total médio no período de corte atingisse 360 m³/ha. No Quadro 6, mostram-se a taxa de crescimento e o volume por hectare resultante no final de cada período.

Quadro 6 - Taxa de crescimento da floresta e volume resultante

Período	Taxa de Crescimento (%)	Volume (m ³ /ha)
0 – 1	130,0	30
1 – 2	100,0	60
2 – 3	50,0	90
3 – 4	34,0	120
4 – 5	25,0	150
5 – 6	20,0	180
6 – 7	17,0	210
7 – 8	15,0	240
8 – 9	13,0	270
9 – 10	11,0	300
10 – 11	10,0	330
11 – 12	9,0	360

3.4.2.4. Editor de estradas

Este editor foi utilizado para definir os custos de construção de estradas (Figura 21), caso haja proposta de construção de novos trechos ou completa reforma das estradas. Neste editor, o tipo do terreno considerado trata da combinação do padrão da estrada e do terreno, considerado-se neste trabalho como sendo o “tipo de estrada”. As análises contemplaram somente as estradas existentes, não havendo propostas de construção de novos trechos.

Para determinação dos custos de manutenção, utilizou-se o editor de manutenções da Figura 22. Neste, os custos foram estimados para os seguintes tipos de estradas de ocorrência na área de estudo: estrada dupla

```

File: PROJETO1.TEM          ROAD TEMPLATES EDITOR          26-Apr-1  5:08 pm

TERRAIN TYPE -->          #1          #2          #3          #4          #5
-----
TERRAIN NAME              22          28          35          |          |
ESTIMATED 1000 $/MILE    14          6          5          |          |
CUT SLOPE (%)
FILL SLOPE (%)
RUN SURFACE, FT
DITCH WIDTH, FT
CLR & GRB, $/AC
EXC COMM, $/CY
EXC ROCK, $/CY
END HAUL, $/CY
END HAUL, % SLOPE
SURF COST, $/CY
SURF COST, $/SY
SEEDING, $/AC
TURNOUTS PER MILE
-----

1  2  3  4  5 copy  6 del  7  8  9  10 help
1  2 new  3 load  4 save  5 print  6  7  8  9  10 menu
  (To access functions in white, press ALT together with the function key)

```

Figura 21 - Editor de custos de construção de estrada.

```

File: PROJETO3.MCD          MAINTENANCE CLASS EDITOR          24-May-1  2:47 pm

Maint.  2 lane paved  2 lane grav  1 lane paved  1 lane grav  1 lane dirt
class#  ($/mbf/mi)   ($/mbf/mi)   ($/mbf/mi)   ($/mbf/mi)   ($/mbf/mi)
-----
8: *
9: *
10: *
11: *
12: *
13: *
14: *
15: *
16: *          0.75          0.45          0.15
17: *
18: *
19: *
20: *
21: *
22: *
23: *

1 find  2 def  3  4 sort  5 copy  6 del  7  8 last  9 fill  10 help
1 truck 2 new  3 load  4 save  5 print  6  7  8  9  10 menu
  (To access functions in white, press ALT together with the function key)

```

Figura 22 - Editor de custos de manutenção de estrada.

com revestimento primário, estrada dupla sem revestimento e estrada simples sem revestimento. Os custos foram estimados para a classe 16, definida na classificação elaborada e com base em informações obtidas no mercado. Os valores de custos de manutenção considerados no editor foram estimados para as três categorias de estradas, através da seguinte expressão:

$$CM = \frac{C \times D}{VT}$$

em que CM = custo médio de manutenção de estrada (R\$/m³); C = custo fixo de manutenção de estrada (R\$/km/ano); D = distância média de transporte (km); e VT = volume total de madeira transportada por ano (m³/ano).

3.4.2.5. Editor de destino da madeira

Este foi utilizado para definir a localização da indústria na rede, as espécies a serem colhidas e o preço de mercado da madeira (Figura 23).

A indústria está localizada sobre o nó 6.485 e o preço de mercado da madeira sólida com casca foi estimado em US\$13,09/m³, correspondente a US\$30,90/m³ de madeira serrada, cujo valor foi obtido na empresa. Esse valor foi utilizado pelo programa para execução de análise econômica da colheita em cada polígono. O cálculo é feito descontando o valor de mercado da madeira pelos custos de colheita, transporte e estradas. A coluna relativa ao período foi deixada vazia, significando que o preço especificado se aplica em todo o horizonte de planejamento.

3.4.2.6. Editor de restrições de adjacência

Este editor foi utilizado para controlar o tamanho máximo de abertura na área de planejamento de acordo com o atributo do polígono e o estágio seral, podendo ser aplicado em toda a área de planejamento ou em áreas com um atributo específico (Figura 24).

O editor de restrições de adjacência permite controlar a colheita de polígonos adjacentes, de modo que não excedam a uma área máxima previamente especificada, evitando o corte raso de extensas áreas e, conseqüentemente,

```

File: PROJETO.MIL      MILL EDITOR      24-May-1  3:20 pm
-----
Editor      Network      Mill price      This column
line #      Mill name      mill node      $/MBF      Spec #      Per #      is reserved
-----
1:*          FABRICA          6485          31          1
2:*
3:*
4:*
5:*
6:*
7:*
8:*
9:*
10:*
11:*
12:*
13:*
14:*
15:*
16:*

1 find  2 def  3      4 sort  5 copy  6 del  7      8 last  9 fill 10 help
1 attr  2 new  3 load  4 save  5 print 6      7      8      9      10 menu
      (To access functions in white, press ALT together with the function key)

```

Figura 23 - Editor de localização da indústria e preço da madeira.

```

File: PROJETO1.ADJ      ADJACENCY EDITOR      26-Apr-1  3:35 pm
-----
ATTRIBUTE NO. -->      1          2          3          4          5
=====APEA TOTAL===== label=no label=no label=no label=no
MAX SIZE OPENING (HA): | 25 | | | | |
-----
1) IDADE1 | limit | | | | |
2) IDADE2 | limit | | | | |
3) IDADE3 | limit | | | | |
4) IDADE4 | limit | | | | |
5) IDADE5 | limit | | | | |
6) IDADE6 | limit | | | | |
7) IDADE7 | limit | | | | |
8) IDADE8 | limit | | | | |
9) IDADE9 | limit | | | | |
10) IDADE10 | limit | | | | |
11) IDADE11 | limit | | | | |
12) IDADE12 | limit | | | | |
13)
14)
=====
1      2 def  3      4      5      6 del  7 conditional treatment 10 help
1 attr 2 reset 3 load 4 save 5      6 specify ties between attrs 10 menu
      (To access functions in white, press ALT together with the function key)

```

Figura 24 - Editor de definição de restrições de adjacência.

impactos visuais e danos aos valores estéticos e paisagísticos da floresta. Neste trabalho, utilizou-se a função “limit”, significando que a restrição se aplica nos polígonos em todas as idades.

3.4.2.7. Editor de demanda

Este editor foi utilizado para especificar a demanda de madeira, o horizonte de planejamento e a taxa de desconto (Figura 25).

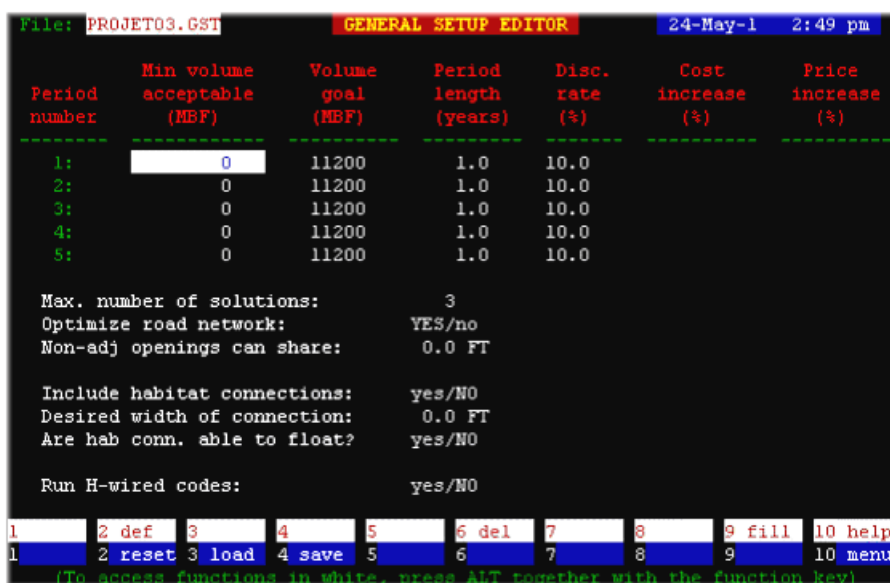


Figura 25 - Editor de definição de demanda.

3.4.3. O problema

Como o objetivo principal deste trabalho foi testar a aplicabilidade do programa SNAP III como ferramenta de planejamento, executaram-se as análises na área de estudo em três cenários:

- Cenário 1:** demanda da serraria 35.680 m³/ano de madeira sólida com casca, correspondente a 11.200 mbf/ano e tamanho máximo de abertura de 25 hectares (62 acres).

b) **Cenário 2:** demanda da serraria 35.680 m³/ano de madeira sólida com casca e tamanho máximo de abertura de 50 hectares (124 acres).

c) **Cenário 3:** demanda da serraria 35.680 m³/ano de madeira sólida com casca e tamanho máximo de abertura de 100 hectares (248 acres).

O símbolo mbf (“1.000 board feet”) é uma unidade de volume de madeira serrada equivalente a 2,360 metros cúbicos. Na conversão anterior, considerou-se uma perda na serraria de 35%.

Em todos os cenários, consideraram-se os mesmos subsistemas de colheita e tratamento silviculturais. As análises contemplaram um horizonte de planejamento de 12 anos, com um ano de duração para cada período. Nas análises econômicas, considerou-se uma taxa de desconto de 10% ao ano, enquanto as taxas de aumento dos custos operacionais e do preço de mercado da madeira foram mantidas constantes.

Para que os valores apresentados neste trabalho possam ser corrigidos em qualquer época, verificou-se a taxa de câmbio (dólar comercial) na época da coleta dos dados, que foi de US\$1,00, equivalendo a R\$1,78 (abril de 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho foram estruturados da seguinte forma: estimativa dos custos operacionais e de produção de cada máquina dos sete subsistemas de colheita, classificação e obtenção dos custos de construção e manutenção de estradas florestais e aplicação do programa SNAP III no planejamento da colheita e transporte florestal.

4.1. Colheita florestal

Os custos operacionais e de produção das máquinas e dos subsistemas de colheita e as distâncias máximas econômicas de extração são apresentados nos tópicos subseqüentes.

4.1.1. Custos operacionais e de produção

Nos itens subseqüentes são apresentados os custos operacionais das máquinas avaliadas. Neste trabalho, utilizaram-se a produtividade média e a eficiência operacional das máquinas para a região de estudo, cujos valores foram obtidos na empresa.

4.1.1.1. Máquinas utilizadas no corte florestal

a) “Harvester” CAT 320 BL

Na determinação do custo operacional do “harvester” CAT 320 BL, foram consideradas uma eficiência operacional de 74,0% e uma taxa de juros anuais de 15% como base de cálculo. A partir dos dados técnicos e operacionais, encontrou-se um custo operacional de US\$39,54/hora, distribuídos em 40,8% de custos fixos, 57,0% de custos variáveis e de 2,2% de custos administrativos.

De acordo com a Figura 26, dentre os custos totais, o custo de depreciação foi o mais representativo dos custos fixos, com 27,2%, seguido pelos juros, com 10,8%. Dentre os custos variáveis, os mais representativos foram os custos de remuneração de pessoal, de manutenção e reparos e de combustíveis, com 19,7; 14,7; e 8,5%, respectivamente.

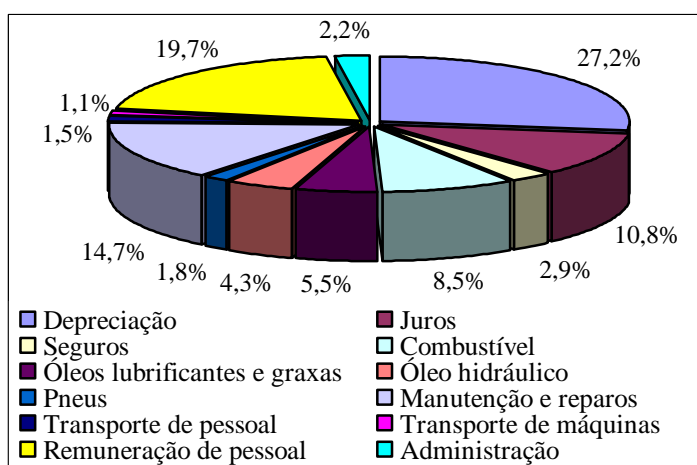


Figura 26 - Composição dos elementos do custo operacional do “harvester” CAT320BL.

Considerando o custo operacional encontrado e a produtividade de 21 m³/hora, obteve-se um custo de produção de US\$1,83/m³.

b) “Harvester timberjack” 2628

Considerando para o cálculo do custo operacional do “harvester timberjack” uma eficiência operacional de 74,0% e uma taxa de juros anuais de 15% como base de cálculo, encontrou-se que o custo por hora efetivamente trabalhada foi de US\$83,87. Os custos fixos representaram 50,3%, os variáveis 48,7% e os administrativos 1,0% dos custos operacionais totais.

De acordo com a Figura 27, observa-se que, dentre os custos totais, o custo de depreciação foi o mais representativo entre os custos fixos, com 34,0%, seguido pelos juros e seguros, com 12,9%. No entanto, os custos de manutenção e reparos com 15,5%, combustíveis com 10,3% e remuneração de pessoal com 9,3% foram os mais significativos dentre os custos variáveis.

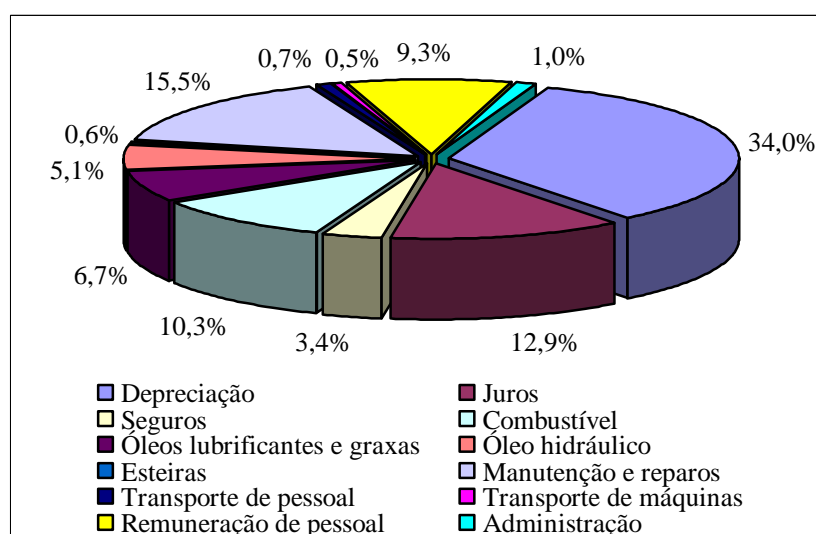


Figura 27 - Composição dos elementos do custo operacional do “harvester timberjack”.

Considerando que a produtividade do “harvester timberjack” foi de 24,8 m³/hora e com base no custo por hora efetivamente trabalhada de US\$83,87, encontrou-se um custo de produção de US\$3,38/m³.

c) “Slingshot” CAT 320 BL

Na determinação do custo operacional do “slingshot” CAT 320 BL executando as operações de derrubada e processamento, para uma eficiência operacional de 70,0% e taxa de juros anuais de 15%, obteve-se um custo por hora efetivamente trabalhada de US\$41,57, distribuído da seguinte forma: dos custos operacionais totais, os custos fixos corresponderam a 38,8%, os variáveis a 59,7% e os administrativos a 2,1%.

Como pode ser visto na Figura 28, dentre os custos totais, o custo de depreciação (25,7%) foi o mais representativo dentre os custos fixos, seguido pelos juros (9,9%). Dos custos variáveis, os mais representativos foram os custos de remuneração de pessoal (19,8%), manutenção e reparos (13,9%) e combustíveis (12,3%).

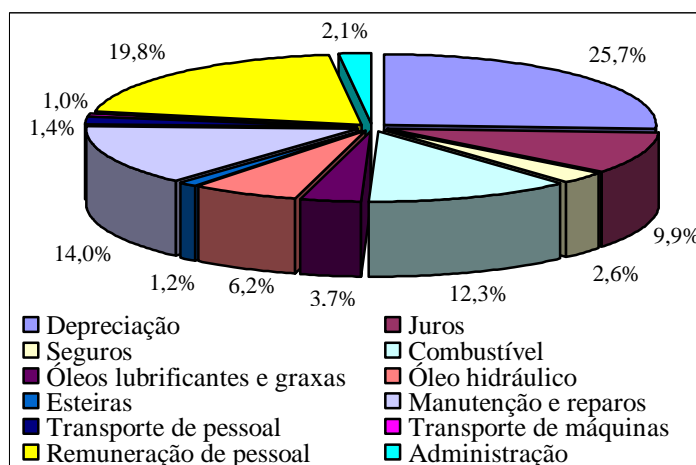


Figura 28 - Composição dos elementos do custo operacional do “slingshot” CAT 320 BL nas operações de derrubada e processamento.

Com base no custo por hora efetivamente trabalhada de US\$41,57 e produtividade de 24,8 m³/hora, chegou-se a um custo de produção para o “slingshot” CAT 320 BL de US\$1,67/m³.

d) “Slingshot” CAT 320 BL

Com relação aos custos operacionais do “slingshot” CAT 320 BL executando apenas a operação de processamento, com uma eficiência operacional de 77,0% e uma taxa de juros anuais de 15% como base de cálculo, encontrou-se um custo operacional de US\$38,10/hora, distribuído em 38,0% de custos fixos, 59,9% de custos variáveis e 2,2% de custos administrativos.

Na Figura 29, verifica-se que os custos de depreciação e juros, com 25,5% e 9,8% dos custos totais, respectivamente, continuaram sendo os mais representativos dentre os custos fixos. Entretanto, o custo de remuneração de pessoal com 17,9%, manutenção e reparos com 13,9% e combustíveis com 13,4% dos custos totais foram o mais representativos dentre os custos variáveis.

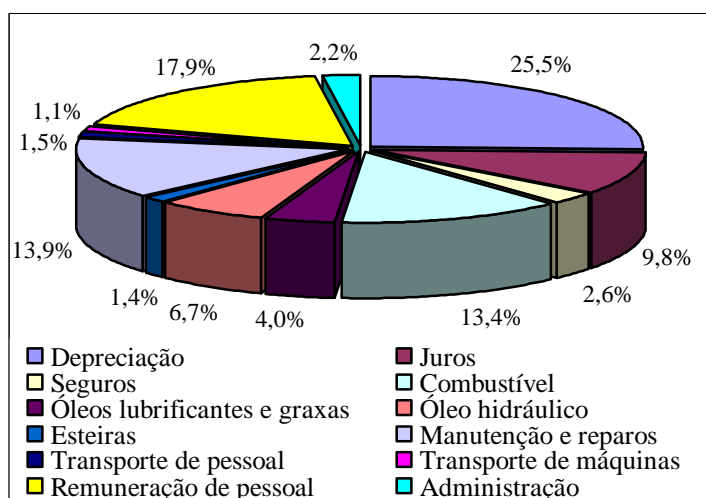


Figura 29 - Composição dos elementos do custo operacional do “slingshot” CAT 320 BL na operação de processamento.

Com base no custo por hora efetivamente trabalhada de US\$38,10 e na produtividade de 28,6 m³/hora, obteve-se um custo de produção para o “slingshot” CAT 320 BL no processamento de US\$1,33/m³.

e) “Feller-buncher” CAT 320 BL

Considerando para o cálculo do custo operacional do “feller-buncher” CAT 320 BL uma eficiência operacional de 80,0% e uma taxa de juros anuais de 15% como base de cálculo, encontrou-se que o custo por hora efetivamente trabalhada foi de US\$41,50. Deste, os custos fixos representaram 40,7%, os variáveis 57,4% e os administrativos 1,9% dos custos operacionais totais.

Como mostrado na Figura 30, dentre os custos operacionais totais, os custos de depreciação com 27,4% e juros com 10,5% foram os mais representativos dentre os fixos, ao passo que os custos de remuneração de pessoal com 15,8%, manutenção e reparos com 13,8% e combustíveis com 14,3% foram os mais representativos dos variáveis.

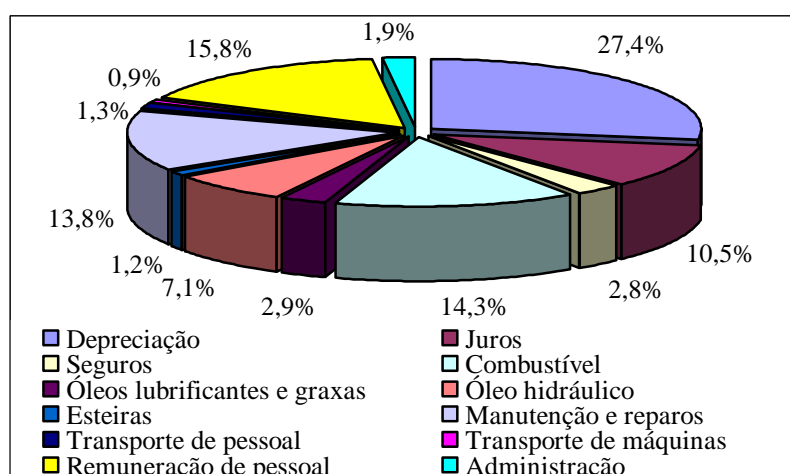


Figura 30 - Composição dos elementos do custo operacional do “feller-buncher”.

Para um custo por hora efetivamente trabalhada de US\$41,50 e uma produtividade de 64,8 m³/hora, chegou-se a um custo de produção para o “feller-buncher” de US\$0,64/m³.

4.1.1.2. Máquinas utilizadas na extração florestal

a) “Forwarder timberjack” 1410

Na determinação do custo operacional do “forwarder timberjack” 1410, foram adotadas uma eficiência operacional de 80,0% e uma taxa de juros anuais de 15% como base de cálculo. A partir dos dados técnicos e operacionais do “forwarder”, encontrou-se um custo por hora efetivamente trabalhada de US\$49,72, distribuído em 48,3% de custos fixos, 50,1% de custos variáveis e 1,6% de custos administrativos.

Como pode ser visto na Figura 31, o custo de depreciação com 32,4% e os juros com 12,6% dos custos operacionais totais foram os mais representativos dentre os custos fixos. Os custos de remuneração de pessoal com 18,6%, manutenção e reparos com 14,5% e combustíveis com 7,6% foram os mais representativos dentre os custos variáveis.

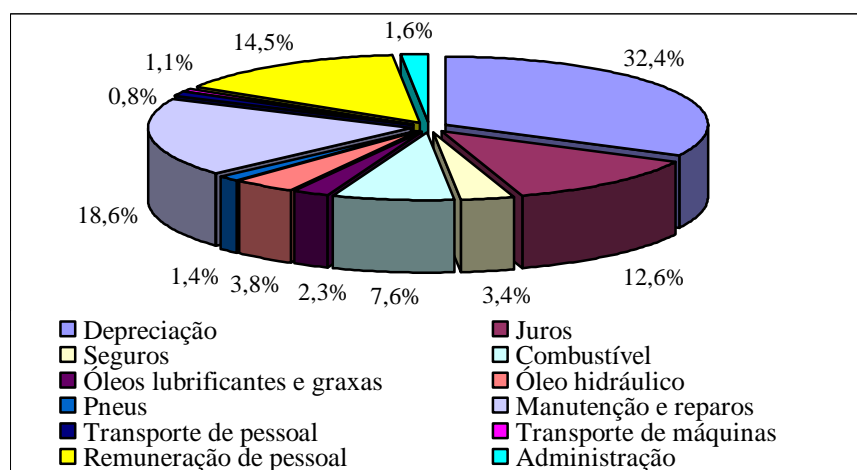


Figura 31 - Composição dos elementos do custo operacional do “forwarder timberjack”.

No caso do “forwarder”, considerando um custo por hora efetivamente trabalhada de US\$49,72 e uma produtividade de 35,0 m³/hora, chegou-se a um custo de produção de US\$1,42/m³.

b) “Skidder” CAT 525

Para a determinação do custo operacional do “skidder” CAT 525, foram adotadas uma eficiência operacional de 80,0% e uma taxa de juros anuais de 15% como base de cálculo. A partir dos dados técnicos e operacionais do “skidder”, encontrou-se um custo operacional de US\$49,72/hora, cujos custos fixos representaram 36,9%, os variáveis 61,1% e os administrativos 2,0% dos custos operacionais totais.

Como apresentado na Figura 32, dos custos operacionais totais, os custos de depreciação e juros representaram, respectivamente, 24,6 e 9,7%, sendo os mais representativos dentre os custos fixos. Dentre os custos variáveis, os mais representativos foram os custos de remuneração de pessoal com 16,1%, manutenção e reparos com 14,4%, combustíveis com 10,9% e esteiras com 9,3% dos custos operacionais totais.

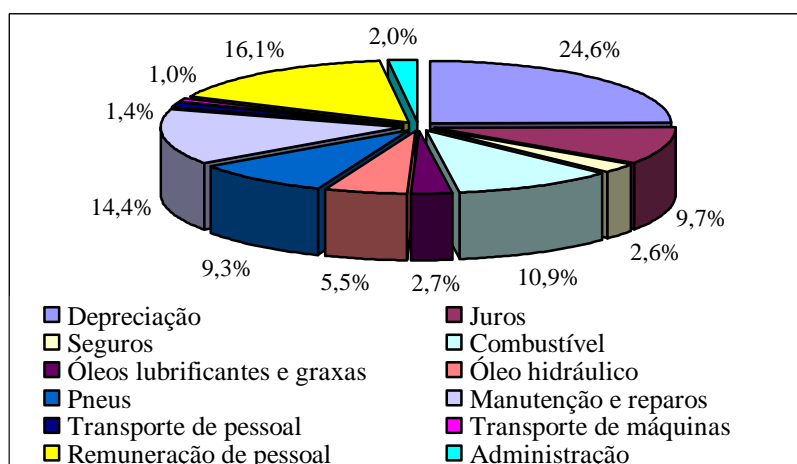


Figura 32 - Composição dos elementos do custo operacional do “skidder”.

Para o “skidder”, considerando-se um custo por hora efetivamente trabalhada de US\$49,72 e produtividade de 35,0 m³/hora, obteve-se um custo de produção de US\$1,16/m³.

c) “Timber hauler”

Considerando para o cálculo do custo operacional do “timber hauler” Volvo A25 executando as operações de extração e transporte principal uma eficiência operacional de 80,0% e uma taxa de juros anuais de 15% como base de cálculo, encontrou-se que o custo por hora efetivamente trabalhada foi de US\$59,03. Os custos fixos representaram 43,1%, os variáveis 55,6% e os administrativos 1,4% dos custos operacionais totais.

Como pode ser verificado na Figura 33, dentre os custos fixos, os mais representativos foram a depreciação e os juros, com 28,0 e 11,9% dos custos totais, respectivamente. Dentre os custos variáveis, os mais representativos foram os custos de manutenção e reparos com 17,6%, pneus com 14,0% e remuneração de pessoal com 11,1% dos custos totais. O alto percentual de pneus foi devido ao elevado custo de aquisição de um jogo de pneus desta máquina.

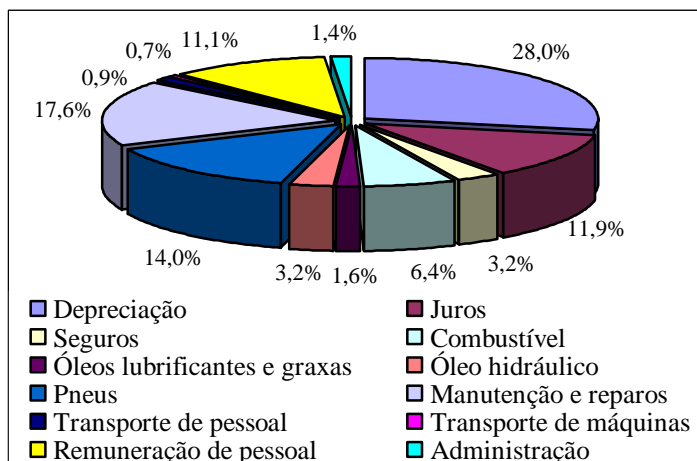


Figura 33 - Composição dos elementos do custo operacional do “timber hauler”.

Considerando que o custo por hora efetivamente trabalhada foi de US\$59,03 e a produtividade de 20,4 m³/hora, obteve-se um custo de produção de US\$2,89/m³ para esta máquina.

No Quadro 7, mostram-se, de forma resumida, os resultados do custo operacional, da produtividade e dos custos de produção das máquinas de colheita que compõem os subsistemas de colheita avaliados. Pode-se observar que, dentre as máquinas de corte, o “feller-buncher” foi a que apresentou o menor custo de produção (US\$0,64/m³), enquanto dentre as máquinas de extração o “skidder” exibiu um custo de US\$1,16/m³. Esse menor custo se deveu ao fato de as máquinas executarem, respectivamente, o corte e a extração de madeira de maior comprimento, diminuindo, conseqüentemente, os custos operacionais.

Quadro 7 - Custos e produtividade das máquinas de colheita florestal na área de estudo

Máquina	Custo Operacional (US\$/hora)	Produtividade (m ³ /hora)	Custo de Produção (US\$/m ³)
“Slingnshot” (DP)	41,57	24,8	1,67
“Slingnshot” (P)	38,10	28,6	1,33
“Harvester CAT”	39,54	21,6	1,83
“Harvester timberjack”	83,87	24,8	3,38
“Forwarder”	49,72	35,0	1,42
“Feller buncher”	41,50	64,8	0,64
“Skidder”	49,72	34,0	1,16
“Timber hauler”	59,03	20,4	2,89

DP = derrubando e processando.

P = processando.

4.1.2. Custos dos subsistemas de colheita florestal

A Figura 34 ilustra os resultados dos custos operacionais, distribuídos por custos fixos, variáveis, administrativos e totais das máquinas em cada subsistema de colheita avaliado. Com exceção do subsistema de colheita 3, os demais tiveram custos variáveis superiores ao fixos, apresentando comportamento bem semelhante entre si.

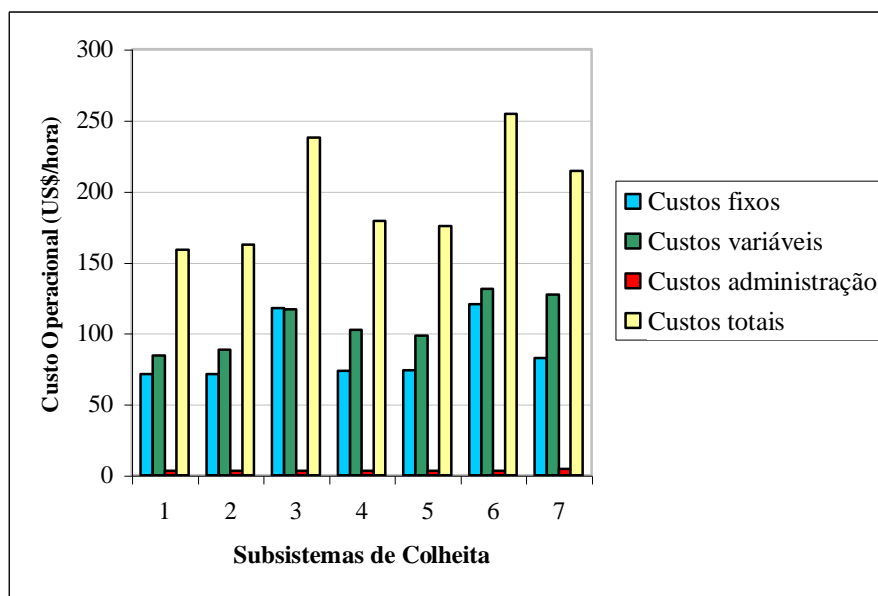


Figura 34 - Distribuição dos custos operacionais dos subsistemas de colheita florestal.

No Quadro 8, mostram-se os custos totais nos diferentes subsistemas de colheita analisados. Como pode ser observado, os valores foram bem semelhantes aos dos subsistemas 1, 2 e 7, seguidos pelos subsistemas 3, 4 e 5. Somente o subsistema 6 apresentou elevado custo, fato ocorrido em razão do custo operacional do “harvester timberjack” e do “timber hauler”.

Quadro 8 - Custo total de produção nos subsistemas de colheita florestal na área de estudo

Subsistema	Operação			Custo Total (US\$/m ³)
	Corte/Processamento	Extração	Processamento	
1	1,83	1,42	-	3,25
2	1,67	1,42	-	3,09
3	3,38	1,42	-	4,80
4	1,67	2,89	-	4,56
5	1,83	2,89	-	4,72
6	3,38	2,89	-	6,27
7	0,64	1,16	1,33	3,13

4.1.3. Determinação da distância de extração

As distâncias máximas econômicas de extração das máquinas que compõem cada um dos subsistemas estudados na região de estudo são mostradas no Quadro 9. As distâncias do “forwarder” e do “skidder” apresentaram valores bem próximos. Já a distância máxima de extração do “timber hauler” foi de 12.000 m, ressaltando-se que, nessa situação, essa máquina executou, simultaneamente, as operações de extração e transporte.

Quadro 9 - Distâncias máximas econômicas de extração

Subsistema de Colheita	Máquinas de Extração	Distância Máxima (m)
1	“Forwarder”	350
2	“Forwarder”	350
3	“Forwarder”	350
4	“Timber hauler”	12.000
5	“Timber hauler”	12.000
6	“Timber hauler”	12.000
7	“Skidder”	300

Todavia, quando considerado somente o aspecto técnico, as distâncias máximas de extração para o Forwarder, “skidder” e “timber hauler” na região de estudo foram de 800, 700 e 15.000 m, respectivamente.

4.2. Classificação das estradas florestais

Os resultados da classificação das estradas florestais possíveis de ocorrer no setor florestal foram subdivididos quanto ao tipo e à classe de estrada.

4.2.1. Classes

Através da combinação dos parâmetros de geometria horizontal, largura e superfície da pista de rolamento, obtiveram-se, de forma hierarquizada e com

base no desempenho do veículo de transporte (velocidade operacional), 20 diferentes classes de estradas florestais, as quais foram compiladas, no Quadro 10, da melhor combinação para a pior.

Quadro 10 - Classes de estradas florestais

Classe (nº)	Parâmetros de Qualidade		Velocidade (km/hora)
	GH	Largura/Superfície Pista Rolamento	
1	Excelente	Pista dupla pavimentação asfáltica	80,0
2	Boa	Pista dupla pavimentação asfáltica	67,0
3	Média	Pista dupla pavimentação asfáltica	62,3
4	Ruim	Pista dupla pavimentação asfáltica	58,4
5	Excelente	Pista dupla revestimento primário	41,0
6	Excelente	Pista simples revestimento primário	38,8
7	Boa	Pista dupla revestimento primário	38,6
8	Média	Pista dupla revestimento primário	37,0
9	Boa	Pista simples revestimento primário	36,5
10	Ruim	Pista dupla revestimento primário	35,6
11	Média	Pista simples revestimento primário	34,3
12	Excelente	Pista dupla sem revestimento	33,0
13	Ruim	Pista simples revestimento primário	30,8
14	Boa	Pista dupla sem revestimento	30,3
15	Excelente	Pista simples sem revestimento	29,0
16	Média	Pista dupla sem revestimento	28,7
17	Ruim	Pista dupla sem revestimento	27,4
18	Boa	Pista simples sem revestimento	26,6
19	Média	Pista simples sem revestimento	24,3
20	Ruim	Pista simples sem revestimento	20,9

Esta classificação ficou limitada a 20 classes de estradas devido a restrições do SNAP III. Vale salientar que não foram consideradas as estradas florestais com pista simples e pavimentação asfáltica, devido ao fato de elas serem de difícil ocorrência no setor florestal.

4.2.2. Tipos

As classificações de tipos de estradas foram elaboradas, separadamente, para obtenção dos custos reais de construção e manutenção. O conhecimento dessas informações é muito importante na tomada de decisão por

ocasião do planejamento visando a implantação, conservação e avaliação das estradas existentes.

4.2.2.1. Obtenção do custo de construção

Utilizando os parâmetros de qualidade que influenciam na construção de estradas: geometria horizontal, solo de subleito, greide, largura e tipo de revestimento da superfície de rolamento, obteve-se uma classificação com 120 diferentes combinações de estradas, conforme mostrado no Quadro 11. Como pode ser observado nesse quadro, as estradas com pista simples e pavimentação asfáltica, independentemente da geometria horizontal, do tipo de solo e do greide, não foram consideradas em razão de serem de difícil ocorrência.

Quadro 11 - Tipos de estradas florestais para obtenção do custo de construção

Tipo	GH	Solo de Subleito	Greide	Largura/Superfície Pista Rolamento
1	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla pavimentação asfáltica
2	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário
3	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento
4	Excelente	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário
5	Excelente	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento
6	Boa	Finos	Plano	Pista dupla pavimentação asfáltica
7	Boa	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário
8	Boa	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento
9	Boa	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário
10	Boa	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento
11	Média	Finos	Plano	Pista dupla pavimentação asfáltica
12	Média	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário
13	Média	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento
14	Média	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário
15	Média	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento
16	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla pavimentação asfáltica
17	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário
18	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento
19	Ruim	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário
20	Ruim	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento
1	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentação asfáltica
22	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário
23	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento
24	Excelente	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário
25	Excelente	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento

Continua...

Quadro 11, cont.

Tipo	GH	Solo de Subleito	Greide	Largura/Superfície Pista Rolamento
26	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentação asfáltica
27	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário
28	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento
29	Boa	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário
30	Boa	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento
31	Média	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentação asfáltica
32	Média	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário
33	Média	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento
34	Média	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário
35	Média	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento
36	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentação asfáltica
37	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário
38	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento
39	Ruim	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário
40	Ruim	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento
41	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentação asfáltica
42	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário
43	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento
44	Excelente	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário
45	Excelente	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento
46	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentação asfáltica
47	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário
48	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento
49	Boa	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário
50	Boa	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento
51	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentação asfáltica
52	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário
53	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento
54	Média	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário
55	Média	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento
56	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentação asfáltica
57	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário
58	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento
59	Ruim	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário
60	Ruim	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento
61	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentação asfáltica
62	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário
63	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento
64	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário
65	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento
66	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentação asfáltica
67	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário
68	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento
69	Boa	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário
70	Boa	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento
71	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentação asfáltica
72	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário
73	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento
74	Média	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário
75	Média	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento

Continua...

Quadro 11, cont.

Tipo	GH	Solo de Subleito	Greide	Largura/Superfície Pista Rolamento
76	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentação asfáltica
77	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário
78	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento
79	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário
80	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento
81	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentação asfáltica
82	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário
83	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento
84	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário
85	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento
86	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentação asfáltica
87	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário
88	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento
89	Boa	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário
90	Boa	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento
91	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentação asfáltica
92	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário
93	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento
94	Média	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário
95	Média	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento
96	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentação asfáltica
97	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário
98	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento
99	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário
100	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento
101	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentação asfáltica
102	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário
103	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento
104	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário
105	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento
106	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentação asfáltica
107	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário
108	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento
109	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário
110	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento
111	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentação asfáltica
112	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário
113	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento
114	Média	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário
115	Média	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento
116	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentação asfáltica
117	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário
118	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento
119	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário
120	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento

4.2.2.2. Obtenção do custo de manutenção

Considerando os critérios contemplados pelo programa, obteve-se, através da combinação dos parâmetros tipo de solo, greide e jurisdição, uma classificação com 24 diferentes tipos de estradas florestais, como mostrado no Quadro 12. A partir desta classificação, obtiveram-se as estimativas de custos de manutenção das estradas da área de estudo para entrada no SNAP III.

Quadro 12 - Tipos de estradas para obtenção do custo de manutenção

Classe	Tipo de solo	Greide	Jurisdição
1	Finos	Plano	Federal
2	Finos	Plano	Estadual
3	Finos	Plano	Municipal
4	Finos	Plano	Florestal
5	Finos	Ondulado	Federal
6	Finos	Ondulado	Estadual
7	Finos	Ondulado	Municipal
8	Finos	Ondulado	Florestal
9	Finos	Montanhoso	Federal
10	Finos	Montanhoso	Estadual
11	Finos	Montanhoso	Municipal
12	Finos	Montanhoso	Florestal
13	Granulares	Plano	Federal
14	Granulares	Plano	Estadual
15	Granulares	Plano	Municipal
16	Granulares	Plano	Florestal
17	Granulares	Ondulado	Federal
18	Granulares	Ondulado	Estadual
19	Granulares	Ondulado	Municipal
20	Granulares	Ondulado	Florestal
21	Granulares	Montanhoso	Federal
22	Granulares	Montanhoso	Estadual
23	Granulares	Montanhoso	Municipal
24	Granulares	Montanhoso	Florestal

4.3. Estimativas dos custos de construção e manutenção de estradas

Com base nas atividades envolvidas na construção, quais sejam: levantamento topográfico, limpeza e terraplanagem da faixa estradal, drenagem e pavimentação, obtiveram-se os seguintes valores de custos totais de construção para cada um dos tipos de estrada florestal, conforme mostrado no Quadro 13. A variação nos custos ocorreu, principalmente, em razão do greide, da largura e do tipo de revestimento da pista de rolamento.

Nas estradas com pista dupla e pavimentação asfáltica, esse tipo de revestimento representou 90,8; 89,3; e 87,8% dos custos totais de construção, quando em terrenos planos, ondulados e montanhosos, respectivamente. Nas estradas com pista dupla e revestimento primário, representou 55,3; 43,0; e 35,3% dos custos totais de construção, quando em terrenos planos, ondulados e montanhosos, respectivamente. Já nas estradas com pista simples, o revestimento primário representou, respectivamente, 51,6; 40,1; e 32,7% dos custos totais, respectivamente, quando em terrenos planos, ondulados e montanhosos. Pôde-se verificar que tal decréscimo se deveu ao aumento dos outros custos de infra-estrutura, principalmente a drenagem.

Os custos fixos de manutenção das estradas florestais obtidos no mercado estão relacionados no Quadro 14. Esses custos referem-se às categorias de estradas encontradas na área de realização deste trabalho: estradas principais, secundárias e terciárias. Os valores encontrados serviram como base de cálculo para as estimativas dos custos por metro cúbico por quilômetro, os quais foram utilizados como dados de entrada no programa.

Como pôde ser observado, o custo fixo de manutenção das estradas principais foi superior em relação às outras categorias. Tal fato se deve à necessidade de maior número de intervenções, em que a superfície da pista de rolamento recebe revestimento primário, devido ao elevado volume de tráfego e à necessidade de trafegabilidade de veículos leves, pesados e extrapesados durante todo o ano. Nas estradas secundárias, o custo foi inferior ao anterior, em razão de essas estradas terem recebido revestimento primário (cascalho) somente nos pontos críticos e quando houve necessidade. No entanto, as estradas terciárias apresentaram menor custo de manutenção, pois nesta categoria ocorreram somente roçadas anuais para a passagem de veículos leves e revestimento primário nos pontos críticos na época da colheita.

Quadro 13 - Custo total de construção de estradas florestais em diferentes classes

Classe	Parâmetros de Qualidade				Atividades da Construção					Custo Total (US\$/km)
	GH	Solo Subleito	Greide	Largura/Superf. Pista Rolamento	Infra-Estrutura (US\$/km)			Pavimentação (US\$/km)		
					Lev. Topog.	Limp.+Terrap.	Drenagem	Rev. Primário	Rev. Asfáltico	
1	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla pavimentada	404,50	859,60	1.011,24	-	22.562,00	24.837,34
2	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário	404,50	859,60	1.011,24	2.809,00	-	5.084,34
3	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento	404,50	859,60	1.011,24	-	-	2.275,34
4	Excelente	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário	404,50	534,64	707,87	1.755,62	-	3.402,63
5	Excelente	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento	404,50	534,64	707,87	-	-	1.647,01
6	Boa	Finos	Plano	Pista dupla pavimentada	404,50	859,60	1.011,24	-	22.562,00	24.837,34
7	Boa	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário	404,50	859,60	1.011,24	2.809,00	-	5.084,34
8	Boa	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento	404,50	859,60	1.011,24	-	-	2.275,34
9	Boa	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário	404,50	534,64	707,87	1.755,62	-	3.402,63
10	Boa	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento	404,50	534,64	707,87	-	-	1.647,01
11	Média	Finos	Plano	Pista dupla pavimentada	404,50	859,60	1.011,24	-	22.562,00	24.837,34
12	Média	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário	404,50	859,60	1.011,24	2.809,00	-	5.084,34
13	Média	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento	404,50	859,60	1.011,24	-	-	2.275,34
14	Média	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário	404,50	534,64	707,87	1.755,62	-	3.402,63
15	Média	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento	404,50	534,64	707,87	-	-	1.647,01
16	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla pavimentada	404,50	859,60	1.011,24	-	22.562,00	24.837,34
17	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário	404,50	859,60	1.011,24	2.809,00	-	5.084,34
18	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento	404,50	859,60	1.011,24	-	-	2.275,34
19	Ruim	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário	404,50	534,64	707,87	1.755,62	-	3.402,63
20	Ruim	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento	404,50	534,64	707,87	-	-	1.647,01
21	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentada	404,50	859,60	1.011,24	-	22.562,00	24.837,34
22	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário	404,50	859,60	1.011,24	2.809,00	-	5.084,34
23	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento	404,50	859,60	1.011,24	-	-	2.275,34
24	Excelente	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário	404,50	534,64	707,87	1.755,62	-	3.402,63
25	Excelente	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento	404,50	534,64	707,87	-	-	1.647,01
26	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentada	404,50	859,60	1.011,24	-	22.562,00	24.837,34
27	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário	404,50	859,60	1.011,24	2.809,00	-	5.084,34
28	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento	404,50	859,60	1.011,24	-	-	2.275,34

Continua...

Quadro 13, cont.

Classe	Parâmetros de Qualidade				Atividades da Construção					Custo Total (US\$/km)
	GH	Solo Subleito	Greide	Largura/Superf. Pista Rolamento	Infra-Estrutura (US\$/km)			Pavimentação (US\$/km)		
					Lev. Topog.	Limp.+Terrap.	Drenagem	Rev. Primário	Rev. Asfáltico	
29	Boa	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário	404,50	534,64	707,87	1.755,62	-	3.402,63
30	Boa	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento	404,50	534,64	707,87	-	-	1.647,01
31	Média	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentada	404,50	859,60	1.011,24	-	22.562,00	24.837,34
32	Média	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário	404,50	859,60	1.011,24	2.809,00	-	5.084,34
33	Média	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento	404,50	859,60	1.011,24	-	-	2.275,34
34	Média	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário	404,50	534,64	707,87	1.755,62	-	3.402,63
35	Média	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento	404,50	534,64	707,87	-	-	1.647,01
36	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentada	404,50	859,60	1.011,24	-	22.562,00	24.837,34
37	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário	404,50	859,60	1.011,24	2.809,00	-	5.084,34
38	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento	404,50	859,60	1.011,24	-	-	2.275,34
39	Ruim	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário	404,50	534,64	707,87	1.755,62	-	3.402,63
40	Ruim	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento	404,50	534,64	707,87	-	-	1.647,01
41	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentada	404,50	1.289,32	1.011,24	-	22.562,00	25.267,06
42	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.289,32	2.022,47	2.809,00	-	6.525,29
43	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.289,32	2.022,47	-	-	3.716,29
44	Excelente	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário	404,50	806,18	1.415,73	3.125,00	-	5.751,41
45	Excelente	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento	404,50	806,18	1.415,73	-	-	2.626,41
46	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentada	404,50	1.289,32	1.011,24	-	22.562,00	25.267,06
47	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.289,32	2.022,47	2.809,00	-	6.525,29
48	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.289,32	2.022,47	-	-	3.716,29
49	Boa	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário	404,50	806,18	1.415,73	1.755,62	-	4.382,03
50	Boa	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento	404,50	806,18	1.415,73	-	-	2.626,41
51	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentada	404,50	1.289,32	1.011,24	-	22.562,00	25.267,06
52	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.289,32	2.022,47	2.809,00	-	6.525,29
53	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.289,32	2.022,47	-	-	3.716,29
54	Média	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário	404,50	806,18	1.415,73	1.755,62	-	4.382,03
55	Média	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento	404,50	806,18	1.415,73	-	-	2.626,41
56	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentada	404,50	1.289,32	1.011,24	-	22.562,00	25.267,06
57	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.289,32	2.022,47	2.809,00	-	6.525,29
58	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.289,32	2.022,47	-	-	3.716,29

Continua...

Quadro 13, cont.

Classe	Parâmetros de Qualidade				Atividades da Construção					Custo Total (US\$/km)
	GH	Solo Subleito	Greide	Largura/Superf. Pista Rolamento	Infra-Estrutura (US\$/km)			Pavimentação (US\$/km)		
					Lev. Topog.	Limp.+Terrap.	Drenagem	Rev. Primário	Rev. Asfáltico	
59	Ruim	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário	404,50	806,18	1.415,73	1.755,62	-	4.382,03
60	Ruim	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento	404,50	806,18	1.415,73	-	-	2.626,41
61	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentada	404,50	1.289,32	1.011,24	-	22.562,00	25.267,06
62	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.289,32	2.022,47	2.809,00	-	6.525,29
63	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.289,32	2.022,47	-	-	3.716,29
64	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário	404,50	806,18	1.415,73	1.755,62	-	4.382,03
65	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento	404,50	806,18	1.415,73	-	-	2.626,41
66	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentada	404,50	1.289,32	1.011,24	-	22.562,00	25.267,06
67	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.289,32	2.022,47	2.809,00	-	6.525,29
68	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.289,32	2.022,47	-	-	3.716,29
69	Boa	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário	404,50	806,18	1.415,73	1.755,62	-	4.382,03
70	Boa	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento	404,50	806,18	1.415,73	-	-	2.626,41
71	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentada	404,50	1.289,32	1.011,24	-	22.562,00	25.267,06
72	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.289,32	2.022,47	2.809,00	-	6.525,29
73	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.289,32	2.022,47	-	-	3.716,29
74	Média	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário	404,50	806,18	1.415,73	1.755,62	-	4.382,03
75	Média	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento	404,50	806,18	1.415,73	-	-	2.626,41
76	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentada	404,50	1.289,32	1.011,24	-	22.562,00	25.267,06
77	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.289,32	2.022,47	2.809,00	-	6.525,29
78	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.289,32	2.022,47	-	-	3.716,29
79	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário	404,50	806,18	1.415,73	1.755,62	-	4.382,03
80	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento	404,50	806,18	1.415,73	-	-	2.626,41
81	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	404,50	1.719,10	1.011,24	-	22.562,00	25.696,84
82	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.719,10	3.033,71	2.809,00	-	7.966,31
83	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.719,10	3.033,71	-	-	5.157,31
84	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	404,50	1.074,72	2.123,60	1.755,62	-	5.358,44
85	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	404,50	1.074,72	2.123,60	-	-	3.602,82
86	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	404,50	1.719,10	1.011,24	-	22.562,00	25.696,84
87	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.719,10	3.033,71	2.809,00	-	7.966,31
88	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.719,10	3.033,71	-	-	5.157,31
89	Boa	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	404,50	1.074,72	2.123,60	1.755,62	-	5.358,44

Continua...

Quadro 13, cont.

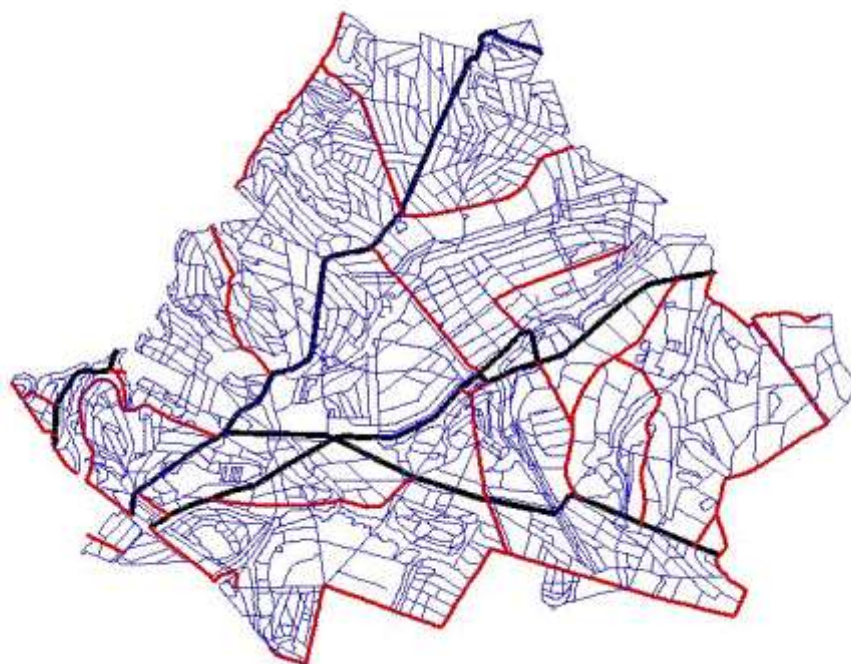
Classe	Parâmetros de Qualidade				Atividades da Construção					Custo Total (US\$/km)
	GH	Solo Subleito	Greide	Largura/Superf. Pista Rolamento	Infra-Estrutura (US\$/km)			Pavimentação (US\$/km)		
					Lev. Topog.	Limp.+Terrap.	Drenagem	Rev. Primário	Rev. Asfáltico	
90	Boa	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	404,50	1.074,72	2.123,60	-	-	3.602,82
91	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	404,50	1.719,10	1.011,24	-	22.562,00	25.696,84
92	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.719,10	3.033,71	2.809,00	-	7.966,31
93	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.719,10	3.033,71	-	-	5.157,31
94	Média	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	404,50	1.074,72	2.123,60	1.755,62	-	5.358,44
95	Média	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	404,50	1.074,72	2.123,60	-	-	3.602,82
96	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	404,50	1.719,10	1.011,24	-	22.562,00	25.696,84
97	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.719,10	3.033,71	2.809,00	-	7.966,31
98	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.719,10	3.033,71	-	-	5.157,31
99	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	404,50	1.074,72	2.123,60	1.755,62	-	5.358,44
100	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	404,50	1.074,72	2.123,60	-	-	3.602,82
101	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	404,50	1.719,10	1.011,24	-	22.562,00	25.696,84
102	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.719,10	3.033,71	2.809,00	-	7.966,31
103	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.719,10	3.033,71	-	-	5.157,31
104	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	404,50	1.074,72	2.123,60	1.755,62	-	5.358,44
105	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	404,50	1.074,72	2.123,60	-	-	3.602,82
106	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	404,50	1.719,10	1.011,24	-	22.562,00	25.696,84
107	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.719,10	3.033,71	2.809,00	-	7.966,31
108	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.719,10	3.033,71	-	-	5.157,31
109	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	404,50	1.074,72	2.123,60	1.755,62	-	5.358,44
110	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	404,50	1.074,72	2.123,60	-	-	3.602,82
111	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	404,50	1.719,10	1.011,24	-	22.562,00	25.696,84
112	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.719,10	3.033,71	2.809,00	-	7.966,31
113	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.719,10	3.033,71	-	-	5.157,31
114	Média	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	404,50	1.074,72	2.123,60	1.755,62	-	5.358,44
115	Média	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	404,50	1.074,72	2.123,60	-	-	3.602,82
116	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	404,50	1.719,10	1.011,24	-	22.562,00	25.696,84
117	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	404,50	1.719,10	3.033,71	2.809,00	-	7.966,31
118	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	404,50	1.719,10	3.033,71	-	-	5.157,31
119	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	404,50	1.074,72	2.123,60	1.755,62	-	5.358,44
120	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	404,50	1.074,72	2.123,60	-	-	3.602,82

Quadro 14 - Custo fixo de manutenção de estradas para a área de estudo considerado neste trabalho

Categorias de Estradas	Custo de Manutenção (US\$/km/ano)
Principal	1.404,50
Secundária	842,70
Terciária	280,90

4.4. Classificação das estradas da área de estudo

Na Figura 35, mostra-se uma visão geral de todas as estradas da área de estudo, distribuídas segundo a categoria em: estradas principal, secundária e terciária.



Legenda:  Principal  Secundária  Terciária

Figura 35 - Categorias de estradas da área de estudo.

Como pode ser observado na Figura 35, existe extensa malha de estradas terciárias. Isso se deve ao regime de manejo utilizado no passado quando os talhões foram retalhados.

Após realizada a estratificação das estradas nas três categorias mencionadas e de posse das classificações de estradas elaboradas, classificaram-se as estradas da área de estudo, conforme visto no Quadro 15.

Quadro 15 - Classificação das estradas da área de estudo

Parâmetros de Qualidade	Categorias de Estradas		
	Principal	Secundária	Terciária
Tipo de Estrada	22	28	35
Geometria horizontal	Excelente	Boa	Média
Superfície rolamento	Revestimento primário	Sem revestimento	Sem revestimento
Solo de subleito	Granulares	Granulares	Granulares
Largura	Dupla	Dupla	Simple
Relevo	Plano	Plano	Plano
Jurisdição	Florestal	Florestal	Florestal

De acordo com os resultados, verifica-se que as estradas principais foram aquelas que apresentaram melhor padrão de qualidade em razão, principalmente, das exigências de tráfego de veículos de alta tonelagem. As estradas secundárias apresentaram padrão de qualidade intermediário, cuja superfície de rolamento pôde ser considerada como parâmetro comprometedora, podendo impedir o tráfego de veículos em determinadas épocas do ano. As estradas terciárias apresentaram padrão de qualidade inferior, pois possuíam superfície de rolamento sem revestimento e pista simples, podendo comprometer a trafegabilidade em determinadas épocas do ano e o desempenho dos veículos de transporte, respectivamente.

Quanto ao desempenho dos veículos de transporte nas três categorias de estradas encontradas, verifica-se, através do Quadro 16, que a velocidade média do veículo decresceu com o padrão de qualidade das estradas, contribuindo para aumento dos custos de transporte.

Quadro 16 - Classes de estradas da área de estudo

Categorias Estradas	Classificação das Estradas		
	Parâmetros de Qualidade	Classe	Velocidade (km/h)
Principal	GH excelente, pista dupla e revestimento primário	5	41,0
Secundária	GH boa, pista dupla e sem revestimento	14	30,3
Terciária	GH média, pista simples e sem revestimento	19	24,3

Os índices referentes aos tipos e classes de estradas obtidas foram utilizados para qualificar todos os segmentos de estradas dentro de cada categoria.

4.5. Estudo de caso utilizando o programa SNAP III no planejamento da colheita e transporte florestal

É importante salientar que o SNAP III utiliza algoritmos que não garantem solução ótima para o problema, mas procura soluções possíveis e próximas do ótimo, devido ao fato de as análises contemplarem, simultaneamente, grande quantidade de variáveis. No SNAP III, a solução é obtida por meio de modelos heurísticos, que são, segundo YOSHIMOTO et al. (1994), procedimentos matemáticos e computacionais que visam à solução de problemas complexos de difícil solução, fornecendo uma solução com tempo computacional relativamente baixo. SESSIONS e SESSIONS (1992) afirmaram que, para problemas menores com menos de 150 polígonos, a técnica da Programação Inteira-Mista seria recomendada.

4.5.1. Informações fornecidas pelo SNAP III

Os resultados das simulações nos três cenários avaliados, com base nos dados fornecidos, foram gerados através de relatórios gráficos e tabulares. Dado ao formato e à grande quantidade de informações geradas, foram apresentadas somente partes dos relatórios (Apêndices A a F). Nestes, encontram-se, dentre outros, o volume de madeira colhida, os custos, as receitas, os subsistemas de colheita e uma rota compatível de transporte.

Após a entrada e construção dos dados no sistema, foi possível a visualização da área de estudo (Figura 36).

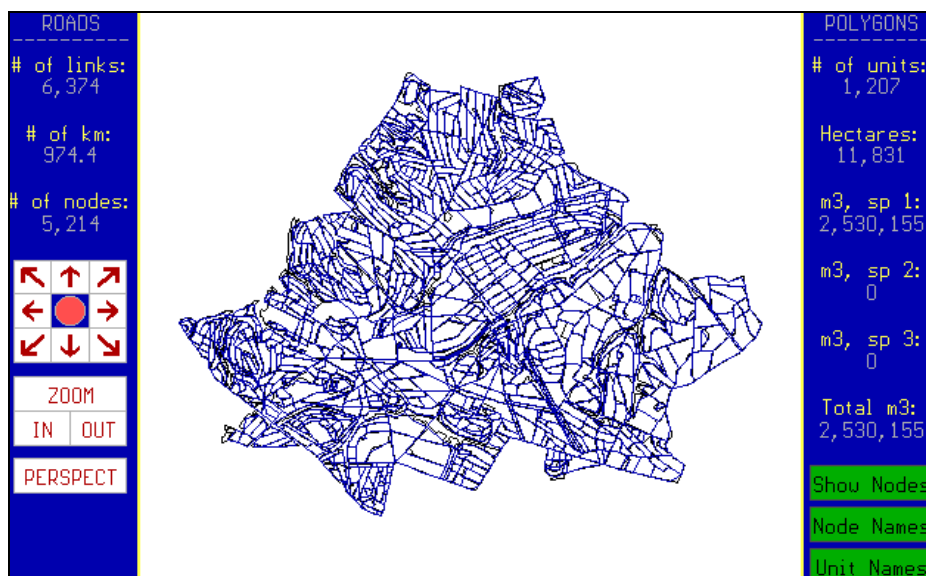


Figura 36 - Vista geral da área de estudo no SNAP III.

A partir dos dados de entrada, foi possível visualizar os polígonos e a malha rodoviária, bem como obter um resumo do volume e da área de todos os polígonos, volume total ($4.216.063,0 \text{ m}^3$), área total de efetivo plantio (11.831 ha), número total de “links” (6.374) e extensão total de estradas (974,4 km).

4.5.2. Aspectos analisados pelo SNAP III

Os resultados obtidos foram apresentados contemplando os seguintes aspectos: demanda, colheita florestal, transporte e estradas florestais; valores estéticos e paisagísticos; tratamento silvicultural; e análise econômica.

4.5.2.1. Demanda de madeira

Com base nas restrições de demanda, puderam-se avaliar, através dos relatórios gerados, os resultados das simulações para os três cenários

avaliados. Nos quadros do Apêndice A, encontra-se o volume total de madeira colhida em cada polígono, nos diferentes períodos do horizonte de planejamento, enquanto nos quadros do Apêndice B estão a receita líquida e os custos de formação, colheita e variável, sendo este último considerado pelo sistema como custo de transporte e manutenção de estradas.

Deve-se enfatizar que as informações geradas nesses relatórios são de grande importância na tomada de decisão no planejamento, como execução da colheita de projetos alternativos, compra de madeira no mercado, terceirização de serviços etc.

Os efeitos da restrição de demanda podem ser observados nas Figuras 37 a 39, nas quais está representado o volume total de madeira colhida em cada período do horizonte de planejamento, nos três cenários avaliados.

Verifica-se, na Figura 39, que a demanda foi atendida em todos os períodos do cenário 3, enquanto no cenário 1 isso ocorreu somente até o quinto período. Tal fato pode ser explicado pela imposição da restrição de tamanho máximo de abertura. No cenário 3, a restrição foi de 100 ha, o que permitiu a colheita de polígonos com área maior, atendendo, conseqüentemente, à demanda, enquanto no cenário 1, com restrição de 25 ha, a colheita ficou restrita aos polígonos de menor área.

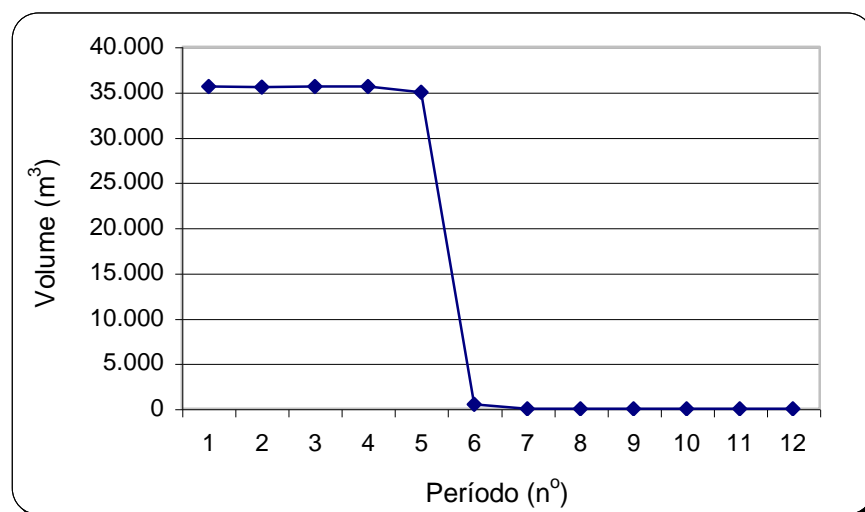


Figura 37 - Volume total de madeira colhido em todos os períodos do horizonte de planejamento no cenário 1.

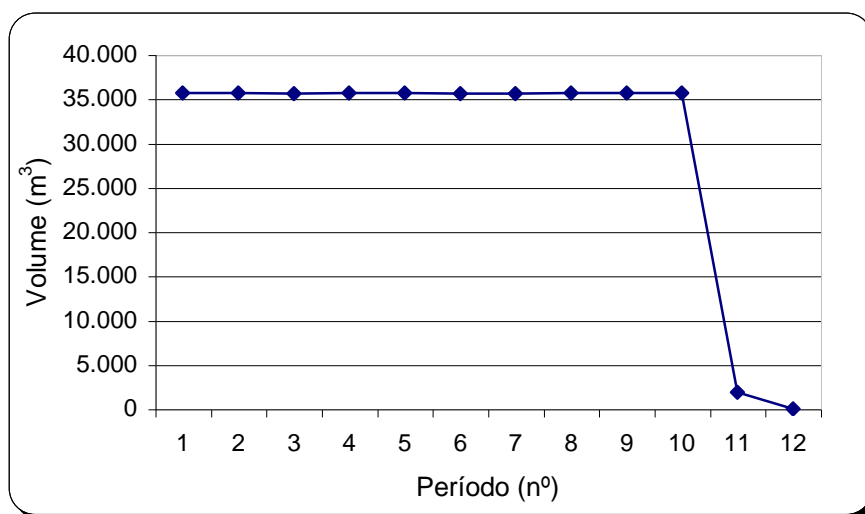


Figura 38 - Volume total de madeira colhido em todos os períodos do horizonte de planejamento no cenário 2.

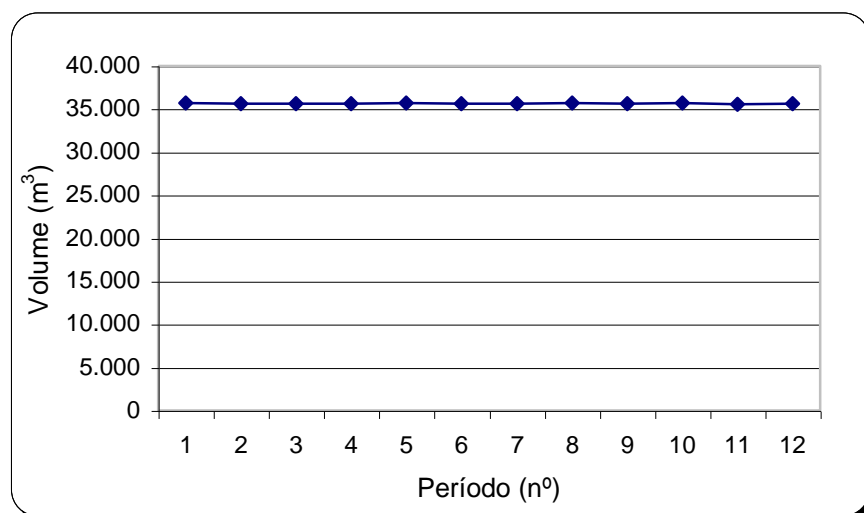


Figura 39 - Volume total de madeira colhido em todos os períodos do horizonte de planejamento no cenário 3.

4.5.2.2. Colheita florestal

Na definição dos subsistemas de colheita, consideraram-se os seguintes aspectos: localização dos pontos de depósitos da madeira, custos dos subsistemas, distâncias máximas econômicas de extração e parâmetros de qualidade e custos das estradas. Para cada polígono a ser colhido, definiram-se os pontos de depósito da madeira com os respectivos subsistemas de colheita tecnicamente viáveis, como exemplificado na Figura 40. Observando essa figura, observa-se que os nós 6527, 6512 e 6530 foram eleitos como os possíveis pontos de depósito da madeira do polígono 19, com a utilização dos subsistemas 1, 2 e 3, respectivamente.

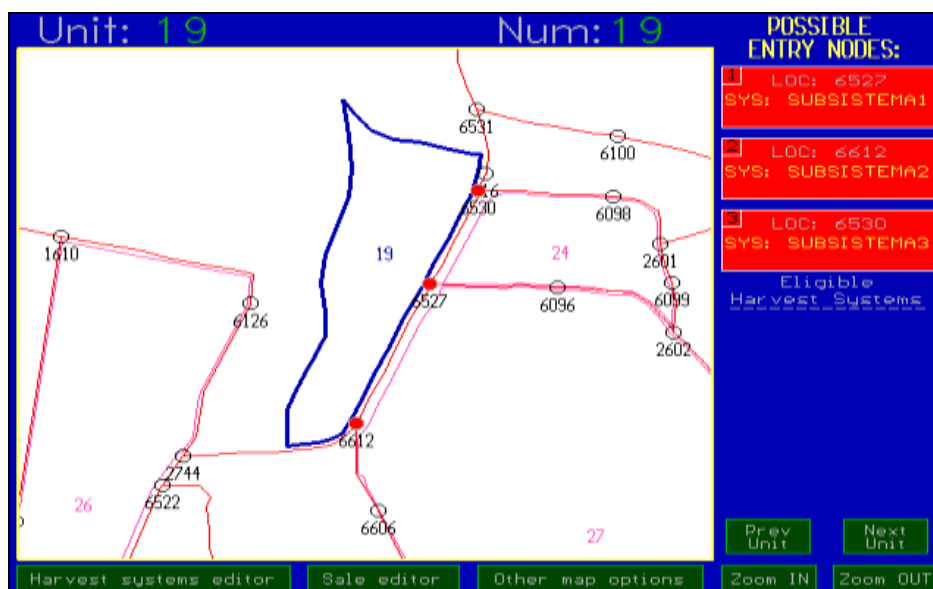


Figura 40 - Localização dos pontos de depósito de madeira do polígono 19.

Após a definição dos possíveis subsistemas de colheita em cada polígono, o programa executou as análises definindo aqueles de menor custo dentre os tecnicamente viáveis.

Os relatórios tabulares relacionados à colheita florestal são mostrados nos Quadros 1C a 3C do Apêndice C, onde estão definidos os subsistemas de colheita, o volume e a área colhida em cada período do horizonte de

planejamento nos três cenários avaliados. Como pode ser visto nesses quadros, houve grande variação de subsistema entre os diferentes períodos e cenários. Nota-se que os subsistemas 2 (“slingshot” + “forwarder”) e 4 (“slingshot” e “timber hauler”) foram eleitos em todos os períodos e cenários. Com relação ao subsistema 2, tal fato se deve ao seu menor custo operacional e à viabilidade técnica para uso em polígonos de menor tamanho, devido à sua menor distância de extração. O subsistema 4 foi muito utilizado devido ao seu menor custo operacional, dentre aqueles de maior distância de extração, viabilizando a extração dos polígonos com maior distância média de extração.

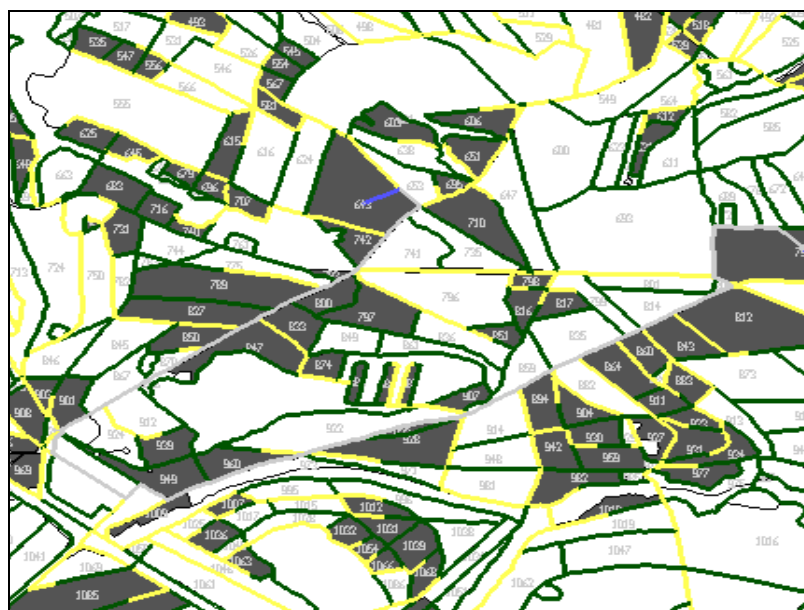
Apesar de o programa não definir individualmente os subsistemas em cada polígono a ser colhido, as informações geradas nos relatórios poderão auxiliar o planejador na tomada de decisão na etapa do planejamento operacional. Dentre os benefícios, destacam-se: definição e dimensionamento das equipes de corte, máquinas e equipamentos; alocação de equipes de apoio; estimativas de produtividades das máquinas; e processo de controle etc.

4.5.2.3. Transporte e estradas florestais

O sistema de transporte foi otimizado através da seleção das estradas de melhor padrão de qualidade e menor custo de manutenção. Apesar de as estimativas de custos de construção de estradas terem sido levantadas neste trabalho, as análises não contemplaram tais custos, pois, durante a edição dos mapas, não foram propostas novas estradas para o projeto.

Os resultados tabulares relacionados ao transporte e a estradas florestais encontram-se nos quadros dos Apêndices D e E. No Quadro 1D, mostra-se parte do relatório referente à rota compatível de transporte, onde foi possível identificar os polígonos a serem colhidos, o volume de madeira a ser transportada e os nós por onde o veículo de transporte deverá percorrer desde o polígono colhido até a indústria.

A rota de transporte também pode ser visualizada através dos relatórios gráficos, como exemplificado na Figura 41. Nesta são mostradas as estradas em uso (linha amarela) e as estradas não-usadas (linha verde), bem como a rota compatível de transporte do polígono colhido até a indústria (linha branca).



Legenda:

- Estradas não-usadas
- Estradas em uso
- Rota compatível de transporte

Figura 41 - Rota compatível de transporte e estradas usadas.

Nos Quadros 1E a 3E do Apêndice E, apresentam-se os resultados referentes a volume colhido, número de quilômetros usados e custos totais de colheita e manutenção de estradas nos diferentes períodos e cenários estudados. Pelos resultados apresentados, nota-se o maior uso das estradas no primeiro período, fato esse comprovado pelo maior número de polígonos colhidos.

Deve-se ressaltar que as informações geradas nos relatórios são muito importantes no planejamento do transporte, haja vista que o conhecimento da rota de transporte, do número de quilômetros de estradas em uso e dos custos de manutenção de estradas possibilita prever o desempenho dos veículos de transporte, a tomada de decisão com vistas à alocação de recursos para a conservação e avaliação das estradas existentes e o deslocamentos de pessoal de serviço, máquinas, equipamentos e veículos de transporte etc.

4.5.2.4. Valores estéticos e paisagísticos

O SNAP III executa a colheita respeitando os valores estéticos e paisagísticos da floresta. As análises da distribuição espacial das unidades de

colheita foram executadas através do estabelecimento de restrições de tamanho máximo de abertura no programa, procurando evitar a abertura de extensas clareiras, evitando os impactos visuais e, conseqüentemente, sobre os outros recursos da floresta, como flora, fauna terrestre e aquática, recursos hídricos etc.

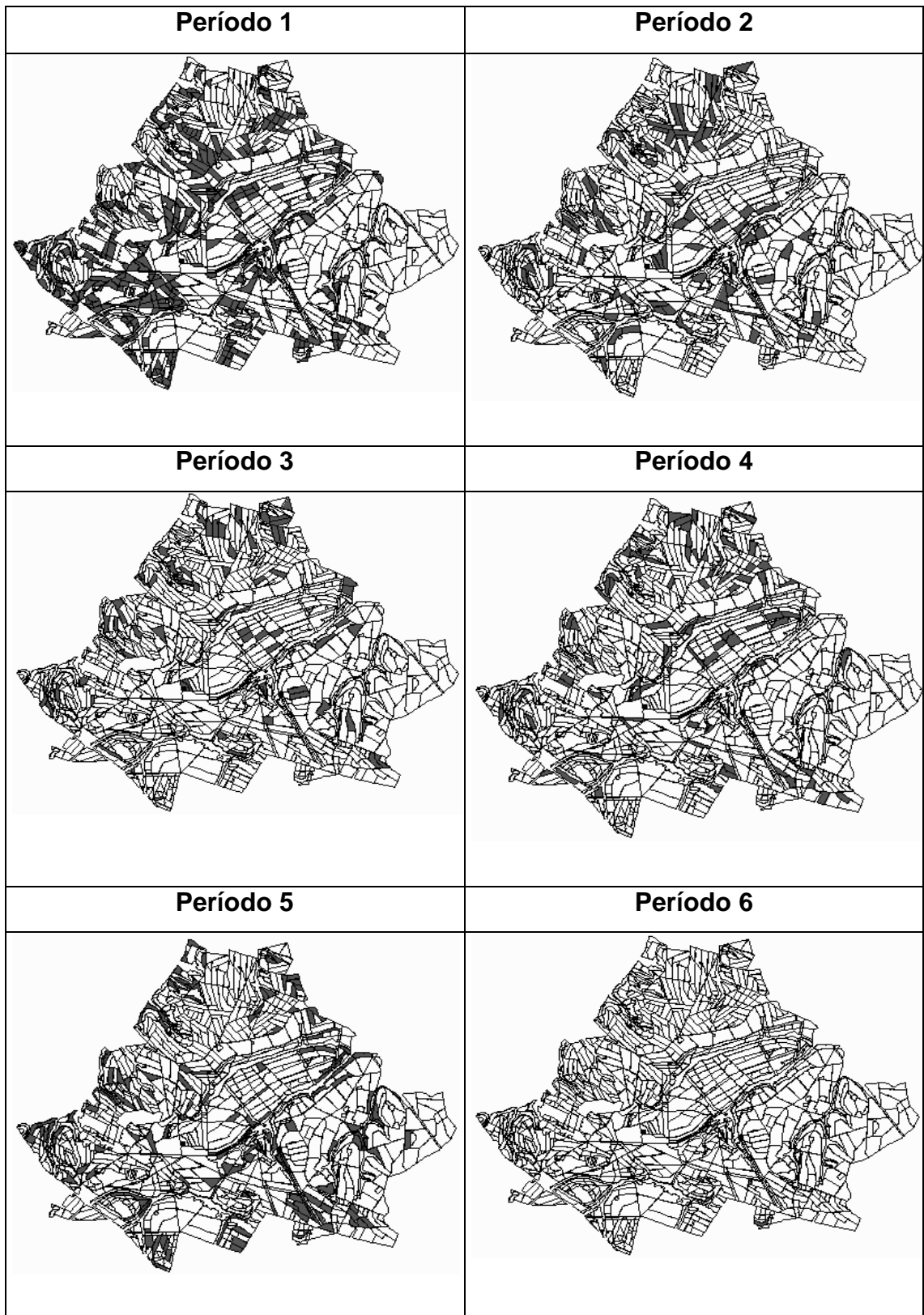
Os resultados referentes à distribuição espacial dos polígonos colhidos em todos os períodos e cenários podem ser vistos nas Figuras 42 a 44. Como pode ser observado nessas figuras, em todos os cenários e períodos avaliados a restrição de tamanho máximo de abertura foi de modo geral atendida. Tal fato pode ser mais bem comprovado, comparando-se a colheita executada no período 2, nos três cenários. Observou-se que no cenário 1, onde foi imposta uma restrição de tamanho de abertura de 25 ha, a colheita concentrou-se, de modo geral, nos menores polígonos, ao passo que nos cenários 2 e 3, onde foi imposta uma restrição de 50 e 100 ha, respectivamente, houve a ocorrência de colheita em polígonos com área maior.

Deve-se, todavia, ressaltar que, para esse tipo de problema, a solução ótima normalmente é difícil de ser encontrada em razão de as análises serem executadas em níveis de polígono e das restrições estabelecidas. O algoritmo utilizado pelo SNAP III não permite a colheita em parte do polígono e não “sabe” qual parte deve ser colhida para manter a restrição. Assim, a colheita é executada em todo o polígono, gerando a abertura de áreas superior à imposta pela restrição. Com isso, o relatório gráfico indica que a colheita foi executada em todo o polígono, o que, muitas vezes, na prática não ocorre.

A solução para esse tipo de problema seria a subdivisão dos polígonos maiores em subunidades menores no Editor Gráfico de Unidades ou estabelecimento de percentuais diferentes de corte no Editor de Tratamento Silvicultural.

4.5.2.5. Tratamentos silviculturais

O SNAP III permite a aplicação de várias opções de tratamentos silviculturais nos polígonos durante o horizonte de planejamento. Nas Figuras 45 a 47, mostra-se parte dos relatórios gráficos com a localização dos polígonos onde foram aplicados os tratamentos silviculturais no período 2 em todos os cenários, que, no caso específico deste trabalho, refere-se somente ao corte raso.




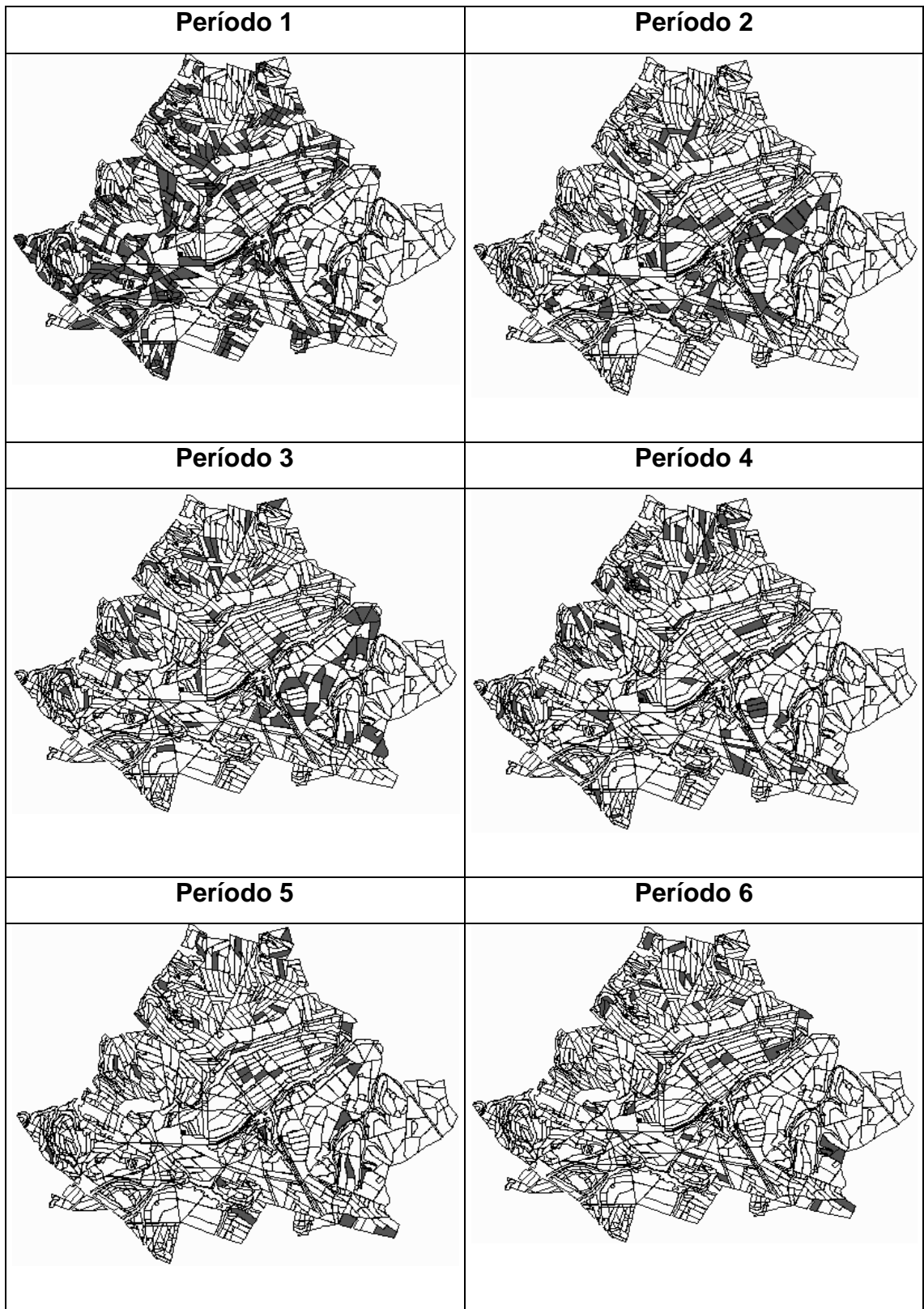
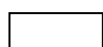
Legenda:  Polígonos não-colhidos  Polígonos colhidos

Figura 42 - Distribuição espacial das unidades de colheita no cenário 1.



Legenda:



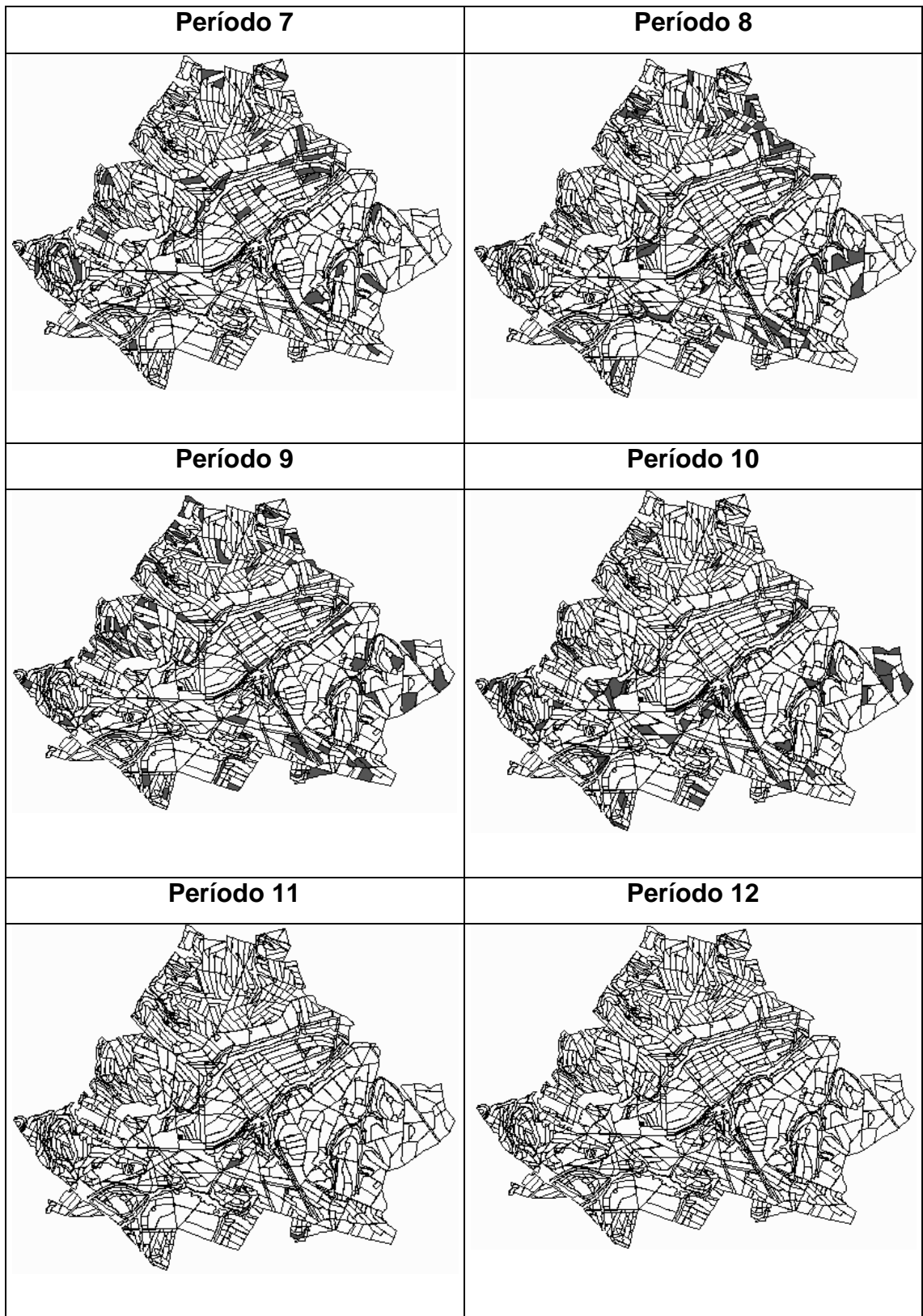
Polígonos não-colhidos



Polígonos colhidos

Continua...

Figura 43 - Distribuição espacial das unidades de colheita no cenário 2.





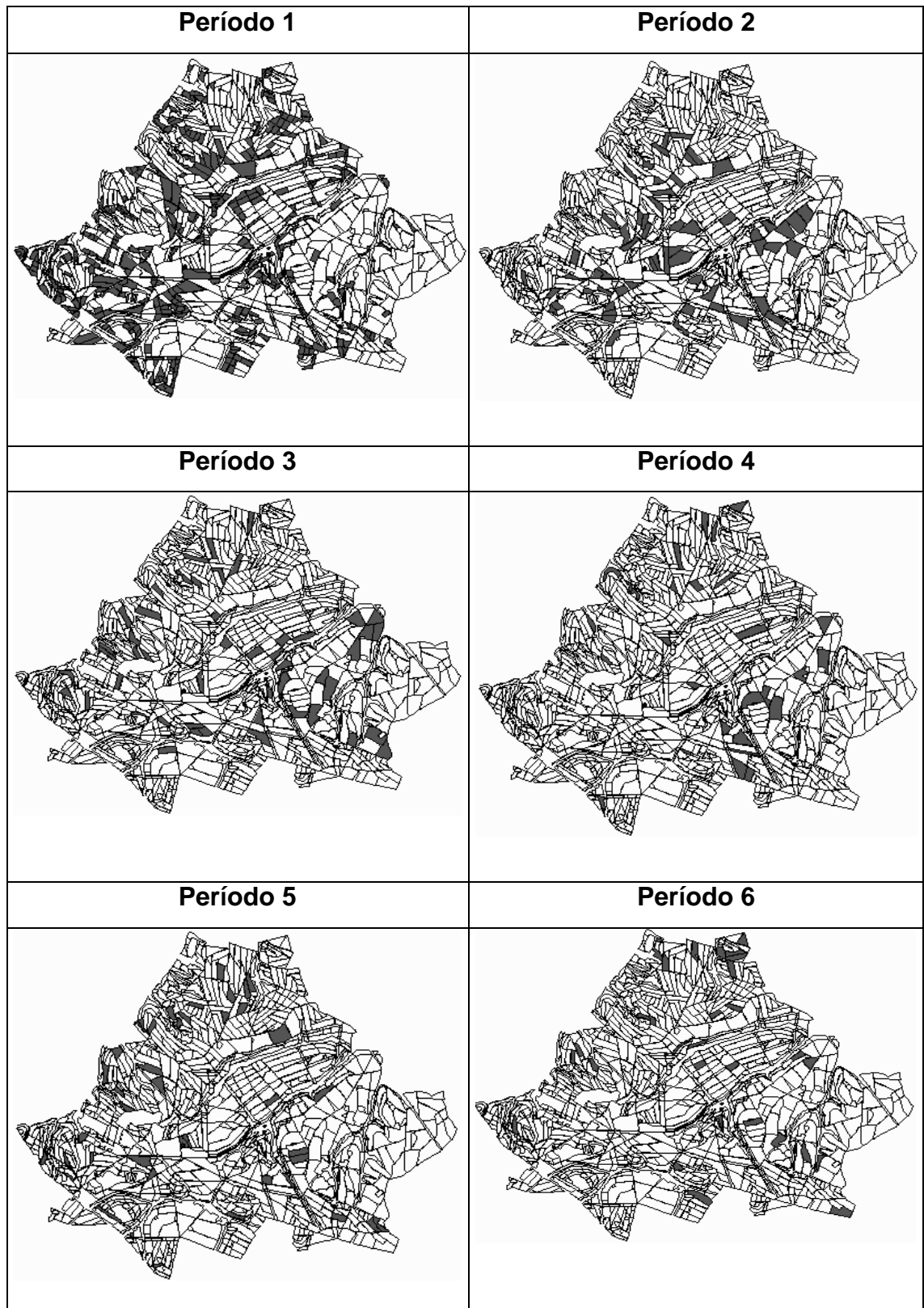


Legenda:  Polígonos não-colhidos  Polígonos colhidos

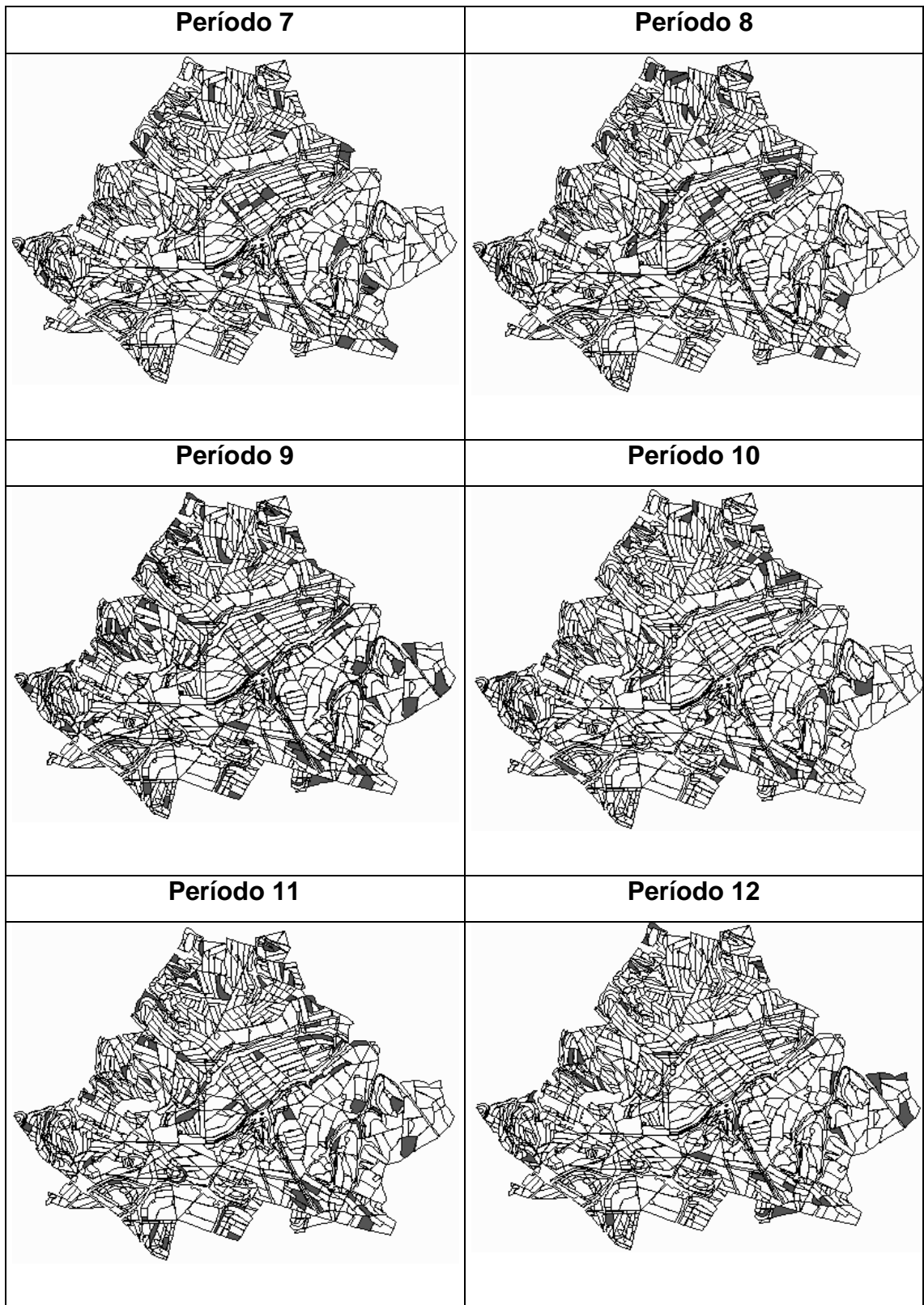
Figura 43, Cont.



Legenda:  Polígonos não-colhidos  Polígonos colhidos

Continua...

Figura 44 - Distribuição espacial das unidades de colheita no cenário 3.





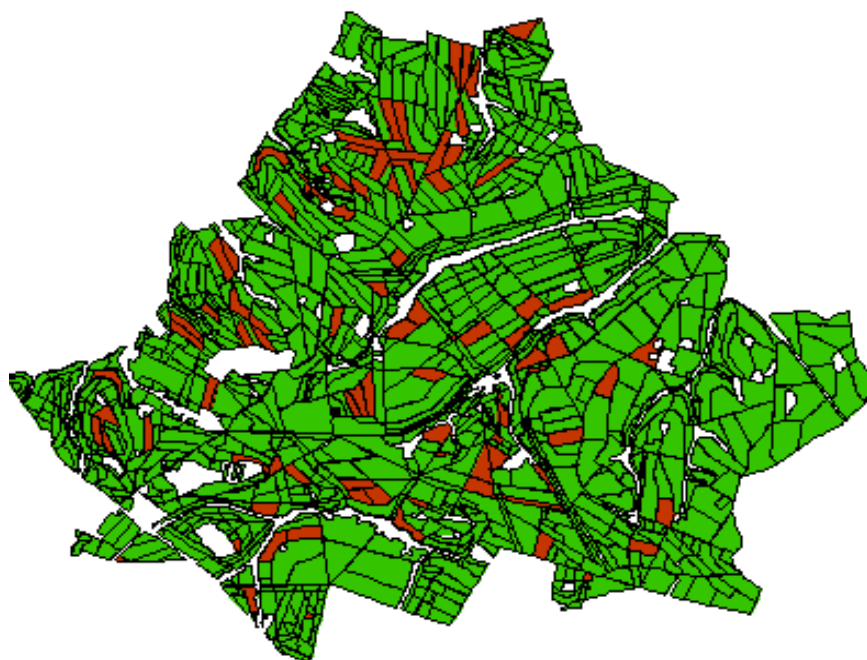
Legenda:  Polígonos não-colhidos  Polígonos colhidos

Figura 44, Cont.



Legenda:  Polígonos não-tratados  Polígonos tratados

Figura 45 - Tratamento silvicultural aplicado no cenário 1, no período 2.





Legenda:  Polígonos não-tratados  Polígonos tratados

Figura 46 - Tratamento silvicultural aplicado no cenário 2, no período 2.

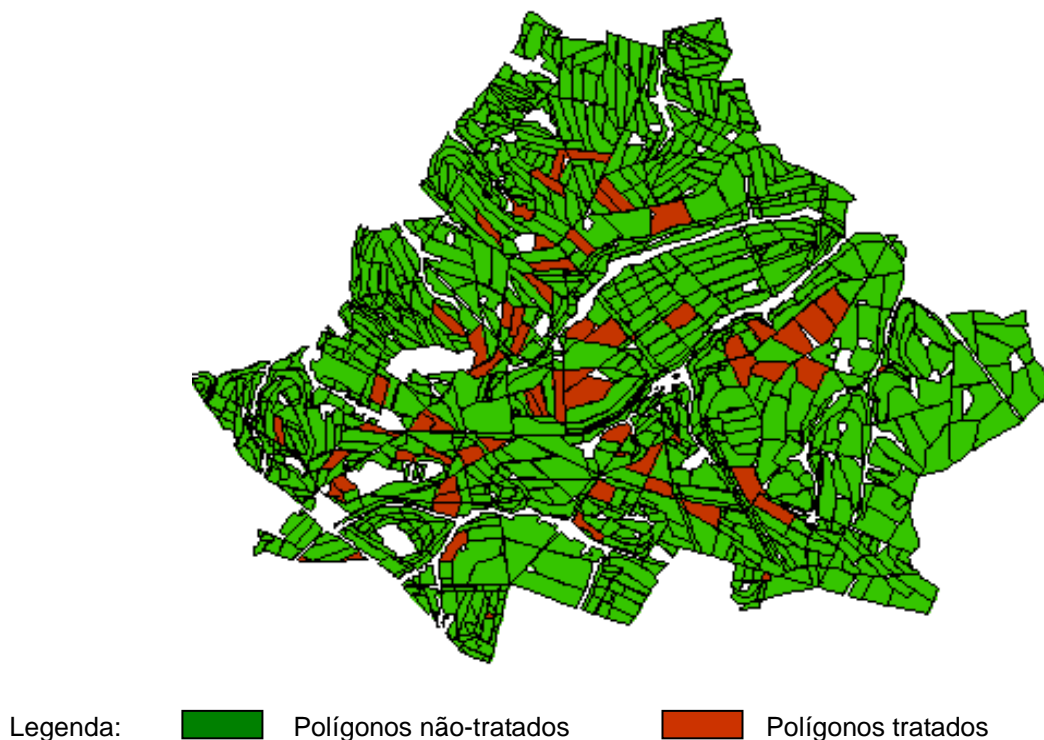


Figura 47 - Tratamento silvicultural aplicado no cenário 3, no período 2.

Notou-se que a geração desse relatório é muito importante, principalmente quando são aplicados vários tratamentos silviculturais dentro de um mesmo período e projeto, por exemplo desbastes em diferentes intensidades. O conhecimento da localização exata dos tratamentos poderá auxiliar a tomada de decisão no planejamento, permitindo a definição e o dimensionamento das equipes de serviços, das máquinas e dos equipamentos, das equipes de apoio, das estimativas de custos e das máquinas e dos processos de controle etc.

4.5.2.6. Análise econômica

O SNAP III tem a capacidade de executar a análise econômica, mostrando a receita líquida obtida em cada polígono. Este valor foi gerado na forma de receita líquida por volume, considerando-se que o polígono foi colhido no primeiro período do horizonte de planejamento, através do melhor tratamento silvicultural, subsistema de colheita e sistema de estrada e rota de transporte. A receita líquida foi obtida através da subtração do valor de mercado da madeira

na indústria pelos custos de formação da floresta, colheita, estradas e transporte.

Nos Quadros 1B a 3B do Apêndice B, mostra-se parte dos relatórios referentes aos polígonos colhidos, com os respectivos volumes, custos e receitas para cada período do horizonte de planejamento nos diferentes cenários avaliados. Nos Quadros 17, 18 e 19 são apresentados o volume total bruto e serrado colhido anualmente; os custos totais de formação, colheita e variáveis, considerados como estradas e transporte; e a receita líquida. Deve-se ressaltar que o volume bruto foi convertido para metro cúbico mais acréscimo de 35%, referente à perda na serraria.

A partir dos dados obtidos, verifica-se, através da Figura 48, que as receitas mantiveram-se constantes em todo o horizonte de planejamento nos três cenários analisados, com exceção do primeiro período, onde foi mais significativa. Tal fato se deve ao menor custo de colheita no primeiro período, em consequência da concentração da colheita nos polígonos de menor área, propiciando a escolha de subsistemas de menor custo operacional e menor distância média de extração. Além disso, verifica-se que somente no cenário 3 as receitas mantiveram-se constantes em todo o horizonte de planejamento devido ao atendimento da demanda.

Quadro 17 - Volume colhido; custos de formação, colheita, manutenção de estradas e transporte; e receitas bruta e líquida obtidas em cada período do horizonte de planejamento, no cenário 1

Período (nº)	Volume Bruto (m³)	Custos				Receitas	
		Fomação (US\$)	Colheita (US\$)	Manut. Estr. (US\$)	Transporte (US\$)	Bruta (US\$)	Líquida (US\$)
1	35.603,55	71.807,16	131.813,14	6.400,64	41.204,11	466.046,47	214.821,43
2	35.568,50	71.736,48	155.662,16	7.793,10	41.163,54	465.587,72	189.232,38
3	35.629,04	71.858,57	155.726,92	10.608,65	41.233,61	466.380,11	186.952,39
4	35.616,29	71.832,87	156.671,67	10.204,67	41.218,85	466.213,29	186.285,17
5	34.995,02	70.579,85	154.331,99	10.223,26	41.061,65	458.080,93	181.884,12
6	506,57	1.021,69	2.154,37	108,15	586,26	6.630,99	2.760,49
7	-	-	-			-	-
8	-	-	-			-	-
9	-	-	-			-	-
10	-	-	-			-	-
11	-	-	-			-	-
12	-	-	-			-	-

Quadro 18 - Volume colhido; custos de formação, colheita, manutenção de estradas e transporte; e receitas bruta e líquida obtidas em cada período do horizonte de planejamento, no cenário 2

Período (nº)	Volume Bruto (m³)	Custos				Receitas	
		Fomação (US\$)	Colheita (US\$)	Manut. Estr. (US\$)	Transporte (US\$)	Bruta (US\$)	Líquida (US\$)
1	35.673,64	71.948,52	131.872,22	6.212,83	41.285,22	466.963,97	215.645,17
2	35.660,90	71.922,82	155.866,17	6.410,95	41.270,48	466.797,15	191.326,72
3	35.619,48	71.839,29	155.685,14	8.604,71	41.222,54	466.254,99	188.903,31
4	35.683,20	71.967,80	155.963,65	9.421,97	41.296,29	467.089,08	188.439,37
5	35.654,53	71.909,97	155.638,02	11.417,46	41.263,11	466.713,74	186.485,19
6	35.609,92	71.820,01	155.443,31	11.403,18	41.211,48	466.129,88	186.251,89
7	35.613,11	71.826,44	156.657,66	10.203,76	41.215,17	466.171,58	186.268,55
8	35.654,53	71.909,97	156.639,54	11.016,85	41.263,11	466.713,74	185.884,27
9	35.660,90	71.922,82	156.467,20	12.220,87	41.270,48	466.797,15	184.915,78
10	35.683,20	71.967,80	156.164,12	16.638,80	41.296,29	467.089,08	181.022,07
11	1.841,51	3.714,05	7.283,27	382,79	2.131,19	24.105,13	10.593,84
12	-	-	-	-	-	-	-

Quadro 19 - Volume colhido; custos de formação, colheita, manutenção de estradas e transporte; e receitas bruta e líquida obtidas em cada período do horizonte de planejamento, no cenário 3

Período (nº)	Volume Bruto (m³)	Custos				Receitas	
		Fomação (US\$)	Colheita (US\$)	Manut. Estr. (US\$)	Transporte (US\$)	Bruta (US\$)	Líquida (US\$)
1	35.676,83	71.954,95	131.884,01	6.413,81	41.288,92	467.005,67	215.464,02
2	35.587,62	71.775,03	155.545,89	6.197,84	41.185,67	465.837,95	191.133,51
3	35.635,41	71.871,42	155.754,77	8.208,16	41.240,98	466.463,51	189.388,19
4	35.622,67	71.845,71	155.298,81	10.406,62	41.226,24	466.296,70	187.519,36
5	35.667,27	71.935,67	155.493,27	10.419,65	41.277,85	466.880,56	187.754,11
6	35.651,34	71.903,54	155.423,82	11.015,87	41.259,42	466.672,03	187.069,39
7	35.613,11	71.826,44	155.257,15	11.604,27	41.215,17	466.171,58	186.268,58
8	35.680,01	71.961,38	155.749,28	11.826,52	41.292,60	467.047,38	186.217,55
9	35.619,48	71.839,29	157.085,91	9.605,25	41.222,54	466.258,08	186.502,00
10	35.676,83	71.954,95	156.537,10	11.625,03	41.288,92	467.005,67	185.599,70
11	35.555,76	71.710,78	156.005,89	10.986,33	41.148,80	465.420,90	185.569,10
12	35.632,22	71.864,99	155.540,66	19.617,74	41.237,29	466.421,81	178.161,07

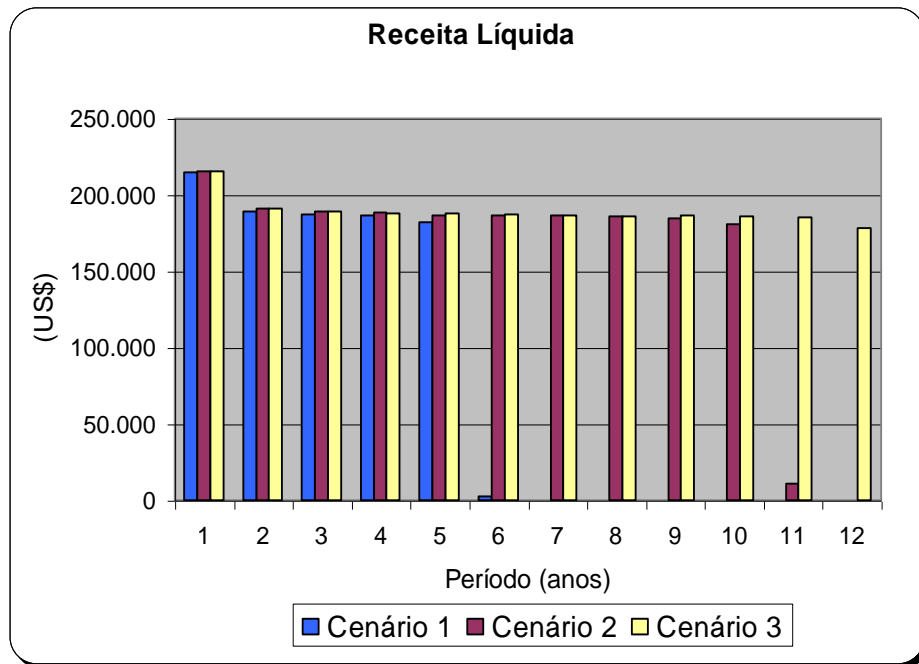


Figura 48 - Receita líquida obtida com a colheita de madeira no horizonte de planejamento, nos três cenários analisados.

As receitas líquidas obtidas com a colheita de cada polígono podem também ser visualizadas através de relatório gráfico, como o exemplificado na Figura 49.

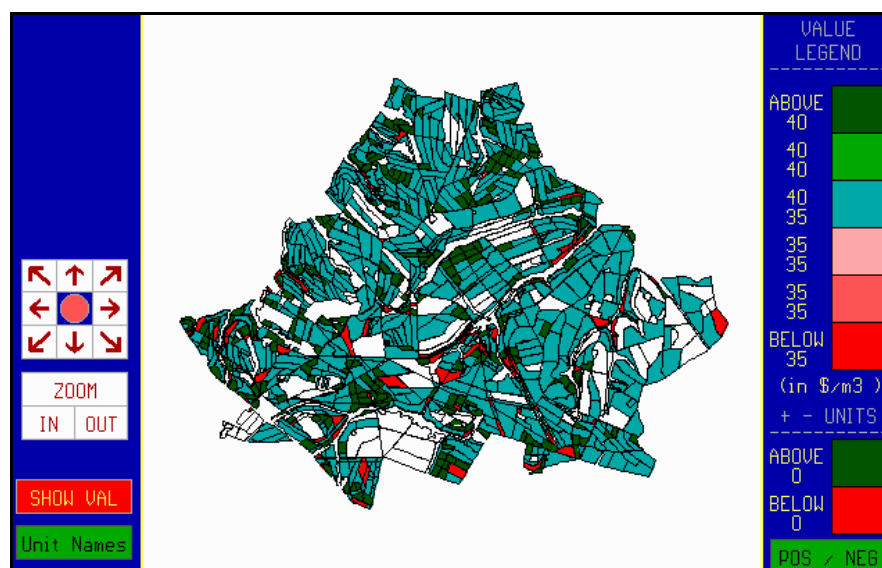


Figura 49 - Receitas líquidas obtidas com a colheita de madeira.

Nesse relatório foi possível visualizar, através de faixas de cores, as receitas líquidas obtidas com a colheita em cada polígono da área de estudo. Foi possível também visualizar, através de cores, os polígonos que apresentaram receitas positivas e negativas, ou seja, aqueles em que as receitas foram maiores ou menores que os custos, respectivamente. Nesse relatório foi possível, ainda, obter os valores referente às receitas obtidas com a colheita de cada polígono, os quais corresponderam ao valor encontrado no relatório tabular.

Observou-se que esse relatório era muito importante no planejamento estratégico da empresa, devido ao fato de permitir, pelo lado econômico, a tomada de decisão com relação à colheita ou não de determinados polígonos, à compra de madeira no mercado, à terceirização de serviços etc.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo geral deste trabalho foi verificar a aplicabilidade do programa SNAP III (**Scheduling and Network Analysis Program**) como ferramenta de apoio no planejamento da colheita e transporte em uma empresa florestal do Brasil, contemplando-se os seguintes aspectos: definição dos subsistemas de colheita, estimativas de custos de estradas, determinação de uma rota compatível de transporte e melhoria dos valores estéticos e paisagísticos da floresta.

O presente estudo foi realizado com dados provenientes da Duratex S.A., empresa que produz madeira serrada para **Pallets, MDF e Flooring**, situada no Município de Agudos, São Paulo. Inicialmente, determinou-se o custo operacional e de produção das máquinas em sete subsistemas de colheita tecnicamente viáveis para a região de estudo, bem como elaborou-se uma classificação de estradas florestais com base em parâmetros técnicos para obtenção de informações de qualidade e de custos, os quais foram utilizados como dados de entrada no programa. Posteriormente, com base nos dados obtidos e estimados, verificou-se a aplicabilidade do programa SNAP III como ferramenta de apoio nos planejamentos estratégico, gerencial e operacional da colheita e transporte em três cenários da referida empresa florestal.

Nas condições em que este trabalho foi conduzido e com base na análise e discussão dos resultados, as principais conclusões foram as seguintes:

- a) A elaboração de um sistema de classificação de estradas florestais é importante na determinação dos custos reais de construção e manutenção, dando subsídios à tomada de decisão com vistas à abertura, à conservação e à avaliação das estradas existentes.
- b) Na área de realização do estudo, observaram-se três categorias de estradas: principal, secundária e terciária, cuja estimativa de custos de construção, baseada na classificação elaborada, foram de US\$5.084,30; US\$2.275,28; e US\$1.650,00/km, respectivamente.
- c) As estradas principais apresentaram custo de construção e manutenção mais elevado devido ao seu melhor padrão de qualidade, exigido pelo elevado volume de tráfego de veículos leves, pesados e extrapesados durante todo o ano.
- d) O programa SNAP III mostrou-se de elevado potencial como ferramenta de apoio ao planejamento da colheita e transporte florestal nas condições brasileiras.
- e) O programa mostrou-se eficiente técnica e economicamente na definição dos subsistemas de colheita, auxiliando na tomada de decisões, como: definição e dimensionamento das equipes de corte, máquinas e equipamentos; estimativas de produtividades; processo de controle, etc.
- f) O programa permitiu a determinação de uma rota compatível de transporte e a extensão de estradas em uso, cujas informações são importantes para o planejamento do transporte, possibilitando prever o desempenho dos veículos de transporte e decisões com relação à conservação das estradas existentes e ao deslocamento de pessoal de serviço, máquinas e veículos etc.
- g) O programa abordou adequadamente a distribuição espacial dos polígonos por ocasião da colheita, evitando a abertura de grandes clareiras, minimizando os impactos visuais e permitindo a melhoria dos valores estéticos e paisagísticos da floresta na tomada de decisão.

6. LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

As principais limitações do programa SNAP III observadas durante a realização deste trabalho foram:

- a) Somente permite a migração de dados provenientes do sistema de informações geográficas ArcInfo Unix.
- b) Somente trabalha no ambiente DOS, o que dificulta a entrada de dados e interpretação dos resultados.
- c) Necessidade de um aplicativo específico para a transferência dos dados do ArcInfo para o SNAP III.
- d) Necessidade de hardwares de softwares específicos para a conversão dos dados.
- e) Complexidade na obtenção e construção do banco de dados.
- f) Não permite a análise econômica em todos os períodos do horizonte de planejamento.
- g) Dificuldade de obtenção de uma solução ótima para grandes problemas.

Como este trabalho contemplou somente aspectos relacionados com a colheita e o transporte florestal, sugere-se aplicar o SNAP III no desenvolvimento de outros trabalhos em áreas da Ciência Florestal, como:

- **Manejo florestal:** analisar técnica e economicamente o manejo de florestas equiâneas e inequiâneas a partir da combinação de diversos tratamentos silviculturais em diferentes intensidades.
- **Fauna terrestre:** estudar o comportamento da fauna terrestre a partir da implantação de diferentes combinações e largura de corredores de fauna.
- **Fauna aquática:** estudar as implicações da colheita florestal sobre a temperatura dos cursos d'água e, conseqüentemente, sobre o comportamento da fauna aquática.
- **Economia florestal:** planejar a colheita em diversos cenários e, posteriormente, de posse dos resultados obtidos, fazer uma análise econômica de todo o horizonte de planejamento.
- **Otimização florestal:** estudar a distribuição espacial da colheita florestal em diversos cenários e avaliar as implicações técnico-econômicas e operacionais de sua implementação.
- **Colheita florestal:** planejar a colheita e o transporte florestal semestralmente, de forma a contemplar o período chuvoso e de seca.

Apesar de o SNAP III ter-se mostrado de elevado potencial como ferramenta de apoio ao planejamento da colheita e transporte florestal e devido à inexistência no Brasil de programas completos de planejamento, recomenda-se o desenvolvimento de um programa para a realidade brasileira, no ambiente operacional Windows, o que permitirá aumento de produtividade, melhoria da qualidade, minimização dos impactos ambientais e redução dos custos de produção, bem como, conseqüentemente, o desenvolvimento do setor de colheita e transporte florestal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, E. L. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão.** Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1989. 377 p.

ARCE, J. E. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos.** Curitiba, PR: UFPR, 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

CLUTTER, J. L.; FORTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRISTER, G. H.; BAILEY, R. L. **Timber management: a quantitative approach.** New York: Wiley, 1992. 333 p.

COMASTRI, J. A.; CARVALHO, C. A. **Estradas (traçado geométrico).** Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1981. 71 p. (Apostila, 112).

DYKSTRA, D. P. **Mathematical programing for natural resource management.** New York: McGraw-Hill, 1984. 318 p.

EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX. Colheita da madeira em florestas com baixo volume por árvore. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 4, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: UFV/SIF, 1999. p. 54-72.

EQUIPE TÉCNICA DA DURATEX. Sistemas de colheita e transporte na Duratex. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 3, 1997, Vitória. **Anais...** Vitória, ES: UFV/SIF, 1997. p. 24-45.

FERNANDES, D. C. **Viabilidade do uso de alcatrão de madeira de eucalipto na estabilização de solos residuais para fins rodoviários**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 124 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FERNANDES, E. N. **Sistema inteligente de apoio ao processo de avaliação de impactos ambientais de atividades agropecuárias**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 122 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FILGUEIRAS, J. F. **Um modelo de substituição de equipamentos para minimizar custos operacionais em uma empresa florestal**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 54 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

HILLER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. Rio de Janeiro: Campus, 1988. 805 p.

JOHNSON, K. N.; STUART, T. W. **FORPLAN version 2: mathematical programmer's guide**. [S.l.: s.n.], 1987. Não paginado.

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

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

MACHADO, C. C. **Exploração florestal - V parte**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1985. 15 p. (Apostila).

MACHADO, C. C. **Planejamento e controle de custos na exploração florestal**. Viçosa, MG: UFV, Impr. Univ., 1984. 138 p.

MACHADO, C. C. **Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF): desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário**. Curitiba, PR: UFPr, 1989. 188 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MACHADO, C. C. **Transroad**. Viçosa, MG: Impr. Univ., 1991. Não paginado.

MACHADO, C. C.; CARVALHO, C. A. B.; SANTOS, S. L. Desenvolvimento de um irregularímetro utilizável na avaliação da qualidade da superfície de rolamento de estradas agro-florestais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 16, n. 1., p. 104-111, 1992.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 167 p. il.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Rede viária florestal**. Curitiba: UFPr, FUPEF, 1986. 157 p.

MACHADO, C. C.; SANTOS, S. L. M.; FONTES, S. L. M. **Influência da qualidade da rodovia no custo de transporte florestal**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 1, 1991. Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: UFV/SIF, 1991. p. 1-17.

MAGRO, T. C. Manejo de paisagens em áreas florestadas. **Silvicultura**, São Paulo, n. 69, p. 38-45, 1997.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos sistemas de colheita de Pinus na Região Sul do Brasil**. Curitiba: FUPEF, 1998. 138 p.

MARQUES, R. T. **Otimização de um sistema de transporte florestal rodoviário pelo método PERT/CPM**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MEDINA, J. **Mecânica dos pavimentos**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1977. 380 p.

MELLO, W. Mecanização no processo de colheita. **Silvicultura**, São Paulo, v. 17, n. 69. p. 1-8, 1997.

MIYATA, E. S. **Determining fixed and operating costs of logging equipment**. [S.l.]: USDA Forest Service, 1980. 16 p. (General Technical Report, NC-55).

MOREIRA, F. M. T. **Análise técnica e econômica de subsistemas de colheita de madeira de eucalipto em terceira rotação**. Viçosa, MG: UFV, 2000. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NAESSET, E. Geographical information systems in long-term forest management and planning with special reference to preservation of biological diversity: a review. **Forest Ecology and Management**, v. 93, p. 121-136, 1997.

NELSON, J.; BRODE, J. D.; SESSIONS, J. Integrating short-term, area-based logging plans with long-term harvest schedules. **Forest Science**, v. 37, n. 1, p. 101-121, 1991.

REZENDE, J. L. P.; JUNIOR, V. B. L.; SILVA, M. L. O setor florestal brasileiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 18, n. 185, p. 7-14, 1996.

RHIND, D. **Understanding GIS the Arc/Info method**. RedLands: Environment Stems Reserch Institute, 1991. 411 p.

RIPASA CELULOSE E PAPEL. **Desenvolvimento operacional de exploração.** [S.l.: s.n.t.].

RODRIGUES, F. L. **Regulação de florestas equiâneas utilizando programação linear.** Viçosa, MG: UFV, 1997. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

RUMMER, R.; STOKES, B. J.; SEIXAS, F. Forest harvesting in the United States: a search for sustainable management in balance with the ecosystem. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 9, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPr/FUPEF, 1996. p. 73-94.

SALMERON, A. **A mecanização da exploração florestal.** Piracicaba, SP: IPEF, 1980. (Circular Técnica, 88).

SANTOS, S. L. M. **Alocação ótima de máquinas na colheita de madeira.** Viçosa, MG: UFV, 1995. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SANTOS, S. L. M. **Sistema de apoio à decisão em colheita florestal.** Viçosa, MG: UFV, 2000. 83 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SEIXAS, F. **Estudo comparativo entre dois sistemas operacionais de exploração de madeira utilizando toras com diferentes comprimentos.** Campinas, SP: UNICAMP, 1985. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade de Campinas, Campinas.

SENÇO, W. **Manual de técnicas de pavimentação.** São Paulo: Pini, 1997. 174 p.

SESSIONS, J.; SESSIONS, J. B. **Scheduling and network analysis program: User's Guide.** [S.l.: s.n.t.], 1992.

SILVA, M. L.; VALVERDE, S. R. O que se espera da política florestal brasileira. **Revista Folha Florestal**, Viçosa, MG, (Edição Especial), p. 27, 1997.

STOHR, G. W. D. **Análise de sistema na exploração e transporte florestal.** Curitiba, FUPEF, 1978. 182 p.

TANAKA, O. K. Exploração e transporte na cultura do eucalipto. **Informe Agropecuário**, v. 12, n. 141, p. 24-30, 1986.

THOMPSON, T. L. Decision support systems for ecosystem management: an evaluation of existing systems. In: **Rocky mountain research station.** Fort Collins: Colorado, August, 1997. p. 118-122.

VALVERDE, S. R. **Análise técnica e econômica do sistema de colheita de árvores inteiras em povoamentos de eucalipto**. Viçosa, MG: UFV, 1995. 123 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

YOSHIMOTO, A.; BRODIE, J. D.; SESSIONS, J. A new heuristic to solve spatially constrained long-term harvest scheduling problems. **Forest Science**, v. 40, n. 3, p. 365-396, 1994.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Quadro 1A - Relatório referente ao volume total de madeira colhido em cada polígono do horizonte de planejamento no cenário 1

Polig. Nº	Período												VT (m ³)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
10	0	0	0	340,9	0	0	0	0	0	0	0	0	340,9
1.008	293,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	293,1
1.045	0	0	0	156,1	0	0	0	0	0	0	0	0	156,1
1.047	0	375,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	375,9
106	0	0	0	487,5	0	0	0	0	0	0	0	0	487,5
1.061	0	0	0	535,2	0	0	0	0	0	0	0	0	535,2
1.062	0	576,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	576,7
1.065	0	401,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	401,4
1.079	0	0	0	0	286,7	0	0	0	0	0	0	0	286,7
1.084	0	446,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	446,0
1.090	0	0	331,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	331,3
1.095	0	0	229,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229,4
1.098	0	0	0	140,2	0	0	0	0	0	0	0	0	140,2
1.099	264,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	264,4
110	0	500,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500,2
1.104	146,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	146,6
1.106	0	0	0	0	229,4	0	0	0	0	0	0	0	229,4
111	0	570,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	570,3
1.118	194,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	194,3
1.124	0	0	0	411,5	0	0	0	0	0	0	0	0	411,0
114	165,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	165,7
1.141	0	0	0	0	385,5	0	0	0	0	0	0	0	385,5
1.145	0	0	0	340,9	0	0	0	0	0	0	0	0	340,9
1.164	0	442,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	442,9
1.168	337,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337,7
131	0	535,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	535,2
134	0	0	0	0	350,5	0	0	0	0	0	0	0	350,5
136	0	0	0	0	379,1	0	0	0	0	0	0	0	379,1
14	0	0	0	0	548,0	0	0	0	0	0	0	0	548,0
145	0	0	0	576,7	0	0	0	0	0	0	0	0	576,7
15	0	0	0	0	315,4	0	0	0	0	0	0	0	315,4
153	0	0	0	426,9	0	0	0	0	0	0	0	0	426,9
158	0	449,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	449,2
160	0	0	0	525,7	0	0	0	0	0	0	0	0	525,7
162	0	0	707,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	707,3
163	0	512,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	512,9
.
.
.
Total	35.604	35.569	35.629	35.616	34.995	507	0	0	0	0	0	0	177.919,0

Quadro 2A - Relatório referente ao volume total de madeira colhido em cada polígono do horizonte de planejamento no cenário 2

Polig. Nº	Período												VT (m³)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
10	0	0	0	0	0	0	0	618,1	0	0	0	0	618,1
1.033	0	0	0	0	0	296,3	0	0	0	0	0	0	296,3
1.047	0	0	417,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	417,4
106	0	0	0	0	0	685	0	0	0	0	0	0	685,0
1.061	0	0	0	0	0	0	0	761,5	0	0	0	0	761,4
1.062	0	576,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	576,7
1.065	0	0	0	602,2	0	0	0	0	0	0	0	0	602,2
1.079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	583	0	0	583,0
1.084	0	0	0	579,9	0	0	0	0	0	0	0	0	579,8
1.106	0	0	0	0	0	0	0	0	363,2	0	0	0	363,2
111	0	0	653,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	653,1
1.119	0	0	0	0	790,1	0	0	0	0	0	0	0	790,1
1.124	0	0	0	0	0	0	0	751,9	0	0	0	0	751,9
1.136	0	0	0	0	1341	0	0	0	0	0	0	0	1.341,3
1.141	0	0	0	0	0	0	0	0	0	783,8	0	0	783,7
1.145	0	0	0	0	0	404,6	0	0	0	0	0	0	404,6
1.147	0	0	0	0	0	0	334,5	0	0	0	0	0	334,5
1.148	0	0	0	0	0	0	0	0	411	0	0	0	411,0
1.164	0	0	0	557,6	0	0	0	0	0	0	0	0	557,6
1.168	337,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337,7
1.170	0	0	0	0	920,8	0	0	0	0	0	0	0	920,8
1.178	0	0	0	0	0	0	0	363,2	0	0	0	0	363,2
1.190	0	0	0	0	0	0	0	0	411	0	0	0	411,0
134	0	0	0	0	0	0	0	0	497	0	0	0	497,0
138	0	0	0	0	0	0	990,8	0	0	0	0	0	990,8
143	0	755,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	755,1
145	0	0	0	0	0	0	0	914,4	0	0	0	0	914,4
15	0	0	0	0	0	0	0	0	532,1	0	0	0	532,1
158	0	0	490,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	490,6
160	0	0	0	0	0	630,8	0	0	0	0	0	0	630,8
162	0	0	0	949,4	0	0	0	0	0	0	0	0	949,4
173	0	0	0	0	0	669,1	0	0	0	0	0	0	669,1
174	0	0	0	0	0	0	0	643,6	0	0	0	0	643,6
177	0	1020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.019,5
182	0	0	0	0	0	0	0	879,3	0	0	0	0	.879,3
190	0	0	0	0	1204	0	0	0	0	0	0	0	1.204,3
205	439,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	439,6
.
.
.
Total	35.674	35.661	35.619	35.683	35.655	35.610	35.613	35.655	35.661	35.683	1.842	0	358.354,9

Quadro 3A - Relatório referente ao volume total de madeira colhido em cada polígono do horizonte de planejamento no cenário 3

Polig. Nº	Período												VT (m³)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	688,2	0	0	0	688,2
1.003	0	0	0	697,7	0	0	0	0	0	0	0	0	697,7
1.008	293,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	293,1
1.033	0	0	0	0	0	0	321,8	0	0	0	0	0	321,8
1.043	0	0	0	0	0	0	0	0	0	318,6	0	0	318,6
1.047	0	0	417,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	417,4
106	0	0	0	0	0	0	786,9	0	0	0	0	0	786,9
1.061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	904,8	0	0	904,8
1.062	0	576,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	576,7
1.065	0	0	0	602,2	0	0	0	0	0	0	0	0	602,1
1.084	0	0	0	0	643,6	0	0	0	0	0	0	0	643,5
1.090	0	0	0	0	404,6	0	0	0	0	0	0	0	404,6
1.093	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337,7	0	0	337,7
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.399	0	0	2.399,1
110	0	0	551,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	551,2
1.106	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	430,1	0	430,1
111	0	0	653,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	653,1
1.119	0	0	0	0	0	860,22	0	0	0	0	0	0	860,2
1.124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	917,6	0	0	917,6
113	0	0	0	0	0	0	0	0	0	879,3	0	0	879,3
1.146	0	0	0	0	0	0	404,6	0	0	0	0	0	404,6
1.147	0	0	0	0	0	0	0	363,2	0	0	0	0	363,2
1.148	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	487,5	0	487,4
1.164	0	0	0	557,6	0	0	0	0	0	0	0	0	557,5
1.168	337,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337,7
117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312,2	0	0	312,2
1.178	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	468,3	0	468,3
133	0	0	0	0	312,2	0	0	0	0	0	0	0	312,2
134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	589,4	0	589,4
137	0	0	0	544,8	0	0	0	0	0	0	0	0	544,8
138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1179	0	0	1.178,8
141	0	767,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	767,8
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	640,4	0	640,4
153	0	0	0	0	0	0	0	0	866,6	0	0	0	866,6
160	0	0	0	0	0	0	688,2	0	0	0	0	0	688,2
161	0	0	0	0	0	0	0	328,2	0	0	0	0	328,1
162	0	0	0	0	1185	0	0	0	0	0	0	0	1.185,2
163	0	0	688,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	688,2
165	0	0	0	0	430,1	0	0	0	0	0	0	0	430,1
17	0	0	0	0	0	0	0	1.150	0	0	0	0	1.150,2
170	0	0	1.494	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.494,2
.
.
.
Total	35.677	35.588	35.635	35.623	35.667	35.651	35.613	35.680	35.619	35.677	35.556	35.632	42.7618,5

APÊNDICE B

Quadro 1B - Parte do relatório referente ao volume colhido; aos custos de formação, colheita, manutenção de estrada e transporte; e às receitas bruta e líquida obtidas nos polígonos em cada período do horizonte de planejamento no cenário 1

Período 1

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
742	63	200,72	2,02	3,00	0,04	1,16	13,09	6,88
439	111	353,65	2,02	2,98	0,14	1,16	13,09	6,79
223	95	302,67	2,02	2,98	0,17	1,16	13,09	6,76
222	40	127,44	2,02	3,03	0,09	1,16	13,09	6,79
940	49	156,11	2,02	3,02	0,15	1,16	13,09	6,75
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 2

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
981	183	583,04	2,02	4,37	0,12	1,16	13,09	5,43
750	129	410,99	2,02	4,38	0,13	1,16	13,09	5,40
224	252	802,87	2,02	4,37	0,17	1,16	13,09	5,38
915	297	946,24	2,02	4,37	0,19	1,16	13,09	5,36
986	99	315,41	2,02	4,39	0,17	1,16	13,09	5,35
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 3

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
782	130	414,18	2,02	4,38	0,11	1,16	13,09	5,43
162	222	707,29	2,02	4,37	0,21	1,16	13,09	5,33
190	226	720,04	2,02	4,37	0,25	1,16	13,09	5,30
898	287	914,38	2,02	4,37	0,26	1,16	13,09	5,28
91	132	420,55	2,02	4,38	0,25	1,16	13,09	5,28
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 4

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
916	140	446,04	2,02	4,38	0,13	1,16	13,09	5,41
458	271	863,41	2,02	4,37	0,21	1,16	13,09	5,34
106	153	487,46	2,02	4,38	0,26	1,16	13,09	5,28
173	149	474,71	2,02	4,38	0,27	1,16	13,09	5,27
153	134	426,92	2,02	4,38	0,29	1,16	13,09	5,25
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 5

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
653	129	410,99	2,02	4,38	0,04	1,16	13,09	5,49
548	223	710,48	2,02	4,37	0,13	1,16	13,09	5,42
424	110	350,46	2,02	4,39	0,15	1,16	13,09	5,38
457	107	340,90	2,02	4,39	0,19	1,16	13,09	5,34
1.044	333	1.060,94	2,02	4,37	0,25	1,16	13,09	5,30
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 6

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
1161	6	19,12	2,02	3,51	0,34	1,16	13,09	6,07
966	5	15,93	2,02	3,62	0,08	1,16	13,09	6,22
463	5	15,93	2,02	3,62	0,15	1,16	13,09	6,15
700	5	15,93	2,02	3,62	0,19	1,16	13,09	6,11
1.151	5	15,93	2,02	3,62	0,22	1,16	13,09	6,08
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Quadro 2B - Parte do relatório referente ao volume colhido; aos custos de formação, colheita, manutenção de estrada e transporte; e às receitas bruta e líquida obtidas nos polígonos em cada período do horizonte de planejamento no cenário 2

Período 1

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
439	111	353,65	2,02	2,98	0,14	1,16	13,09	6,79
1168	106	337,72	2,02	3,13	0,26	1,16	13,09	6,53
789	236	751,90	2,02	4,37	0,07	1,16	13,09	5,48
847	100	318,60	2,02	4,39	0,02	1,16	13,09	5,51
928	150	477,90	2,02	4,38	0,07	1,16	13,09	5,47
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 2

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
914	164	522,50	2,02	4,38	0,09	1,16	13,09	5,45
480	190	605,34	2,02	4,37	0,11	1,16	13,09	5,44
981	183	583,04	2,02	4,37	0,12	1,16	13,09	5,43
177	320	1.019,52	2,02	4,37	0,15	1,16	13,09	5,40
572	438	1.395,47	2,02	4,36	0,18	1,16	13,09	5,38
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 3

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
298	221	704,11	2,02	4,37	0,18	1,16	13,09	5,37
918	143	455,60	2,02	4,38	0,16	1,16	13,09	5,38
972	622	1.981,69	2,02	4,36	0,24	1,16	13,09	5,32
163	216	688,18	2,02	4,37	0,22	1,16	13,09	5,33
413	404	1.287,14	2,02	4,36	0,24	1,16	13,09	5,31
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 4

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
782	174	554,36	2,02	4,37	0,11	1,16	13,09	5,44
179	338	1.076,87	2,02	4,37	0,21	1,16	13,09	5,34
162	298	949,43	2,02	4,37	0,21	1,16	13,09	5,34
421	333	1.060,94	2,02	4,37	0,22	1,16	13,09	5,33
1.003	219	697,73	2,02	4,37	0,24	1,16	13,09	5,31
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 5

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
190	378	1.204,31	2,02	4,37	0,25	1,16	13,09	5,30
1.136	421	1.341,31	2,02	4,36	0,28	1,16	13,09	5,28
94	216	688,18	2,02	4,37	0,31	1,16	13,09	5,24
390	111	353,65	2,02	4,39	0,28	1,16	13,09	5,25
856	202	643,57	2,02	4,37	0,31	1,16	13,09	5,24
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 6

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
799	192	611,71	2,02	4,37	0,07	1,16	13,09	5,48
916	211	672,25	2,02	4,37	0,13	1,16	13,09	5,42
106	215	684,99	2,02	4,37	0,26	1,16	13,09	5,28
173	210	669,06	2,02	4,37	0,27	1,16	13,09	5,28
401	115	366,39	2,02	4,38	0,29	1,16	13,09	5,25
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 7

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
153	217	691,36	2,02	4,37	0,29	1,16	13,09	5,26
21	151	481,09	2,02	4,38	0,28	1,16	13,09	5,26
718	121	385,51	2,02	4,38	0,27	1,16	13,09	5,26
343	128	407,81	2,02	4,38	0,31	1,16	13,09	5,22
244	105	334,53	2,02	4,39	0,33	1,16	13,09	5,20
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 8

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
781	115	366,39	2,02	4,38	0,13	1,16	13,09	5,40
10	194	618,08	2,02	4,37	0,27	1,16	13,09	5,28
87	266	847,48	2,02	4,37	0,33	1,16	13,09	5,22
92	173	551,18	2,02	4,37	0,33	1,16	13,09	5,22
1.124	236	751,90	2,02	4,37	0,34	1,16	13,09	5,20
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 9

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
899	144	458,78	2,02	4,38	0,03	1,16	13,09	5,51
548	451	1.436,89	2,02	4,36	0,13	1,16	13,09	5,43
457	196	624,46	2,02	4,37	0,19	1,16	13,09	5,35
543	468	1.491,05	2,02	4,36	0,26	1,16	13,09	5,29
15	167	532,06	2,02	4,37	0,30	1,16	13,09	5,25
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 10

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
653	295	939,87	2,02	4,37	0,04	1,16	13,09	5,51
647	170	541,62	2,02	4,37	0,08	1,16	13,09	5,47
424	252	802,87	2,02	4,37	0,15	1,16	13,09	5,39
919	151	481,09	2,02	4,38	0,15	1,16	13,09	5,39
792	177	563,92	2,02	4,37	0,23	1,16	13,09	5,31
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 11

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
622	37	117,88	2,02	3,04	0,12	1,16	13,09	6,76
993	44	140,18	2,02	3,03	0,19	1,16	13,09	6,70
561	20	63,72	2,02	3,12	0,08	1,16	13,09	6,71
479	39	124,25	2,02	3,03	0,43	1,16	13,09	6,45
749	19	60,53	2,02	3,12	0,25	1,16	13,09	6,54
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Quadro 3B - Parte do relatório referente ao volume colhido; aos custos de formação, colheita, manutenção de estrada e transporte; e às receitas bruta e líquida obtidas nos polígonos em cada período do horizonte de planejamento no cenário 3

Período 1

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
742	63	200,72	2,02	3,00	0,04	1,16	13,09	6,88
222	40	127,44	2,02	3,03	0,09	1,16	13,09	6,79
940	49	156,11	2,02	3,02	0,15	1,16	13,09	6,75
155	37	117,88	2,02	3,04	0,17	1,16	13,09	6,70
379	39	124,25	2,02	3,19	0,22	1,16	13,09	6,51
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 2

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
914	164	522,50	2,02	4,38	0,09	1,16	13,09	5,45
480	190	605,34	2,02	4,37	0,11	1,16	13,09	5,44
981	183	583,04	2,02	4,37	0,12	1,16	13,09	5,43
177	320	1.019,52	2,02	4,37	0,15	1,16	13,09	5,40
572	438	1.395,47	2,02	4,36	0,18	1,16	13,09	5,38
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 3

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
750	194	618,08	2,02	4,37	0,13	1,16	13,09	5,42
170	469	1.494,23	2,02	4,36	0,19	1,16	13,09	5,37
722	417	1.328,56	2,02	4,36	0,17	1,16	13,09	5,39
298	221	704,11	2,02	4,37	0,18	1,16	13,09	5,37
163	216	688,18	2,02	4,37	0,22	1,16	13,09	5,33
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 4

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
179	338	1.076,87	2,02	4,35	0,21	1,16	13,09	5,35
1.003	219	697,73	2,02	4,37	0,24	1,16	13,09	5,31
288	148	471,53	2,02	4,38	0,22	1,16	13,09	5,31
1.065	189	602,15	2,02	4,37	0,25	1,16	13,09	5,30
868	155	493,83	2,02	4,38	0,25	1,16	13,09	5,29
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 5

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
165	135	430,11	2,02	4,38	0,21	1,16	13,09	5,33
75	294	936,68	2,02	4,37	0,25	1,16	13,09	5,30
898	481	1.532,47	2,02	4,36	0,26	1,16	13,09	5,29
91	186	592,60	2,02	4,37	0,25	1,16	13,09	5,29
1.084	202	643,57	2,02	4,37	0,28	1,16	13,09	5,26
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 6

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
372	171	544,81	2,02	4,37	0,25	1,16	13,09	5,29
721	345	1.099,17	2,02	4,37	0,29	1,16	13,09	5,26
27	387	1.232,98	2,02	4,37	0,30	1,16	13,09	5,25
342	113	360,02	2,02	4,38	0,27	1,16	13,09	5,26
390	122	388,69	2,02	4,38	0,28	1,16	13,09	5,26
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 7

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
799	224	713,66	2,02	4,37	0,07	1,16	13,09	5,48
1.136	592	1.886,11	2,02	4,36	0,28	1,16	13,09	5,28
106	247	786,94	2,02	4,37	0,26	1,16	13,09	5,28
401	126	401,44	2,02	4,38	0,29	1,16	13,09	5,25
358	131	417,37	2,02	4,38	0,29	1,16	13,09	5,24
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 8

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
916	283	901,64	2,02	4,37	0,13	1,16	13,09	5,42
964	94	299,48	2,02	4,39	0,19	1,16	13,09	5,34
173	273	869,78	2,02	4,37	0,27	1,16	13,09	5,28
436	107	340,90	2,02	4,39	0,25	1,16	13,09	5,28
21	167	532,06	2,02	4,37	0,28	1,16	13,09	5,26
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 9

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
10	216	688,18	2,02	4,37	0,27	1,16	13,09	5,28
153	272	866,59	2,02	4,37	0,29	1,16	13,09	5,26
87	296	943,06	2,02	4,37	0,33	1,16	13,09	5,22
92	190	605,34	2,02	4,37	0,33	1,16	13,09	5,22
77	114	363,20	2,02	4,38	0,32	1,16	13,09	5,21
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 10

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
781	140	446,04	2,02	4,37	0,34	1,16	13,09	5,21
1.124	288	917,57	2,02	4,39	0,30	1,16	13,09	5,22
1.093	106	337,72	2,02	4,36	0,37	1,16	13,09	5,19
51	702	2.236,57	2,02	4,36	0,38	1,16	13,09	5,17
82	724	2.306,66	2,02	4,36	0,38	1,16	13,09	5,17
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 11

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
548	566	1.803,28	2,02	4,36	0,13	1,16	13,09	5,43
457	239	761,45	2,02	4,37	0,19	1,16	13,09	5,35
881	100	318,60	2,02	4,39	0,25	1,16	13,09	5,28
25	203	646,76	2,02	4,37	0,31	1,16	13,09	5,24
18	451	1.436,89	2,02	4,36	0,34	1,16	13,09	5,21
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

Período 12

Políg. Nº	Volume		Custos				Receita	
	Serrado (mbf)	Bruto (m³)	Formação (US\$/m³)	Colheita (US\$/m³)	Manut. Estr. (US\$/m³)	Transporte (US\$/m³)	Bruta (US\$/m³)	Líquida (US\$/m³)
899	192	611,71	2,02	4,37	0,03	1,16	13,09	5,51
353	110	350,46	2,02	4,39	0,13	1,16	13,09	5,39
543	645	2.054,97	2,02	4,36	0,26	1,16	13,09	5,29
893	34	108,32	2,02	4,45	0,13	1,16	13,09	5,34
445	154	490,64	2,02	4,38	0,31	1,16	13,09	5,22
,	,	,	,	,	,	,	,	,
,	,	,	,	,	,	,	,	,

APÊNDICE C

Quadro 1C - Relatório dos subsistemas de colheita utilizados com os respectivos volume e área do horizonte de planejamento no cenário 1

Período (nº)	Subsistema de Colheita (nº)	Área (ha)	Volume (m ³)
1	1	682,5	5.614,4
	2	1.454,1	9.017,6
	4	733,7	10.851,3
	7	151,3	889,7
2	1	0,7	0,0
	2	21,5	7,1
	4	1.284,7	85,0
3	2	7,9	18,9
	4	963,8	26.373,0
4	1	1,0	7,1
	2	3,3	26,0
	4	1.029,2	22.823,6
	5	46,8	3.525,8
5	1	5,2	125,1
	2	31,3	328,0
	4	1.559,6	21.074,8
	5	83,7	4.377,8
	7	1,7	16,5
6	1	4,6	28,3
	2	55,3	278,5
	3	0,3	7,1
	4	21,3	51,9
	5	0,4	4,7
	7	1,1	4,7

Quadro 2C - Relatório dos subsistemas de colheita utilizados com os respectivos volume e área do horizonte de planejamento no cenário 2

Período (nº)	Subsistema de Colheita (nº)	Área (ha)	Volume (m³)
1	1	694,6	5.668,7
	2	1.457,5	9.034,1
	4	645,6	10.832,4
	7	151,3	889,7
2	2	17,4	75,5
	4	1.246,1	26.340,0
3	1	0,7	9,4
	2	5,6	14,2
	4	1.172,0	26.361,2
4	2	8,9	30,7
	4	953,4	26.401,3
5	2	0,7	14,2
	4	541,1	26.396,6
6	1	1,0	9,4
	2	2,2	9,4
	4	495,5	26.358,8
7	2	0,4	9,4
	4	511,9	19.694,2
	5	57,0	6.676,4
8	2	2,1	16,5
	4	787,2	22.023,5
	5	69,6	4.370,7
9	1	0,9	11,8
	2	13,1	207,7
	4	971,2	23.257,8
	5	135,2	2.914,6
	7	1,7	23,6
10	1	8,8	297,4
	2	18,1	219,5
	4	734,6	21.384,0
	5	21,4	4.531,2
11	2	53,2	663,2
	3	0,3	11,8
	4	47,2	675,0
	5	0,4	7,1
	7	1,1	7,1

Quadro 3C - Relatório dos subsistemas de colheita utilizados com os respectivos volume e área no horizonte de planejamento no cenário 3

Período (nº)	Subsistema de Colheita (nº)	Área (ha)	Volume (m³)
1	1	694,6	5.668,7
	2	1.457,5	9.034,1
	4	585,8	10.834,8
	7	151,3	889,7
2	2	17,4	75,5
	4	1.244,1	26.285,7
3	1	0,7	9,4
	2	4,6	7,1
	4	1.080,3	26.380,1
4	2	2,0	18,9
	4	603,1	26.368,3
5	2	7,9	23,6
	4	607,9	26.396,6
6	2	0,7	16,5
	4	514,1	26.391,9
7	4	385,9	26.380,1
8	1	1,0	11,8
	2	2,2	9,4
	4	563,8	26.408,4
9	2	0,4	11,8
	4	433,8	17.829,8
	5	57,0	8.543,2
10	2	2,1	18,9
	4	392,8	22.021,2
	5	40,4	4.387,2
11	1	0,9	14,2
	2	7,3	61,4
	4	780,4	23.567,0
	5	89,7	2.695,1
12	2	6,8	226,6
	4	407,9	24.284,4
	5	64,1	1.852,6
	7	1,7	30,7

APÊNDICE D

Quadro 1D - Parte do relatório referente à rota ótima de transporte

Polígono	Volume (m ³)	Área (ha)	Espécie	Período	Rota de Transporte
109	77,9	9,25	1	1	6062-2442-6068-2441-5894-2440-5871-2362-5864-2361-5863-298-299-5909-300-5908-301-5853-502-501-6518-3096-6517-5926-499-5917-6516-497-5915-6514-496-5112-495-494-493-4994-492-6512-4992-3082-6511-6510-6509-6498-6506-6499-6497-6505-6496-490-6504-541-4861-4866-6503-486-485-4868-6502-484-4842-483-2653-6495-4519-2791-4522-6494-2743-6493-4515-2741-4516-2954-6491-6468-6466-4505-2953-4504-2740-4501-6464-475-6462-4508-474-4510-473-6412-6453-472-6440-6438-471-4600-469-57-1774-6485
114	122,7	11,65	1	1	6071-2438-2445-5896-2448-5895-2440-5871-2362-5864-2361-5863-298-299-5909-300-5908-301-5853-502-501-6518-3096-6517-5926-499-5917-6516-497-5915-6514-496-5112-495-494-493-4994-492-6512-4992-3082-6511-6510-6509-6498-6506-6499-6497-6505-6496-490-6504-541-4861-4866-6503-486-485-4868-6502-484-4842-483-2653-6495-4519-2791-4522-6494-2743-6493-4515-2741-4516-2954-6491-6468-6466-4505-2953-4504-2740-4501-6464-475-6462-4508-474-4510-473-6412-6453-472-6440-6438-471-4600-469-57-1774-6485
122	70,8	8,80	1	1	6060-2446-5891-2448-5895-2440-5871-2362-5864-2361-5863-298-299-5909-300-5908-301-5853-502-501-6518-3096-6517-5926-499-5917-6516-497-5915-6514-496-5112-495-494-493-4994-492-6512-4992-3082-6511-6510-6509-6498-6506-6499-6497-6505-6496-490-6504-541-4861-4866-6503-486-485-4868-6502-484-4842-483-2653-6495-4519-2791-4522-6494-2743-6493-4515-2741-4516-2954-6491-6468-6466-4505-2953-4504-2740-4501-6464-475-6462-4508-474-4510-473-6412-6453-472-6440-6438-471-4600-469-57-1774-6485
.
.
.

APÊNDICE E

Quadro 1E - Relatório do volume colhido, do número de quilômetros usados e dos custos totais de colheita e manutenção de estradas nos diferentes períodos do horizonte de planejamento no cenário 1

Período (nº)	Volume Total (m³)	Área (ha)	Estrada (km)	Custos (US\$)		
				Colheita	Manut. Estrada	Total
1	35.603	1.222,8	711,8	131.813,14	6.400,64	138.213,78
2	35.568	1.307,0	312,3	155.662,16	7.793,10	163.455,26
3	35.6290	971,7	280,8	155.726,92	10.608,65	166.335,57
4	35.616	1.080,4	324,9	156.671,67	10.204,67	166.876,34
5	34.995	1.681,4	539,5	154.331,99	10.223,26	164.555,25
6	506	82,9	216,5	2.154,37	108,15	2.262,51
7	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-

Quadro 2E - Relatório do volume colhido, do número de quilômetros usados e dos custos totais de colheita e manutenção de estradas nos diferentes períodos do horizonte de planejamento no cenário 2

Período (nº)	Volume Total (m³)	Área (ha)	Estrada (km)	Custos (US\$)		
				Colheita	Manut. Estrada	Total
1	35.674	949,1	706,8	131.872,22	6.212,83	138.085,05
2	35.661	263,5	223,6	155.866,17	6.410,95	162.277,12
3	35.619	178,3	235,3	155.685,14	8.604,71	164.289,85
4	35.683	962,3	256,9	155.963,65	9.421,97	165.385,62
5	35.655	541,4	197,9	155.638,02	11.417,46	167.055,48
6	35.610	498,8	184,3	155.443,31	11.403,18	166.846,49
7	35.613	569,2	218,5	156.657,66	10.203,76	166.861,42
8	35.655	858,9	280,8	156.639,54	11.016,85	167.656,39
9	35.661	122,1	391,6	156.467,20	12.220,87	168.688,07
10	35.683	782,9	330,8	156.164,12	16.638,80	172.802,91
11	1.843	102,2	208,4	7.283,27	382,79	7.666,05
12	-	-	-	-	-	-

Quadro 3E - Relatório do volume colhido, do número de quilômetros usados e dos custos totais de colheita e manutenção de estradas nos diferentes períodos do horizonte de planejamento no cenário 3

Período (nº)	Volume Total (m ³)	Área (ha)	Estrada (km)	Custos (US\$)		
				Colheita	Manut. Estrada	Total
1	35.677	2.889,3	702,4	131.884,01	6.413,81	138.297,81
2	35.588	1.261,5	217,9	155.545,89	6.197,84	161.743,74
3	35.635	1.085,6	211,5	155.754,76	8.208,16	163.962,93
4	35.623	605,2	167,4	155.298,81	10.406,62	165.705,43
5	35.667	615,8	198,5	155.493,26	10.419,65	165.912,92
6	35.651	514,8	182,2	155.423,81	11.015,87	166.439,69
7	35.613	385,9	157,9	155.257,14	11.604,27	166.861,42
8	35.680	567,0	214,9	155.749,27	11.826,52	167.575,80
9	35.619	491,2	193,8	157.085,90	9.605,25	166.691,16
10	35.677	435,3	201,9	156.537,10	11.625,03	168.162,13
11	35.556	878,4	332,1	156.005,89	10.986,33	166.992,22
12	35.632	480,4	231,5	155.540,66	19.617,74	175.158,40

APÊNDICE F

Quadro 1F - Parte do relatório de custos de manutenção e construção dos diferentes segmentos de estradas em determinado cenário e período

Nó Origem (nº)	Nó Destino (nº)	Volume (m ³)	Custo Estrada	
			Manutenção (US\$/m ³ /km)	Construção (US\$/km)
553	548	2.873,8	0,04	0,00
925	1.465	634,0	0,04	0,00
2.161	2.160	318,6	0,03	0,00
2.221	2.223	599,0	0,03	0,00
2.489	2.478	325,0	0,04	0,00
2.217	2.666	500,2	0,04	0,00
1.465	1.532	634,0	0,04	0,00
57	1.774	1.959,4	0,04	0,00
,	,	,	,	,
,	,	,	,	,
,	,	,	,	,