

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

**COMPARAÇÃO ENTRE UM MODELO TEÓRICO E O REAL, NO  
INVESTIMENTO EM CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS DE USO  
FLORESTAL, RELACIONADO COM O VOLUME DE MADEIRA  
TRANSPORTADO**

**FERNANDA REGINA NASCIMENTO**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Área de Concentração em Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP

Julho - 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CÂMPUS DE BOTUCATU

2210008323



**COMPARAÇÃO ENTRE UM MODELO TEÓRICO E O REAL, NO  
INVESTIMENTO EM CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS DE USO  
FLORESTAL, RELACIONADO COM O VOLUME DE MADEIRA  
TRANSPORTADO**

**FERNANDA REGINA NASCIMENTO**



Orientador: Prof. Dr. Paulo Torres Fenner

Co-Orientador: Prof. Dr. Alessandro Antonangelo

Arg: 337972  
65 101

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp - Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Agronomia (Área de Concentração em Energia na Agricultura).

BOTUCATU-SP  
Julho - 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E  
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO  
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

N244c Nascimento, Fernanda Regina, 1973-  
Comparação entre um modelo teórico e o real, no  
investimento em construção de estradas de uso florestal,  
relacionado com o volume de madeira transportado /  
Fernanda Regina Nascimento. - Botucatu: [s.n.], 2005.  
vii, 118 f. : il. color., gráfs., tabs.

Tese (Doutorado) -Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2005  
Orientador: Paulo Torres Fenner  
Co-orientador: Alessandro Antonangelo  
Inclui bibliografia.

1. Estradas - Construção. 2. Estradas florestais. 3.  
Estradas florestais - Aspectos econômicos. 4. Madeiras -  
Transporte - Aspectos econômicos I. Fenner, Paulo Torres  
II. Antonangelo, Alessandro . III. Universidade Estadual  
Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu).  
Faculdade de Ciências Agrônômicas. IV. Título.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU


**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**


TÍTULO: "COMPARAÇÃO ENTRE UM MODELO TEÓRICO E O REAL, NO  
INVESTIMENTO EM CONSTRUÇÃO DE ESTRADAS DE USO FLORESTAL  
RELACIONADO COM O VOLUME DE MADEIRA TRANSPORTADO"


ALUNA: FERNANDA REGINA NASCIMENTO

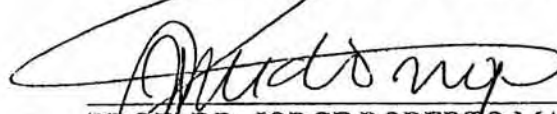
ORIENTADOR: PROF. DR. PAULO TORRES FENNER

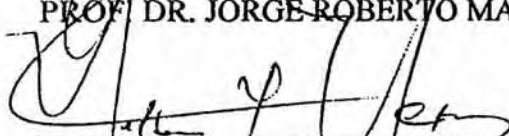
Aprovado pela Comissão Examinadora:

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. PAULO TORRES FENNER

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. CLAUDIO ANGELI SANSÍGOLO

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. JORGE ROBERTO MALINOVSKI

  
\_\_\_\_\_  
PROF. DR. NELSON YOSHIHIRO NAKAJIMA

Data da Realização: 19 de julho de 2005.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pela vida!

A meus pais, irmãos e família, motivo e incentivo de todas as minhas realizações.

Ao prof. Dr. Paulo Torres Fenner pela forma profissional e amiga com que me orientou, contribuindo de forma especial, para o meu crescimento pessoal e profissional.

O meu muito obrigada, em especial, aos amigos que colaboraram de forma direta ou indireta, para a realização deste trabalho, principalmente, à Rosângela Moreci, Flávia A. Marcelino, Alessandro Antonangelo, Marcus Vinícius A. M. Oliveira, Márcia M. Castro, Cristina Mendonça, Juliana Barilli, Cecília Ohto (Virola), Rafael Baroni, Friderike Oehler e Thomas Grote.

À Inês, pela colaboração na finalização do trabalho.

Agradeço também a diretores, professores e funcionários da Faculdade de Ciências Agronômicas/FCA-UNESP, pela colaboração.

Ao apoio financeiro e acadêmico da CAPES/DAAD, pela bolsa concedida e pelo período de estudos na *Universität Albert Ludwigs* em Freiburg, Alemanha.

Minha eterna gratidão à *Universität Albert Ludwigs*, representada pelos professores E. Hildebrand e Helmer Schack-Kirchner. Agradeço pelos conhecimentos intelectuais e culturais compartilhados, pela atenção e dedicação.

Agradeço também imensamente à empresa que nos permitiu realizar parte do estudo, e a todos os seus membros, representados nas pessoas de José Rezende e José Maia.

Muito Obrigada!

## SUMÁRIO

1 RESUMO .....	1
2 SUMMARY .....	2
3 INTRODUÇÃO.....	3
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	6
4.1 O Setor Florestal.....	6
4.2 O Transporte no Brasil .....	7
4.3 O Transporte de Madeira.....	8
4.4 Formas de Transporte .....	8
4.5 Lei da Balança .....	9
4.6 Peso Bruto Total Combinado (PBTC).....	11
4.7 Normas Legais do Transporte Florestal Rodoviário.....	11
4.8 Tipos de Veículos .....	11
4.9 Classificação dos Veículos .....	12
4.10 O Sistema Viário .....	12
4.11 Planejamento da rede viária.....	13
4.12 Topografia .....	15
4.13 Construção da rede viária .....	17
4.13.1 Técnicas de Construção .....	18
4.13.1.1 Base da estrada .....	18
4.13.1.2 Terraplenagem.....	21
4.13.1.3 Pavimentação ou revestimento .....	23
4.13.1.4 Drenagem .....	24
4.13.1.5 Abaulamento.....	25
4.13.1.6 Valetas laterais.....	26
4.13.1.7 Saídas d'água e bueiros .....	27
4.13.1.8 Mulchões ou camalhões.....	29
4.13.1.9 Manutenção .....	30
4.14 Superfície da Pista de Rolamento.....	36
4.15 Índice de Desgaste da Pista de Rolamento .....	36
4.16 Índice de Rugosidade da Pista de Rolamento.....	37
4.17 Fatores Geométricos da Rodovia Florestal.....	38
4.17.1 Greide .....	38
4.17.2 Largura da estrada florestal .....	39
4.18 Sistema de Classificação de Estrada Florestal.....	41
4.19 Padrão da Rede Viária Florestal .....	46
4.20 Estrada Florestal e a Erosão do Solo .....	48
4.21 Aspectos Sociais e Ambientais.....	50
4.22 Aspectos Econômicos da Rede Viária Florestal.....	53
4.23 Utilização do Fator Topográfico LS.....	58
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	61
5.1 Caracterização do Local de Estudo .....	61
5.2 Levantamentos e Medições de Campo .....	62
5.3 Classificação da Rede Viária Florestal.....	70
5.3.1 Classificação de acordo com os dados reais.....	70

5.3.2 Classificação de acordo com o modelo teórico .....	70
5.4 Elaboração do Modelo Teórico .....	71
RRevestimento .....	72
5.5 Elaboração dos Custos de Implantação da Rede Viária .....	73
R\$/m <sup>3</sup> .....	74
Custo total.....	74
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>76</b>
6.1 Dados Reais .....	76
4.1.1 Custos de implantação para os dados reais.....	81
6.2 Modelo Teórico .....	83
6.2.1 Custo de implantação para o modelo teórico .....	86
6.2.2 Comparação dos custos dos dados reais e do modelo teórico .....	89
Trechos Estudados .....	93
Km .....	93
Trechos Estudados.....	96
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>99</b>

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro</b>		<b>Página</b>
1	Classes de declividade de relevo de microbacias.....	17
2	Relação da distância entre bueiros e o greide da estrada.....	28
3	Limite máximo do espaçamento entre caixas d'água e declividade da estrada.....	28
4	Distância entre camalhões em função do greide.....	30
5	Largura da faixa de ultrapassagem em função da largura e do número de pistas de rolamento.....	40
6	Classificação de estrada florestal adotada no sistema Austríaco.....	42
7	Classificação de estrada florestal adotada por Hiwassee Land Company – EUA.....	43



**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela</b>		<b>Página</b>
1	Classificação das estradas de acordo com modelo teórico, em função do volume transportado (viagem/ano).....	72
2	Custos das operações de implantação 1 (R\$/m <sup>3</sup> ).....	74
3	Custos das operações de implantação 2 (R\$/Km).....	74
4	Estradas principais para os trechos com pista dupla, de acordo com o padrão de rede viária , comprimento do trecho, volume de madeira, greide de largura.....	77
5	Estradas secundárias com pista simples, padrão de rede viária, comprimento do trecho, volume de madeira, greide e largura da estrada.....	79
6	Apresentação dos dados reais ajustados ao modelo teórico.....	84
7	Comparação dos custos de implantação (R\$/Km) com base nos dados reais e no modelo teórico.....	90
8	Análise geral dos custos em função do modelo teórico, quando comparado com os dados reais.....	93
9	Análise geral dos custos em função do modelo teórico, quando comparado com valores de largura contidos no formulário de consulta (8 e 6 metros).....	96

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Delineamento de estradas em regiões planas.....	16
2	Representação esquemática da seqüência de operações para se construir uma estrada florestal.....	20
3	Configuração básica do abaulamento.....	26
4	Configuração básica do camalhão.....	29
5	Mapa da área com rede viária florestal.....	63
6	Mapa de classificação das estradas segundo fator topográfico LS, em dois padrões de rede viária.....	65
7	Mapa da Parcela 01 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1973....	66
8	Mapa da Parcela 02 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1971.....	67
9	Mapa da Parcela 03 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1973.....	67
10	Mapa da Parcela 04 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1971....	68
11	Mapa da Parcela 05 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1974.....	68
12	Mapa da Parcela 06 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1973.....	69
13	Mapa da Parcela 07 – Rede viária em nível implantada a partir de 1993.....	69
14	Custos de implantação de acordo com os dados reais, para estradas principais.....	81
15	Custos de implantação de acordo com os dados reais, para os trechos de estradas secundárias.....	82
16	Custos de implantação dos trechos de acordo com o modelo teórico para classe de estradas 1, 2 e 3.....	87
17	Custos de implantação dos trechos de acordo com o modelo teórico para classe de estradas 4.....	88
18	Custos de implantação dos trechos de acordo com as larguras declaradas através do formulário de consulta, para estradas principais.....	94
19	Custos de implantação dos trechos de acordo com larguras declaradas através do formulário de consulta, para estradas secundárias.....	95

## LISTA DE SIGLAS

**ABNT:** Associação Brasileira de Normas Técnicas

**PIB:** Produto Interno Bruto

**DER:** Departamento de Estradas de Rodagem

**FAO:** Food and Agriculture Organization

**FUPEF:** Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná

**GIS:** Geographic Information Systems

**GPS:** Geographic Position Systems

**IAP:** Instituto Ambiental do Paraná

**IBAMA:** Instituto Brasileiro de Meio Ambiente

**IBDF:** Instituto Biodinâmico de Florestas

**IBGE:** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IPT:** Instituto de Pesquisas Tecnológicas

**SIBRACEF:** Sistema Brasileiro de Classificação de Estradas Florestais

**USLE:** Universal Soil Loss Equation

## 1 RESUMO

A rede viária florestal influencia diretamente na qualidade do transporte. Ela serve de acesso às florestas, viabilizando o tráfego de mão de obra e o escoamento de matéria-prima. No entanto, uma das principais causas do aumento nos custos de construção é a má conservação e a falta de planejamento, visto que suas principais características são, muitas vezes, o baixo volume de tráfego e a utilização de veículos pesados e extrapesado. Além dos avanços tecnológicos e da importância do transporte para as empresas florestais, hoje, muitas empresas estão se preocupando com as condições ideais de rede viária florestal, principalmente no que se refere aos cuidados com planejamento e qualidade dos materiais utilizados. O objetivo deste trabalho foi propor e avaliar um modelo teórico de investimento para rede viária florestal em função do volume de madeira transportado. Verificou-se que os dados levantados em campo não eram compatíveis com o planejamento da empresa. A largura da pista de rolamento das estradas principais variou de 4 a 7 metros, sendo que pelo planejamento da empresa, elas deveriam ter 8 metros. Já para as estradas secundárias, a largura da pista de rolamento deveria ter 6 metros, no entanto, foi verificada uma variação de 4 a 7 metros. A análise comparativa dos custos, tendo como cenário primeiramente a situação das estradas levantadas in loco e os padrões de estrada indicados pelo modelo, permitiu notar que adoção do modelo teórico significaria acréscimo de R\$ 521,30/km de estrada. Enquanto um segundo cenário comparativo composto pelas características de estradas levantadas em questionário, ou seja, as tidas como modelo para aberturas de novas estradas pela empresa, e os padrões de estrada indicados pelo modelo, indicou que o emprego do modelo teórico possibilitaria uma economia de R\$ 2.036,00/km de estrada implantada. Os custos de implantação de estradas pavimentadas foram variáveis em função da largura da pista de rolamento e da espessura do revestimento, devendo estes custos ser dimensionados da melhor forma possível, de modo a permitir uma otimização na aplicação dos recursos.

Palavras-chave: modelo teórico, rede viária florestal, custos, classificação de estradas.

**Comparison between a theoretical model and the real, in the investment in construction of roads of forest use, related with the carried wooden volume. Botucatu, 2005. 116p. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.**

**Author: FERNANDA REGINA NASCIMENTO**

**Adviser: PAULO TORRES FENNER**

## **2 SUMMARY**

The forest road net influences directly on transport Quality. It serves as access to forests, making possible the traffic of workers and the transporting of raw material. However, one of the main causes of the construction costs increase is the bad conservation and the lack of planning, since their main characteristics are, many times, low volume of traffic and the utilization of weighed and extra-weighed vehicles. Beside the technologic advances and the transport importance for forest companies, nowadays, many companies are worried with the ideal conditions of the forest road net, mainly on the concerning of planning and material quality. The objective of this work was to propose and evaluate a theoretical model of investment to forest road net in function of the volume of wood transported. It was verified that field data were not compatible with the company planning. The width of rolling track of main roads varied from 4 to 7 meters, although to company planning they should be 8 meters. For secondary roads, the width of rolling track should be 6 meters, although, it was observed a variation from 4 to 7 meters. Comparing theoretical model costs with real data, on the concerning of road width, it is verified that, in economic terms, the adoption of theoretical model would mean an investment of R\$ 521,30/km more than in relation to that costs obtained from real data and comparing the costs of the theoretical model and the width data, obtained through consult formulary, showed that the usage of theoretical model would make possible an economy of R\$ 2.036,00/km of built road. Costs of paved roads building were variable in function of rolling track width and the covering thickness, being this costs calculated as better as possible, as to allow an optimization on resources application.

---

**Key words:** theoretical model, forest road net, costs, road classification.

### 3 INTRODUÇÃO

O transporte faz parte no cotidiano do ser humano. Em se tratando de movimentação e deslocamento, o transporte sempre estará presente em qualquer operação e, inúmeras são as formas de realizá-lo. Dentre os modais existentes, o rodoviário é o mais utilizado no Brasil e ele é a base forte da movimentação da madeira dos reflorestamentos para a indústria, devido à facilidade e disponibilidade de diversas capacidades de carga e tamanhos de veículos.

Anualmente cerca de 220 milhões de metros cúbicos de madeira são transportados desde as florestas até as indústrias ou locais de consumo. Desse montante, a maioria é transportada por caminhões pesados. Assim, destaca-se a importância de se ter boas estradas para garantir o bom funcionamento do transporte e o sucesso de uma empresa (LEITE, 2000).

As estradas influenciam diretamente na qualidade do transporte e são as mais importantes vias de acesso às florestas, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, necessários à implantação, manejo, colheita e transporte dos produtos florestais. Elas têm como principais características o baixo volume de tráfego, às vezes temporário, e o tráfego pesado e extrapesado, ocorrendo normalmente em um único sentido, por meio de veículos com capacidade de carga entre 30 e 40 toneladas e de veículos com carga acima de 40 toneladas, respectivamente (MACHADO et al., 2002; MACHADO, 1989).

A malha viária brasileira, de acordo com estudos realizados por Leite (2002), considerando somente as rodovias federais, estaduais e municipais, corresponde a um total de 1.658.677 quilômetros de rodovias, dos quais, a grande maioria, 1.507.841 quilômetros não possui pavimento definitivo. Por outro lado, de acordo com Machado e Silva (2001), no Brasil, a malha florestal atinge uma extensão por volta de 600 mil quilômetros. Cerca de 70% das florestas plantadas se encontram em áreas planas, 20% em áreas onduladas e 10% em áreas montanhosas. Com isso, a densidade da malha rodoviária florestal se encontra, respectivamente, entre 5 e 20 m/ha; entre 20 e 60 m/ha e entre 80 e 120 m/ha.

A rede viária florestal é responsável pelo sucesso da implantação, manutenção, proteção, exploração e administração das florestas, quer sejam implantadas ou nativas (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Com uma tendência crescente em razão das novas ampliações de áreas plantadas das empresas florestais, nos últimos anos as exigências em termos de solicitações dessas estradas vêm aumentando devido o crescimento do volume de tráfego de veículos pesados e extrapesados, ao aumento das distâncias de transporte em rodovias de baixa qualidade, as necessidades de trafegabilidade durante todo o ano com eficiência e segurança e necessidade de estradas com maior vida útil. O que não condiz com o baixo padrão construtivo freqüentemente observado nestas obras que, em sua maioria, são estradas de terra ou cascalho não revestidas com misturas betuminosas (PAVIMENTAÇÃO, 2003).

A construção de estradas florestais, segundo o mesmo autor, é fundamental para a atividade florestal, principalmente no que diz respeito ao transporte de matérias-primas. No entanto, as estradas próximas aos rios podem ser responsáveis pela erosão e pelo assoreamento de cursos d'água, devido ao impacto causado pelas chuvas.

De acordo com a literatura, inúmeros pesquisadores são unânimes em dizer que as estradas podem ser classificadas de acordo com a sua importância, o modo de construção e o material empregado. Segundo Machado (1989) existe no Brasil muitas divergências quanto à qualidade da rede rodoviária florestal entre as regiões e as empresas do setor, devendo ser ressaltado que poucas possuem um sistema de classificação próprio com seus respectivos padrões, em virtude da inexistência de uma classificação de estradas florestais em nível nacional.

Outro aspecto importante diz respeito ao padrão das estradas, uma vez que influencia nos custos de construção, de manutenção e de transporte. O padrão também influencia o desempenho energético dos veículos, a durabilidade dos pneus e a eficiência operacional dos veículos. Com isso, torna-se importante estabelecer um sistema de classificação de forma a permitir uma terminologia comum e dar subsídios ao planejamento, visando a implantação, conservação e avaliação das estradas existentes (MACHADO, 1989).

Um dos fatores limitantes para se ter uma boa qualidade da rede viária é o custo da matéria-prima, assim como a disponibilidade de equipamentos especiais para estradas. No Brasil, existe uma gama de variações de estradas florestais, que estão relacionadas com a localização geológica, situação geográfica, topografia, tipo de empresa, objetivos de produção, poder econômico, entre outros (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Dessa forma, dada à magnitude desse binômio estrada florestal e transporte, fica clara a importância de se ter um bom planejamento e implantação dos mesmos, a fim de reduzir seus custos totais, garantir a conservação dos recursos existentes, contribuir com o meio ambiente e a sociedade. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar e propor um modelo teórico de investimento para rede viária florestal em função do volume de madeira transportado.



## 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 O Setor Florestal

O setor florestal representa 5% do PIB nacional e gera 7,2 milhões de empregos, sendo que destes, 1,6 milhões são empregos diretos. Possui 60 mil empresas que estão diretamente envolvidas nas atividades florestais, produzindo madeira. Ao contrário de outros setores agroindustriais, que exportam seus produtos na forma de commodities agrícola, o setor brasileiro de florestas plantadas impulsiona uma cadeia produtiva que agrega valor aos produtos e traz reflexos importantíssimos para a economia do país (SETOR, 2005).

A exploração florestal no Brasil foi iniciada há vários séculos. Inicialmente, de acordo com Fenner (1999) a utilização das florestas tinha o objetivo de suprir as demandas locais de madeira. Entretanto, a utilização de florestas nativas ainda permanece caracterizada pelo extrativismo e as operações florestais podem ser descritas como mera mineração florestal.

O Brasil enfrentou grandes dificuldades para produção de celulose em 1950. Segundo Gomide (1988), a facilidade de crescimento das espécies de *Eucalyptus* resultou em grandes florestas em alguns estados, principalmente no Estado de São Paulo. De acordo com os estudos de Leite et al. (2001) e da Agência ambiental de Goiás (2004), a quase totalidade da área ocupada por espécies florestais plantadas no Brasil é constituída por quatro gêneros: *Eucalyptus* (60%), *Pinus* (35%), *Araucária* e *Acácia* (5%).

Levantamentos realizados pelo Instituto Florestal apontam que o plantio de *Pinus* e *Eucalyptus* no Estado de São Paulo não está acompanhando o crescimento industrial. Tal situação ocorre no momento em que as empresas que usam a madeira como matéria-prima estão em expansão. Apenas grandes empresas que possuem reflorestamentos próprios não têm ameaça de escassez de matéria-prima florestal (CEPEA, 2002).

## **4.2 O Transporte no Brasil**

O transporte é parte essencial na movimentação de pessoas ou matérias-primas e segundo Alvarenga e Novaes (1997), mais recentemente a indústria e o comércio de uma maneira geral, passaram a se preocupar bastante com a qualidade dos serviços de transporte.

Por outro lado, de acordo com Machado (1984), no setor florestal o transporte rodoviário é representado na sua quase totalidade por caminhões e sua seleção é baseada em fatores como distância de transporte, a categoria das estradas, a quantidade de madeira a ser transportada, a capacidade de carga do caminhão e equipamentos auxiliares e das máquinas e equipamentos de carga e descarga. A distância de transporte determina o volume de madeira a ser transportado por viagem e por unidade de transporte, conseqüentemente, determinará o tamanho do caminhão, pois quanto maior o percurso, maior deverá ser a capacidade de carga do veículo.

São diversos os fatores que influenciam no desempenho de caminhões e no custo do transporte florestal rodoviário. Entre eles estão: o tipo de veículo usado com a rede viária florestal, condições locais, método de trabalho e fatores inerentes ao ser humano (LEITE, 1992 apud RESSEL FILHO, 2001).

Segundo Duarte e Berger (1998) apud Ressel Filho (2001), o transporte florestal rodoviário chega a representar de 30 a 50 % do custo total da madeira posta na unidade consumidora, tornando-se um problema complexo para as empresas do setor.

### **4.3 O Transporte de Madeira**

O transporte de madeira é composto por duas etapas básicas. A primeira, o transporte primário, diz respeito ao deslocamento da madeira das florestas até uma área de fácil acesso aos caminhões (que devido ao seu peso, exigem estradas com boas condições para tráfego). Já a segunda é chamada de transporte principal e corresponde ao transporte da madeira dessas áreas de fácil acesso até as fábricas de transformação (RIBEIRO, 1998).

É interessante ressaltar que o aumento das distâncias entre florestas e fábricas aumenta o custo de transporte não apenas pela maior utilização dos caminhões com maior consumo de combustível e pelos outros custos variáveis, mas também por exigir um maior número de caminhões por quantidade transportada (RIBEIRO, 1998).

### **4.4 Formas de Transporte**

No Brasil, existem várias formas de se transportar materiais e/ou produtos. Dentre eles temos: o hidroviário, o ferroviário, o aeroviário, o dutoviário, e o rodoviário. O hidroviário é aquele realizado principalmente por navios cargueiros. O Brasil tem aproximadamente sete mil quilômetros de costa. Apresenta grande variabilidade no tempo de viagem. No transporte marítimo a rota pode ser modificada, por esta razão o custo se torna imprevisível. O tempo para carga e descarga está sempre sujeito as condições climáticas. Na seca torna-se inviável. É o meio de transporte mais econômico, em termos globais, pois requer baixo investimento inicial no preparo das vias, oferecendo grande capacidade de carga em relação ao seu consumo energético e durabilidade dos equipamentos. Pode competir vantajosamente, em termos econômicos, com o ferroviário e o rodoviário, estando limitado pela existência de rios e canais navegáveis (ALVARENGA; NOVAES, 1997; ALVES, 1998; MACHADO et. al., 2000).

Por outro lado, o modal ferroviário é viável para carga homogênea a granel de grandes volumes a distâncias longas. O serviço é lento e caro para pequenos volumes. O Brasil possui 28 mil quilômetros de malha férrea (ALVARENGA; NOVAES, 1997; ALVES, 1998; MACHADO et. al., 2000; VERLANGIERI, 2001).

Já o modal aeroviário é mais usado no transporte florestal em países desenvolvidos, muitas vezes, devido às dificuldades do tipo de terreno. Possui boa confiabilidade e tempo médio de serviço, com menores riscos e danos para as cargas. (ALVES, 1998; MACHADO et. al., 2000).

No caso do modal dutoviário, o transporte feito através de canos (dutos). É lento, porém possui grande capacidade, dado que opera continuamente. A construção de dutovias requer elevado investimento inicial e só se justifica quando há previsão de grandes volumes a serem transportados (ALVES, 1998).

Por fim, o modal mais importante, no Brasil, é o rodoviário, devido à extensa malha viária. Ele pode atingir todos os pontos do país, é o que possui maior flexibilidade. O modal rodoviário adapta facilmente à carga e não requer grandes investimentos em instalações para carga e descarga. O serviço é relativamente rápido, seguro e confiável. A carga média por viagem é menor que nos outros modais. Para distâncias médias e curtas, é o modal mais econômico. O setor florestal depende mais deste modal. O transporte é realizado por caminhões de diferentes marcas, modelos e capacidade de carga (ALVARENGA; NOVAES, 1997; ALVES, 1998; MACHADO et. al., 2000).

Miranda (1999) sugere a integração dos sistemas rodoviário, ferroviário e hidroviário para tornar a comercialização mais eficiente em termos de custo.

Dystra (1984) e Williams (1993) consideram que, de maneira geral, o problema de transporte diz respeito ao deslocamento de mercadorias ou matéria-prima de múltiplos centros de fornecimento para múltiplos centros de consumo, segundo um custo mínimo.

#### **4.5 Lei da Balança**

Definida como aquela que limita a carga máxima por eixo a ser transportada e fixam as dimensões autorizadas para o transporte de carga rodoviária, apresentando os pesos máximos permitidos por tipo de composição (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990). Ela tem como objetivo a preservação das condições das estradas, pontes e viadutos.

Segundo Lei (2005), o pavimento das estradas e sua base possuem um limite de suportabilidade e o contínuo esforço de resistência à rolagem dos pneus desgasta sua capacidade de resistência do pavimento. É por isso que se formam as deformações e o enrugamento do asfalto (camaleões), as fissuras (rachaduras) e as rupturas (buracos). Estradas danificadas provocam acidentes e mortes, prejudicam os veículos e retardam as viagens.

Para que um veículo esteja de acordo com a legislação, é preciso que ele respeite duas limitações ao mesmo tempo: o limite legal e a restrição técnica (VIANA, 2002).

O limite legal é o regulamentado pelas autoridades de trânsito e estabelece o valor máximo de peso bruto por eixo ou para um conjunto de eixos, de acordo com o número de pneus desses eixos e do sistema de suspensão. Esse valor deve ainda ser limitado pelo peso máximo que o fabricante do veículo estabeleceu para o eixo ou seu conjunto, de acordo com as características da suspensão, como o tipo de eixo utilizado, o material empregado na sua construção e os pneus que equipam esse eixo. Portanto, deve-se comparar o limite legal com o limite técnico e utilizar-se o menor deles, para que não sejam ultrapassadas quaisquer dessas duas limitações (VIANA, 2002).

O transporte florestal deve se sujeitar à Lei da Balança, e composições especiais para o transporte de alta tonelagem, como treminhão e rodotrem, devem ter licenças especiais para o tráfego, renovável periodicamente (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

A fiscalização da observância dos limites de peso, dimensões e lotação dos veículos são de competência da Polícia Militar, nas rodovias estaduais e da Polícia Rodoviária Federal, nas rodovias federais. O excesso de peso é aferido por equipamento de pesagem ou verificação de documento fiscal, na forma estabelecida pelo CONTRAN. O amparo está na lei 7.408, de 25 de novembro de 1985, que permite a tolerância de 5 % na pesagem de carga em veículos de transporte. Os limites máximos de peso bruto total e valor das multas, por excesso, de peso é regulamentada através do Art. 189 do RCNT e a lei 9.503/97, do Código de Trânsito Brasileiro (VIANA, 2002; LEI, 2003).

#### **4.6 Peso Bruto Total Combinado (PBTC)**

O Peso Bruto Total Combinado (PBT) de um veículo é a resultante do peso do chassi do veículo vazio, em ordem de marcha, somado com o peso da carroçaria que equipa esse veículo e com o peso da carga que está sobre a carroçaria. Para as unidades de tração (cavalos-mecânicos) onde o semi-reboque ou reboque exerce uma força vertical significativa sobre o dispositivo de acoplamento (quinta roda ou outro), tal força deve ser incluída no peso total máximo indicado ou no peso total máximo autorizado (VIANA, 2002).

#### **4.7 Normas Legais do Transporte Florestal Rodoviário**

Para o transporte de madeira em estradas públicas são necessárias observâncias de algumas normas. De acordo com Machado et. al. (2000), essas normas se aplicam a todo tipo de carga transportada, pois não existe legislação específica para os veículos do setor florestal. As normas de trânsito em vigor no país hoje são ditadas pela lei número 9.503, de 23 de setembro de 1997, que instituiu o novo Código Nacional de Trânsito. Ela especifica que os comprimentos máximos são de 14 metros para veículos simples; 18,15 metros para veículos articulados e 19,80 metros para veículos com reboques, sendo a largura máxima de 2,60 metros e a altura máxima de 4,40 metros.

Ainda de acordo com o mesmo autor, as normas que limitam as dimensões e os pesos dos veículos, Autorização Especial de Trânsito (AET) e as dimensões dos pneus são as mais importantes por causa dos veículos pesados e extrapesados que são os mais usados nessas atividades.

#### **4.8 Tipos de Veículos**

Os tipos de veículos variam de acordo com o tamanho e a capacidade de carga, sendo sua escolha de acordo com as condições locais, distância de transporte e volume de madeira a ser transportado (MACHADO et al., 2000).

Segundo Machado (1984), os tipos de veículos rodoviários utilizados no Brasil são: caminhão convencional (4x2, 4x4, 6x2, 6x4); caminhão e reboque “Romeu e

Julietta” (caminhão 6x4); caminhão e semi-reboque com cambão telescópico (caminhão 6x4); cavalo mecânico, semi-reboque e reboque “Rodotrem” (cavalo mecânico 6x2 ou 6x4).

Em contrapartida, Malinovski e Perdoncini (1990) comentam que a linha mais encontrada no transporte florestal é a dos traçados (4x4 e 6x4), porém ocorrendo a utilização dos convencionais 4x2 e 6x2, principalmente em regiões planas ou caminhões de Terceiros que transportam madeira sazonalmente. Outro fator que determina o tipo de caminhão é a qualidade das estradas.

#### **4.9 Classificação dos Veículos**

Machado et al. (2000) comentam que os diferentes tipos de caminhões podem ser classificados de acordo com a composição veicular, descrita assim: simples (caminhão)- constituído de uma unidade tratora e transportadora; articulado (carreta)- constituído de uma unidade tratora e um semi-reboque; conjugado (biminhão)- constituído de um caminhão simples e um reboque; bitrem- combinação de um cavalo-mecânico e dois semi-reboques; tritrem- combinação de um cavalo-mecânico e três semi-reboques; rodotrem- constituído de um veículo articulado e um semi-reboque e treminhão- constituído de um caminhão simples e dois semi-reboques.

Os veículos também são normalmente agrupados em classes que compreendem as seguintes características: leve-veículo simples, com capacidade de carga de até 10 toneladas; médio-veículo simples, com capacidade de carga entre 10 e 20 toneladas; semi-pesado- veículo simples, articulado ou conjugado, com capacidade de carga entre 20 e 30 toneladas; pesado- veículo articulado ou conjugado, com capacidade de carga entre 30 e 40 toneladas; e extrapesado- veículos do tipo rodotrem, treminhão, bitrem e tritrem, com capacidade de carga acima de 40 toneladas (MACHADO et al., 2000).

#### **4.10 O Sistema Viário**

As estradas datam suas origens nas remotas trilhas percorridas pelo homem na pré-história e seu desenvolvimento é diretamente proporcional à evolução da civilização e ao progresso. No Brasil, durante o período colonial, as rodovias apresentavam

aspecto primitivo, sendo mais apropriada ao trânsito de animais. Somente em 1922 iniciou-se o desenvolvimento da política rodoviária brasileira (SOUZA, 1981 apud MACHADO, 1989).

As rodovias sempre foram sinônimos de progresso de um povo e desde a Revolução Industrial ela é o modal mais utilizado no Brasil e, no setor florestal não podia ser diferente, por se tratar de transporte pesado (MACHADO, 1989).

Hoje, de acordo com o mesmo autor, muitas empresas do setor florestal estão se preocupando com o adequado planejamento de sua rede de estradas, visto o alto custo total das mesmas, tanto na construção quanto na manutenção.

#### **4.11 Planejamento da rede viária**

Rede de estradas são estruturas ou forma fundamental dos caminhos lançados sobre uma área florestal com relação à união ou ligações entre si. Na união das estradas, as redes dos caminhos podem formar quadrados, retângulos, ser paralelos, entre outros. A planificação dos caminhos deve buscar aquela perfeita combinação entre distância ótima, densidade, forma fundamental da rede e classe de estrada, tal que os custos de arraste, de transporte sobre a estrada e de construção desta sejam, sob condições específicas, os menores possíveis. Para complementar, é necessário o desenvolvimento de esquemas teóricos da rede de estradas, que são a idéia inicial de como a rede deverá se estruturar no terreno e servem de base inicial para o pré-projeto (FAO/SIDA, 1975 apud BRAZ, 1997).

Outro ponto de extrema importância também se refere, segundo o mesmo autor, à avaliação dos volumes, pois ele influenciará em aumentos de custo de construção do caminho por m<sup>3</sup> de madeira explorável. Neste ponto, os inventários diagnóstico e prospectivo desempenham importante papel. Área com volume utilizável baixo requer alternativa especial de lançamento de caminhos. Para maiores volumes pode-se lançar um comprimento maior de estradas.

As áreas definidas como de exploração devem ser acessíveis para viabilizar as etapas de manejo florestal, respeitando-se dentro do possível, as distâncias ótimas entre estradas, os raios mínimos, as inclinações máximas, conforme equipamento de transporte, função da estrada, volumes de terra, segurança, entre outros (BRAZ, 1997).



Um bom planejamento normalmente é feito no escritório com o auxílio de fotos aéreas e plantas planialtimétricas. É comum fazer-se um planejamento global da rede viária e executá-lo em duas etapas. A primeira, por ocasião da implantação e a segunda, chamada de complementar, por ocasião da exploração (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Atualmente, de acordo com os mesmos autores, existem empresas que estão se preocupando em incrementar o transporte pesado ou melhorar seu esquema viário e estão aproveitando os momentos de reforma de povoamentos para modificar o traçado procurando otimizá-lo.

Os Planejamentos das estradas florestais, de acordo com Machado e Malinovski (1987), são elaborados considerando aspectos técnicos, econômicos, ecológicos, silviculturais e jurídicos.

Os parâmetros técnicos, segundo os mesmos autores, são definidos pelas condições e tipo de tráfego, condições do terreno, tipo de solo, clima, regime pluviométrico e padrão de construção. As condições do terreno são caracterizadas pelas propriedades do solo (sobretudo a textura e o teor de umidade que influenciam na fricção interna, coesão, capilaridade, elasticidade, entre outros), a microtopografia (irregularidade da superfície e obstáculos naturais) e a topografia (rede de drenagem natural). Já as condições de tráfego são representadas pela velocidade diretriz (a qual depende do alinhamento horizontal e vertical, da largura da estrada e da superfície de rolamento); densidade de tráfego (ocorrem grandes diferenças entre os volumes de tráfego na implantação das florestas e nas épocas de colheita). A variação dos tipos de solos é dada pelas propriedades do solo e são decisivas em relação a um possível tráfego fora das trilhas de arraste. São fatores importantes a considerar também a microtopografia, que determina a aspereza do solo, obstáculos. Esse fator é de extrema importância para a escolha dos métodos de colheita adequados à estrada. Por outro lado, a topografia determina a viabilidade técnica do delineamento de estradas e trilhas de arraste na floresta, bem como o método de extração da madeira até a estrada (DIETZ, 1983).

Nas considerações econômicas os fatores essenciais são a densidade e o padrão da malha rodoviária florestal, padrão do planejamento e da construção das rodovias florestais, organização da utilização e manutenção. Outros fatores que também influenciam são os custos de capital, de transporte, de manutenção, o volume de madeira a ser

transportado, o tipo e a densidade de tráfego, segurança, condições climáticas e ambientais e os padrões rodoviários (MACHADO; MALINOVSKI, 1987).

Nas considerações ecológicas, segundo Kretschek (1996), os efeitos negativos ao meio ambiente são minimizados. Deve-se evitar a erosão, cuidando também da qualidade da água.

Diversos autores apresentam suas observações pessoais e práticas construtivas para melhoria da execução e do planejamento do sistema viário. Entre estes, Kretschek (1996), apresenta recomendações, sobretudo para as regiões montanhosas, entre as quais se têm:

- Conhecimento da “Base Física”, constando de localização da área, em relação à rede pública viária existente, em relação aos recursos materiais e humanos e em relação ao destino da madeira; limites da área, conhecendo tudo que contém na área e adjacências; redes viárias internas e externas de todos os tipos; cobertura vegetal com respectivas potencialidades; hidrografia, incluindo banhados e nascentes; relevo, mostrando o direcionamento dos vales, linhas de cume, faces ensolaradas; geologia para ver a estabilidade do terreno, necessidades de revestimento e controle de erosão.

Machado (1989) desenvolveu sua tese de doutorado propondo um sistema de classificação de estradas florestais chamado SIBRACEF, onde foram propostas treze classes essenciais de tipos de estradas florestais. O sistema considera aspectos de segurança, economia, garantia de tráfego e durabilidade, tanto das estradas como dos veículos de transporte.

Para o planejamento da rede viária, Dietz, Gramel e Malinovski (1983), propõem as seguintes etapas: aquisição de informações; delimitação da área escolhida; determinação dos pontos cardeais; planejamento dos corredores de acesso e faixas de interesse; traçado das linhas de orientação e comparação das variantes da rede viária.

#### **4.12 Topografia**

A topografia da região delimita o tipo de equipamento para extração florestal, o qual por sua vez necessita de um tipo adequado de rede viária florestal. Em terrenos planos recomenda-se uma distância entre estradas mais ou menos regular, de forma

quadrada ou retangular, sendo que a forma retangular tem-se comprovado mais adequada. No entanto, deve-se tomar cuidado com depressões úmidas e pantanosas (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990). A Figura 01 ilustra o delineamento de estradas para regiões planas.

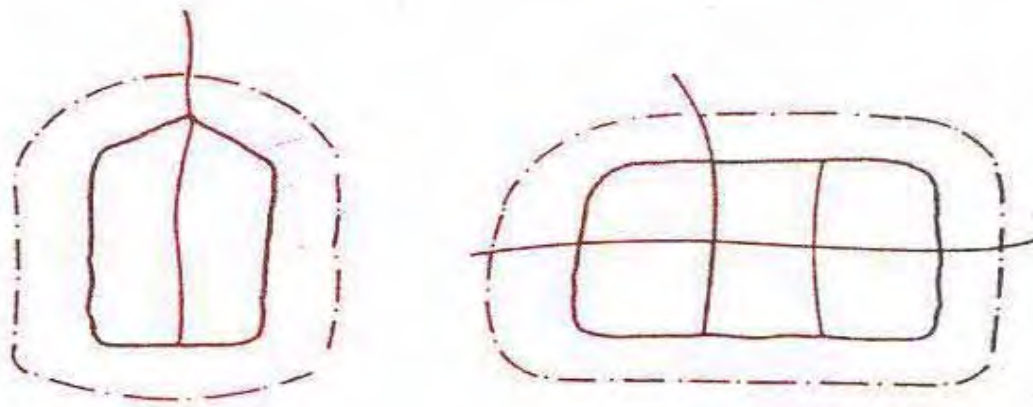


Figura 01: Delineamento de estradas em regiões planas.

Por outro lado, Malinovski e Perdoncini (1990) comentam que em terrenos montanhosos ou ondulados deve-se ter cuidado especial em relação a possíveis erosões e, portanto, os parâmetros técnicos devem ser mais exigentes. Vale salientar também que existem diferenciações na forma de se efetuar a rede viária em regiões montanhosas. O Quadro 01 apresenta as classes de declividade em relação aos tipos de relevo da microbacia.

Quadro 01: Classes de declividade e tipos de relevo da microbacia

<b>Declividade (%)</b>	<b>Tipo de Relevo</b>
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte ondulado
45 – 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: EMBRAPA (apud RODRIGUES, 2004) – Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

#### **4.13 Construção da rede viária**

Becker (1994 apud Braz, 1997), considera a construção de estradas como o maior investimento na exploração florestal, por isso, o planejamento da rede deve ser feito por pessoal qualificado e com base nas necessidades específicas de cada empresa florestal. A abertura excessiva de estradas e um planejamento inadequado da rede traduzem um maior impacto no povoamento, diminuindo as áreas de plantio.

Segundo Investimento (2005), definição de investimento é a aplicação de recursos monetários em empreendimentos, com o objetivo de geração de lucros, em geral a longo prazo. O termo aplica-se tanto à compra de máquinas, como também de equipamentos e edificações. Em sentido restrito, investimento significa a aplicação de capital em meios que levam ao crescimento da capacidade produtiva, ou seja, em bens de capital.

Cada estrada apresenta características geométricas que dependem de sua localização, das condições do terreno, dos recursos financeiros disponíveis, do nível de desenvolvimento da região, da finalidade a que se destinam, entre outros. No caso das estradas florestais, sobretudo para aquelas de uso temporário, há necessidade de alguns ajustes nas recomendações, principalmente quando os custos forem elevados. (CARVALHO, 2002).

Para se proceder a construção de uma estrada, Malinovski e Perdoncini (1990), recomendam que se deve manter uma certa inclinação contínua, que por via de regra, faz-se necessária a existência de cortes e aterros que resultam em taludes que devem ser estabilizados. A inclinação (greide) do talude (rampa) está diretamente relacionado com o tipo de solo encontrado no local. Em solos arenosos, a rampa deve ser mais inclinada do que em solos argilosos; que por sua vez, será mais inclinada do que em terrenos rochosos.

Outro ponto fundamental é a estabilização dos cortes e aterros para reduzir o risco de erosão. Recomenda-se que logo após a abertura de cortes ou construção de aterros se faça a imediata revegetalização ou que se proceda outras medidas de contenção de erosão (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Antola (1988) apresenta pela Universidade de Helsinki, várias técnicas construtivas especificamente para as estradas florestais, incluindo desde contratos, trabalhos preliminares, terraplenagem, pontos de encontro dos veículos (aumento da largura da pista para 6,6 m), drenagem, pavimento e também uma ênfase especial na construção de pontes de madeira e pontes de concreto e madeira. Ele ainda faz observações importantes, no caso da construção de estradas simples, onde recomenda o uso de dois métodos básicos de construção: o trator de lâmina para os terrenos íngremes e muito ondulados e a escavadeira com caminhões do tipo tombeiras para os terrenos baixos onde o greide deve ser levantado.

#### **4.13.1 Técnicas de Construção**

##### **4.13.1.1 Base da estrada**

Dependendo do tipo de material, segundo Malinovski e Perdoncini (1990), existente no futuro leito da estrada, deve-se proceder a sua retirada em maior ou menor escala. A base da estrada está diretamente ligada com a qualidade que se deseja da mesma. Quanto melhor for a qualidade, melhor deve ser a base da mesma. A base da estrada é o futuro corpo de sustentação da camada de revestimento, quando for o caso, que sustentará diretamente o transporte.

Em regiões planas deve-se pensar na retirada, simplesmente, do material orgânico do futuro leito da estrada, procurando-se desde o início garantir a drenagem

da mesma. Já, no caso de regiões montanhosas, deve ser levados em consideração a inclinação natural do terreno e procurar a melhor disposição da linha mestra em relação ao perfil transversal da estrada, procurando-se economizar nos cortes e aterros, assim como na obtenção de uma base de boa sustentação (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Normalmente, deve-se efetuar uma forma de terraplenagem no futuro leito. Ela está diretamente relacionada com a qualidade da estrada e segue os seguintes critérios básicos, segundo os mesmos autores:

- limpeza do local da construção (derrubada e retirada da madeira e de húmus);
- eventual compactação da base;
- eventuais medidas adicionais de estabilização do solo;
- construção da base da estrada (abaulamento, proteção e taludes);
- medidas de drenagem (drenos, valetas, bueiros).

Deve-se lembrar que em terrenos de topografia plana, a futura estrada deve ser abaulada para ambos os lados e, em topografia (relevo) ondulada ela deve ser inclinada com o barranco; permitindo assim melhor aderência e escoamento rápido da água sobre o seu leito. De maneira geral, só com a terraplenagem a estrada não satisfaz as respectivas exigências, principalmente no que se refere à capacidade de sustentação, transitabilidade e conservação, portanto, a construção da base deve ser completada com um revestimento na pista de rolamento (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

As etapas de construção de uma estrada, de acordo com os mesmos autores, devem ser seguidas, seqüencialmente, nunca deixando passos importantes para trás. Após a abertura de uma estrada, a mesma deve ser seguida pelo esquema de drenagem, senão, em pouco tempo, a estrada estará impraticável. Deve-se também lembrar que a compactação do solo, na base da estrada, abrevia o tempo de estabilização normal da estrada. Quando se faz a compactação através de máquinas, o uso da estrada pode ser quase que imediato. O que não ocorre quando se pensa em transporte pesado para estradas recentemente construídas e sem compactação. Na Figura 02 observa-se a seqüência correta de operações realizadas na construção de estrada florestal.

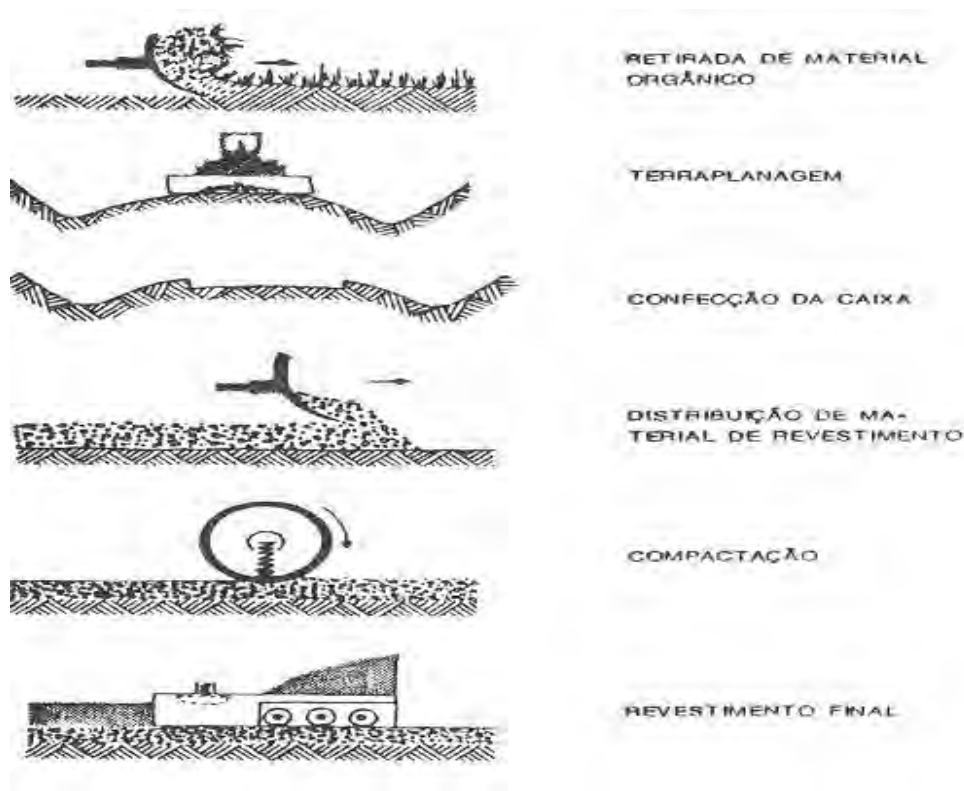


Figura 02: Representação esquemática da seqüência de operações para se construir uma estrada florestal.

Outro aspecto importante que vale ser ressaltado é que a compactação do solo está diretamente relacionada com o material da base encontrada. É necessário se ter uma umidade ideal para cada composição do solo quando se faz a compactação. Para ela ser boa, é preciso a escolha adequada dos equipamentos. Para solos de composição granular grande e composição mista deve-se utilizar equipamentos dinâmicos (rolo-compressor vibratório) e, para solos de granulometria fina (argiloso), utilizam-se equipamentos estáticos (rolo-compressor pé-de-carneiro ou rolo-compressor pneumático), eventualmente junto com medidas adicionais de estabilização do solo (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Vale salientar que, segundo os mesmos autores, é necessário que haja material com capacidade de aglutinação para se conseguir compactação duradoura da base da estrada florestal. A capacidade de sustentação do solo é determinada pelas forças de atrito entre as partículas granulares grossas de coesão e as partículas granulares finas. Para fins de

construção de estradas ela é determinada por diversos métodos de medição. É difícil trabalhar com solos florestais, pois, muitas vezes, sua capacidade de sustentação é insuficiente e têm reduzida resistência ao desgaste mecânico e climático.

O objetivo da estabilização do solo é prepará-lo e torná-lo estável, durável, e isto pode ser obtido através da eliminação das causas das propriedades de solos inadequados procurando um melhoramento da composição dimensional granular do solo; aumento da coesão, adicionando produtos aglutinantes e alteração das propriedades de plasticidade. A estabilização do solo pode ser obtida com cal, cimento, betume, entre outros (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

#### **4.13.1.2 Terraplenagem**

Segundo definição do dicionário, terraplenagem significa o conjunto de escavações, transporte e remoção de terra necessária para se construir em um terreno (BUENO, 1996).

A terraplenagem envolve serviços de corte e aterro que conformam o perfil e a seção transversal da via, de modo a proporcionar condições de tráfego compatíveis com o volume e tipo de veículos que irão utilizar a rodovia (PEREIRA; COSTA, 1983 apud LEITE 2002).

Os requisitos de terraplenagem devem estar relacionados com os custos de operação, considerando tipos e volumes de veículos. Nessa fase, dispõe-se do projeto geométrico da melhoria da via, contendo as dimensões desejadas através da planta, perfil longitudinal e seções transversais (LEITE, 2002).

Além do volume de tráfego, segundo o mesmo autor, a travessia da rede hidroviária condiciona a altura dos aterros que são construídos de modo a permitir a execução de obras de arte, em cotas compatíveis, que as tornem protegidas das enchentes. Carvalho (1990) implantou em estradas secundárias travessias do tipo “passagens molhadas” em que nas enchentes a água passa sobre as obras de arte.

Segundo Pereira e Costa (1983) para a definição do projeto de terraplenagem e mesmo para o acompanhamento e controle da construção, é importante



conhecer os fatores de conversão, constituídos pelas relações entre os volumes de corte, volumes de transporte (volume solto) e volumes de aterro (volume compactado).

Para os solos, o volume de corte é, em geral, menor que o volume solto (transportado) e maior que o volume compactado no aterro. Para os diversos tipos de materiais devem ser determinados os seguintes fatores de conversão, de acordo com (LEITE, 2002):

Fator de empolamento = (volume solto) / (volume de corte)

Empolamento (%) = [(volume solto – volume de corte) / (volume de corte)] x 100

Tanto o fator de empolamento como o empolamento são usados para definir os volumes necessários de transporte ao conhecer os volumes dos cortes (LEITE, 2002).

Fator de contração = (volume compactado) / (volume de corte)

O fator de contração permite estimar o material medido no corte necessário para a confecção de um determinado aterro.

Pereira e Costa (1983) apresentam os equipamentos utilizados na terraplenagem que são classificados em unidades: tratores, escavo-empurradores, escavo-transportadoras, aplainadoras, transportadoras, compactadoras e equipamentos diversos.

Um ponto que deve ser lembrado também é que o projeto de terraplenagem deve ser elaborado conhecendo-se as particularidades locais.

Segundo Caterpillar (1990), para os materiais de segunda e terceira categoria, as velocidades de propagação das ondas sísmicas são correlacionadas com a possibilidade de escarificação, pela utilização dos diversos modelos de equipamentos.

Para Pereira e Costa (1983 apud LEITE, 2002), na fase do projeto define-se toda a origem e destino dos materiais envolvidos na terraplenagem, considerando-se os volumes, classificação e as distâncias médias de transporte.

Para a seleção dos equipamentos de terraplenagem são observados os fatores: naturais, de projeto e econômicos. Como fatores naturais são considerados: natureza do solo (granulometria, resistência ao rolamento, capacidade de suporte à ação das cargas, umidade natural), topografia e regime de chuvas (LEITE, 2002).

Em função da topografia são apresentadas recomendações em relação à rampa máxima onde cada equipamento de terraplanagem é utilizado: *Scraper* rebocado, usado em rampas de até 40%; *motorscraper* com tração nas quatro rodas ou empurrados, para

rampas de até 30%; *motorscraper* convencionais com rebocador de um eixo, para rampas de até 15%; *motorscraper* convencionais com rebocador de dois eixos, para rampas de até 10%; caminhões e vagões, para rampas de até 15% e caminhões fora-de-estrada, para rampas até 25%. Já como fatores de projetos são considerados os volumes a ser movido e a distância de transporte (LEITE, 2002). Segundo Souza e Catalani (1978 apud LEITE, 2002), as máquinas de esteira são recomendadas para distâncias menores que 50 metros; o *scraper* rebocado para distâncias entre 50 e 200 metros; *motorscraper* de tamanho pequeno a médio, com rebocadores de um eixo entre 100 a 400 metros; já os *motorscrapers* com rebocadores de dois eixos de 300 a 750 metros e, caminhões acima de 900 metros. Os custos dos equipamentos são calculados por hora de utilização, muito embora os pagamentos tenham a tendência de serem feitos pela quantidade de serviço realizado.

#### **4.13.1.3 Pavimentação ou revestimento**

A qualidade do material de revestimento é fundamental para a obtenção de um bom leito carroçável. O número e espessura de camadas de material estão diretamente relacionados com a qualidade de estrada desejada. O revestimento, quando adequado, reduz a manutenção da mesma. Ele deve garantir também o tráfego de veículos pesados com qualquer tempo, independente de precipitações pluviométricas (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Na hora em que se está construindo o revestimento é importante salientar que em cima da base, a primeira camada de material deve ser de maior granulometria, reduzindo-se à medida que se chega à camada superficial. A justificativa é que o material com maior granulometria tem maior capacidade de sustentação de impactos inerentes ao transporte, sem sofrer grandes deformações. Já, o material fino é usado na camada superior, com a função de proporcionar a estabilização das camadas inferiores e reduzindo assim a rugosidade (trepidação) possibilitando velocidade adequada aos veículos (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Melo (1981 apud LEITE, 2002), considera que para volumes de tráfego baixos seja possível a pavimentação de somente uma faixa de tráfego, reduzindo-se tanto os custos de construção como os custos de manutenção. Essa referência é em relação a

países onde as condições econômicas são melhores que as do Brasil, que utilizam a pavimentação em alguns trechos, de somente uma faixa de tráfego. Entre estes países tem-se: Austrália, França, México, EUA, Portugal e Alemanha.

#### **4.13.1.4 Drenagem**

Uma rede de drenagem de estrada, quando mal dimensionada, é um fator limitante das operações de transporte, principalmente, nas épocas chuvosas. É comum ver a chuva intensa destruir os aterros de uma estrada, devido ao mal dimensionamento da rede de drenagem. O planejamento da rede de drenagem requer, dentre os inúmeros fatores, que se determine o volume máximo de água que deverá passar pela seção de um bueiro (MACHADO; CASTRO, 1985).

A drenagem garante o desvio, de distância em distância, das águas que caem na plataforma da estrada florestal, assim, evitando seu acúmulo e, em conseqüência, evita a erosão da sarjeta, principalmente nas rampas fortes e extensas, onde o terreno é pouco consistente. De acordo com estudos norte-americanos, os drenos devem ser colocados num espaçamento de 50 a 100 metros de distância (MACHADO; CASTRO, 1985).

A forma de retirada da água do leito da estrada dá-se através de um conjunto de técnicas, que dentre elas estão: abaulamento do leito da estrada, no sentido transversal ao eixo; inclinações mínimas e máximas do leito da estrada no sentido longitudinal; greide; valetamentos laterais; saídas laterais d'água e bueiros; pontes e pontilhões, camalhões; estabilização de cortes e aterros; abertura de faixas de insolação; medidas corretas de manutenção do sistema de drenagem, entre outros (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

O sistema de drenagem deve estar sempre em ótimas condições de funcionamento e, para isso, faz-se necessário alguns cuidados com a manutenção do mesmo. É comum problemas com o sistema de drenagem após um período de chuvas intensas, transporte em períodos chuvosos e, principalmente, após a passagem de motoniveladora (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Deve-se proceder periodicamente uma inspeção no sistema de drenagem para corrigir defeitos quando ainda são pequenos. Desta forma, algumas

observações devem ser levadas em consideração, tais como: desobstrução de valetas e saídas d'água após passagem de motoniveladora; observação das caixas de inspeção (entrada de bueiros); limpeza das rampas, através de roçadas, entre outros (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

#### **4.13.1.5 Abaulamento**

Tem a função de retirar a água no sentido transversal da estrada, não deixando que a mesma escorra superficialmente sobre a estrada e assim haja o aparecimento de sulcos longitudinais no leito da mesma e que, com o decorrer do tempo será o canal natural de água e haverá o aprofundamento desse sulco, transformando-o numa valeta e, posteriormente, a interdição da estrada. É recomendado, para estradas florestais, que o abaulamento tenha um percentual acima do usual, pois as estradas são utilizadas intensamente durante as épocas de exploração e, posteriormente, quase que abandonadas. Para estradas florestais, recomenda-se uma inclinação transversal entre 4 e 6% em terrenos planos ou suavemente ondulados ou em estradas de espigão, pois o objetivo é promover a adequada drenagem da plataforma, encaminhando as águas superficiais para os dispositivos destinados a recebê-las, evitando assim, o acúmulo de água sobre a pista. Em locais onde a topografia é mais acidentada ocorre a necessidade de se ter estradas de encosta e de ligação entre as mesmas, neste caso deve-se proceder o corte contra o barranco tendo uma inclinação variável entre 2 a 4 %. Deste modo, não haverá abaulamento da estrada, mas sim a retirada total da água para o lado do barranco (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990; DEMARCHI et al., 2003). A Figura 03 apresenta o esquema básico de um abaulamento.

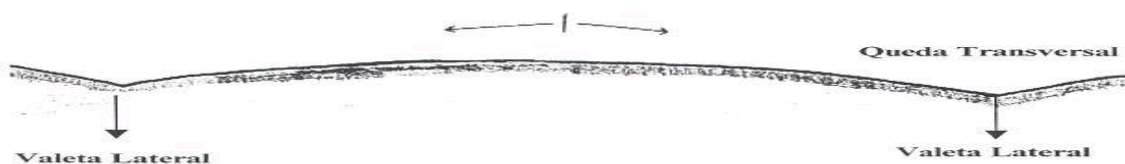


Figura 03: Configuração básica do abaulamento

Deve-se lembrar ainda que o abaulamento ou corte contra o barranco deve ser efetuado na base da estrada e posteriormente ser acompanhado pelas camadas de revestimento (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990; DEMARCHI et al., 2003).

#### 4.13.1.6 Valetas laterais

As valetas laterais têm a função de conduzir a água e direcioná-la para saídas d'água e bueiros. É importante que o fundo das valetas esteja em um nível abaixo das estradas, em torno de 20 a 30 centímetros abaixo da base. A função desse sistema abaixo do nível do leito é para que o mesmo fique o mais seco possível reduzindo a possibilidade de infiltrações. Fato considerado negativo, principalmente, em solos argilosos que tem a característica de plasticidade, ou seja, se houver infiltrações de água na base poder-se-á perder todo o trabalho de compactação e a camada de revestimento poderá ser incorporada pela argila, desaparecendo quando esta estrada for submetida ao transporte pesado (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Em função do tipo de solo e relevo, deve-se proceder variações do tipo e forma de valeta a ser construída. Para locais arenosos ou planos recomenda-se valetas do tipo trapezoidal. Já para locais onde o solo seja argiloso ou de topografia acidentada, recomenda-se valetas do tipo cônico invertido “V” (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990; DIETZ, 1983).

#### 4.13.1.7 Saídas d'água e bueiros

A água deve ser retirada antes que atinja velocidades consideradas perigosas, capaz de iniciar um processo de erosão. A forma mais simples de se retirar a água é através das laterais, as quais são espaçadas por pontos, efetuadas com a própria motoniveladora. As saídas são utilizadas principalmente em estradas de espigão ou quando a topografia permitir, podem ser feitas em um ou nos dois lados da estrada, num mesmo ponto. Normalmente, utiliza-se a microtopografia como referência para os pontos de saídas laterais d'água (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Em terrenos planos e de solos arenosos, em consonância com os mesmos autores, pode-se utilizar a prática de saídas laterais de água em conexão com buracos abertos lateralmente à estrada, que tem a função de armazenar a água e retê-la até que haja infiltração da mesma no solo. Em locais onde não é possível se fazer saídas laterais de água, faz-se necessário a utilização de bueiros para a retirada de água de um lado da estrada para outro. Isto é comum em regiões de topografia acidentada, bem como em locais de passagem de pequenos cursos d'água.

O tamanho da bacia hidrográfica define o diâmetro dos tubos ou das passagens subterrâneas de água, assim como os pontos onde devem ser construídos os mesmos. A vazão da água de microbacias no ponto determinado para um bueiro, deve ser calculada sempre pela maior precipitação, nunca pela média. Em locais de topografia mais plana, o bueiro deve ser transversal ao eixo longitudinal da estrada. Em topografia mais acidentada a passagem da água deve ter uma inclinação ao eixo longitudinal da estrada, normalmente em região acidentada recomenda-se um ângulo de  $45^\circ$ , a fim de melhorar o fluxo d'água (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

As valetas devem conduzir a água diretamente para uma caixa de inspeção (entrada de passagem de água) de tal forma a permitir um rápido fluxo sem que ocorra erosionamento da boca do mesmo. Também se deve salientar que a saída do bueiro deve ser feita de forma que não ocorra erosão; assim recomenda-se para região acidentada a utilização de pedras ou vegetais, tocos, entre outros, para quebrar a velocidade da água. A passagem de água deve ter uma pequena inclinação, que por regra é de 2%, a fim de melhorar o fluxo da água. Outro ponto fundamental é que a entrada dos bueiros deve, sempre que

possível, ser de meio metro além da pista de rolamento, de modo que haja maior segurança no transporte (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

O serviço norte-americano sugere o espaçamento ente bueiros, fornecendo os seguintes valores no Quadro 02.

Quadro 02: Relação da distância entre bueiros e o greide da estrada.

<b>Greide da estrada (%)</b>	<b>Distância entre bueiros (m)</b>
2	90
4	60
5	50
10	40
20	36

Fonte: Machado e Silva (2001)

De acordo com Bertolini et al. (1993), se considerarmos que as estradas funcionam como verdadeiros canais escoadouros, e que ao se implantar o sistema de bacias de captação e retenção, normalmente mobilizam-se as laterais e o próprio leito da estrada, desagregando o solo, é evidente que tais operações devam ser efetuadas em épocas adequadas para evitar o carreamento de sedimentos e promover a estabilização com práticas complementares como a revegetalização dos canais e taludes. Por isso se recomenda que o sistema seja implantado logo após o término do período das águas. O Quadro 03 mostra o espaçamento entre caixas d'água, fornecendo os seguintes valores.

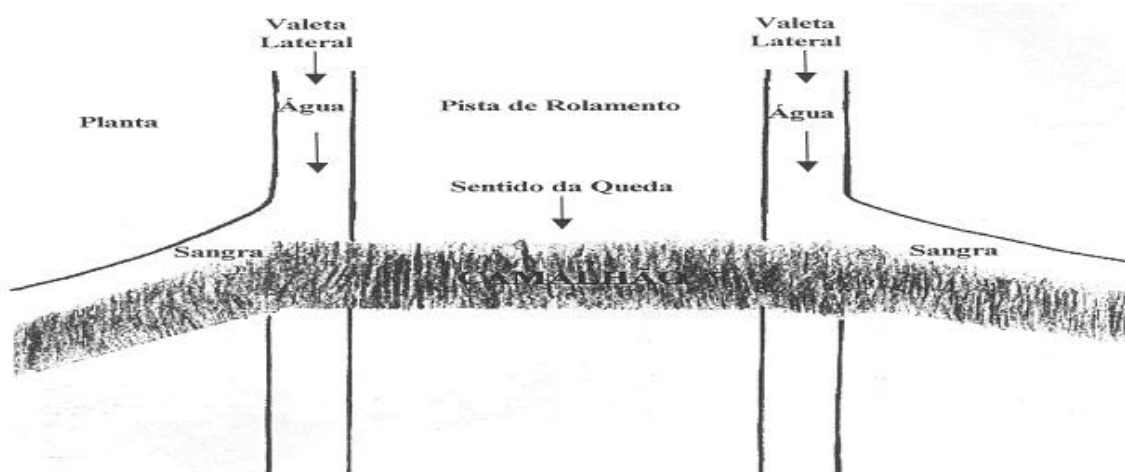
Quadro 03: Limite máximo de espaçamento entre caixas d'água e declividade da estrada

<b>Declividade da estrada (%)</b>	<b>Distância máxima entre caixas d'água (m)</b>
5 - 10	50
10 - 15	30
> 15	20

Fonte: Machado e Silva (2001)

#### 4.13.1.8 Mulchões ou camalhões

São pequenas elevações, construídas transversalmente à estrada, com a finalidade de obstruir a água oriunda das chuvas. É uma forma barata de reduzir a velocidade da água, porém com alguns inconvenientes, pois há a necessidade de diminuição da velocidade dos veículos de transporte e a necessidade de se fazer constantes manutenções a fim de manter a sua função. Existem duas formas de camalhão: a primeira transversal, onde deve existir saída lateral d'água nos dois lados e anteriores ao camalhão; a segunda forma é o camalhão transversal, porém com uma certa angulação, via de regra 30°, no sentido da pendente e neste caso, com saída lateral d'água. Este segundo caso é utilizado para se desviar a água de um para outro lado da estrada (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990). A Figura 04 apresenta o modelo básico para a construção de um camalhão.



Fonte: DURATEX. Área Florestal. Sistema de Gestão Ambiental. Construção e conservação de estradas e aceiros. (Proc. 15/S-05, rev. 14/11/2000). Lençóis Paulista, 2000. p. 8/17.

Figura 04: Configuração básica do camalhão



Deve ser lembrado também que se faz necessário cuidados redobrados a fim de reduzir o risco de erosão sobre a estrada. A altura dos camalhões é variável, assim como a distância entre eles (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Ainda de acordo com os mesmos autores, é preciso ter bom senso na hora da construção para que não ocorra problema mecânico com os meios de transporte, quer seja pela altura dos camalhões, quer seja pelo sentido dos mesmos, pois a má localização dos mesmos pode gerar problemas. Outro problema é camalhão com angulação, pois o meio de transporte tende a movimentar desordenadamente os chassis, podendo ocasionar futuras avarias mecânicas. Esse tipo de construção é comum em terrenos arenosos, tornando-se um método relativamente eficaz e barato no controle da erosão em estradas florestais. A seguir, o Quadro 04 mostra a relação entre greide e as distâncias recomendadas para os camalhões.

Quadro 04: Distância entre camalhões em função do greide

<b>Greide (%)</b>	<b>Distância entre camalhões (m)</b>
0 a 2	90
2 a 4	70
4 a 6	60
6 a 8	50
8 a 10	40
Acima de 10	30

Fonte: Machado e Silva (2001)

#### **4.13.1.9 Manutenção**

É a conservação das estradas e caminhos florestais em perfeitas condições de uso, ou seja, as valetas limpas, bueiros desentupidos, pista de rolamento estabilizada e sem defeitos, pontes em condições de uso, a fim de mantê-las em condições normais de tráfego, dentro de suas especificações (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Após a implantação do sistema, em virtude da movimentação de terra no leito da estrada, “quebra de barrancos”, abertura do canal de admissão e da construção da

própria bacia, é comum as primeiras chuvas carregarem sedimentos, ocasionando problemas de infiltração, principalmente em função da argila dispersa que veda os poros. Em virtude disso recomenda-se efetuar a manutenção anual, procedendo a remoção de sedimentos da bacia, no período de seca, ocasião em que se pode efetuar também uma escarificação no fundo, visando melhorar a infiltração. Sob o ponto de vista prático, em relação às limitações na hora da implantação do sistema de bacias de captação, alguns pontos merecem especial atenção como o espaçamento excessivo entre bacias, subdimensionamento das bacias, aplicação do sistema em solos impermeáveis, implantação do sistema em declividades acentuadas, falta de compactação, taludes com inclinação inadequada, falhas no nivelamento, sedimentos, problemas de infiltração, entre outros (BERTOLINI et al., 1993).

O objetivo maior é preservar as características do projeto e planejamento, assegurando a integridade do investimento, procurando o menor custo possível. A manutenção das estradas demanda limpeza periódica do sistema de drenagem, correções periódicas no pavimento, substituição de placas de sinalização danificadas e roçadas nas margens das estradas (CARVALHO, 2000).

De acordo com Malinovski e Perdoncini (1990), para se fazer uma manutenção eficiente, torna-se necessário reconhecer as principais causas dos danos à pista de rolamento, tais como:

- as rodas dianteiras dos caminhões libertam uma considerável energia, para superar o obstáculo de movimento, de velocidade e de freio, assim como ainda superar forças centrífugas. Este atrito causa desgaste na cobertura da pista de rolamento;
- a ação do atrito na pista de rolamento retira partículas da cobertura da mesma. Isto é bastante prejudicial, especialmente, quando se refere ao uso de pistas secas em demasia (formação de pó);
- a água das chuvas também carrega as partículas da pista de rolamento;
- a infiltração da água da chuva na pista reduz a capacidade de suporte da base do subsolo. Quando trafegada por cargas pesadas ocorrem depressões nos trilhos da estrada;
- em pistas de rolamento com declive, a água escorre na direção longitudinal da pista, o que culmina em maior erosão e até mesmo destruição completa da mesma.

A manutenção de estradas florestais está relacionada com a qualidade de construção e o fluxo de uso. De acordo com Malinovski e Perdoncini (1990), normalmente,

são feitas manutenções periódicas somente nas estradas consideradas de acesso e principais, deixando de lado a manutenção preventiva na rede viária secundária. Isto está relacionado com a sazonalidade das intervenções na floresta, pois logo após o plantio somente por ocasião de explorações ou colheitas de madeira é que se faz necessário o tráfego de veículos de transporte. O tipo de manutenção varia muito, depende da qualidade da estrada, do tipo de solo, dos investimentos em sua construção, da forma de traçado, das precipitações e da intensidade de tráfego.

Por outro lado, os mesmos autores afirmam que medidas devem ser tomadas para se evitar danos como fechamento para trânsito público e limitar a velocidade. Já como medida de conservação, a inclinação da pista no sentido longitudinal e transversal deve ser mantida, isto é, refazê-las após a mínima danificação. O importante é manter o perfil da estrada perfeitamente abaulado.

Existe uma estreita relação entre custos de construção e manutenção de estradas florestais, quanto melhor for a qualidade da estrada, menor serão seus custos de manutenção e vice-versa, comentam os mesmos autores.

No entanto, na conservação de qualquer estrada, independente da sua qualidade, é fundamental que além da conservação da pista de rolamento também se lembre de fazer a manutenção da rede de drenagem, uma vez que as estradas florestais têm a particularidade de, na maioria das vezes, terem uso sazonal, as mesmas são esquecidas por grande parte do tempo e somente lembradas por ocasião da exploração e muitas vezes tornando necessário quase que a reconstrução completa das mesmas, perdendo grande parte do investimento realizado. Faz-se necessário pelo menos manter um sistema de drenagem eficiente e um abaulamento compatível. Outro ponto a considerar são as intersecções (entroncamentos) entre as estradas principais e secundárias. Quando se sabe que não se usará a estrada secundária por um determinado período, é comum fazer pequenas valetas ou mulhões transversais à estrada a fim de se reduzir os riscos de erosão, evitando assim também o carreamento de material das estradas secundárias para as principais, o que normalmente forma um ponto negativo nas estradas principais (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Em terrenos arenosos, de acordo com os mesmos autores, observa-se a necessidade de se efetuar manutenções preventivas em vez de manutenções corretivas. Onde existe a utilização de mulhões em série, os mesmos devem sofrer manutenções preventivas,

para que não ocorra a deterioração pelo transporte do mesmo, o que acarretaria a intransitabilidade da estrada. Outro aspecto importante que deve ser sempre vigiado são as valetas, as saídas d'água e os bueiros para evitar problemas de erosionamento.

Em terrenos argilosos os cuidados com infiltrações d'água devem ser redobrados, a fim de manter estabilizada a base da estrada.

Os cortes e aterros, principalmente de regiões arenosas, de acordo com os mesmos autores, devem ser rapidamente revegetalizados e a manutenção dos mesmos deve ser através de roçadas e nunca pela morte dos vegetais. Já para o caso de estradas sem revestimento, algumas empresas utilizam o sistema de cancelas para evitar o transporte em dias de precipitações intensas, pois o tráfego em épocas chuvosas em estradas sem revestimento danifica drasticamente a mesma.

A adequada conservação das vias é muito importante para a redução dos custos totais de transporte.

Segundo o IPT (1988 apud LEITE, 2002), na conservação, sobretudo, com o uso de motoniveladora, lembrar que o leito das estradas de terra deve-se manter o máximo possível próximo à superfície do terreno. Além dos solos superficiais terem mais resistência a erosão e serem compactados mais facilmente, a implantação de saídas laterais de drenagem apresenta custos menores.

O custo dos pneus comenta o mesmo autor, representa um componente importante dos custos de operação dos veículos; diversas pesquisas têm demonstrado que o desgaste dos pneus depende das condições da superfície da via. Segundo a SAAB SCANIA, citado por Machado (1989) e Leite (2002), um pneu em asfalto liso dura 100%, em asfalto áspero 90%, em concreto 70%, em estradas de terra 50% e em estrada macadamizada 21%. Em estradas muito onduladas e sinuosas a durabilidade é de 50% em relação a uma estrada padrão.

Segundo o IPT (1988 apud LEITE, 2002), os problemas mais comuns em uma estrada de terra, que exigem conservação com suas causas e soluções, são os seguintes:

- Falta de capacidade, falta de aderência ou deficiência de drenagem causando ondulações e atoleiros. Estes problemas, em geral, são causados pela falta de capacidade de suporte do subleito e ausência ou deficiência de drenagem. Para a correção podem ser feitas valetas ou

sangras para retirar água e fazer camada de reforço e sobre esta o revestimento primário ou agulhamento. Também pode ser conveniente a construção de dreno profundo (1,5 m) para rebaixar o lençol freático. Estes drenos devem ter uma declividade maior que 1% e serem constituídos de uma camada inferior com 20 cm de cascalho limpo vindo a seguir tubos perfurados com 20 a 25 cm de diâmetro ou um feixe de bambu na altura de 30 a 40 cm, em seguida mais 20 cm de cascalho limpo, capim ou plástico e argila compactada em 20 cm. Providenciar uma saída adequada para a água captada pelo dreno.

- Areões de espigão ou de baixada. Pode surgir em terreno muito arenoso. O problema pode ser solucionado com a mistura de argila na proporção de 1: 2,5 ou efetuar o confinamento com revestimento primário, combater também, se for o caso, possíveis erosões que costumam surgir nos trechos altos.

- Excesso de pó. Além de problemas de segurança, o pó reduz a vida útil dos motores dos veículos. Neste caso, colocar revestimento primário selante em alguns casos com camada de reforço.

- Rocha aflorante. Preencher cavidades e buracos com solo local e revestimento primário. As lajes de pedras devem ter seus buracos limpos, removendo as pedras soltas, lavar e obturar com pedras e argamassa de cimento, no caso de via importante.

- Pista molhada derrapante. Se for de argila com capacidade de suporte boa, fazer agulhamento com pedras no leito.

- Pista seca derrapante ou costelas de vaca. Substituir material granular superficial por revestimento primário ou fazer agulhamento se o leito for argiloso.

- Segregação lateral do material. Fazer mistura com material ligante, substituindo por revestimento primário ou agulhamento.

- Buracos. Drenar águas da plataforma fazendo abaulamento transversal, valetas e sangras. Retificar, limpar e umedecer cada buraco preenchendo com material de revestimento primário e compactando em camadas (umedecer, se necessário).

- Erosões em Ravina. Preencher sulcos com solo local compactado, preenchendo os últimos 30 cm com revestimento primário e compactar. Para prevenir contra a erosão, fazer e manter o abaulamento transversal e canaletas laterais (revestidas com grama ou argila compactada). Pode-se fazer também revestimentos com solo-cimento e canaletas de concreto, de preferência, moldadas no local.

Ainda, segundo o IPT (1988 apud LEITE, 2002), em regiões cultivadas, as sangras devem jogar as águas em terraceamentos de curvas de nível (o espaçamento médio entre sangras inicialmente pode ser 20 metros em trechos inclinados e a cada 40 metros em trechos planos; é importante observar o desempenho para, com a experiência, efetuar melhores projetos). Os camalhões podem ser necessários para forçar a saída d'água pela sangra.

Bueiros ou passagens molhadas podem ser implantados para que a água saia do outro lado da pista, diminuindo as possibilidades de erosão. Nos bueiros, se possível, usar diâmetro de, no mínimo, 40 cm; que podem ser feitos com tubos ou pedras de mão rejuntadas. O topo dos bueiros deve estar a uma profundidade, no mínimo, igual a uma vez e meia seu diâmetro. A declividade deve ser de 1% e sempre assentar em berços. Nos locais erodíveis a caixa de bueiro deve ter, no mínimo, 0,5 x 0,5 x 1,1 metro, podendo ser de concreto ou pedra rejuntada. Em solo erodível também proteger saídas das sangras, o que pode ser feito com pedras ou estacas de madeira (LEITE, 2002).

Para estradas encaixadas fazer dissipadores de energia ao longo dos taludes laterais com pedras e estacas, ou sacos de aniagem preenchidos com solo-cimento (10:1 a 20:1). Nos trechos encaixados, se possível, abater os taludes laterais. Em terrenos arenosos a água pode ser lançada em caixas de infiltração ou acumulação (em superfície natural, em plataformas encaixadas, se couberem, ou encravadas nos barrancos laterais da estrada), limpar estas caixas após os períodos de chuvas para eliminar o assoreamento e películas de argila. O plantio de bambu, grama ou capim pode proteger os pontos mais vulneráveis, como as saídas de sangras (LEITE, 2002).

Para a conservação é importante dispor de maquinário apropriado. Recomenda-se ter, no mínimo, caminhões basculantes, caminhão pipa, pá carregadeira, motoniveladora, rolos compressores (liso, para material granular e pé-de-carneiro vibratório), trator agrícola e grade (LEITE, 2002).

Além da conservação permanente da pista rolante, especialmente as instalações de drenagem exigem uma constante conservação. Isto se refere à limpeza das valetas e tubos de escoamento. Instalações de drenagem perdem sua função quando entupidas com madeira, folhas e terra, o que pode, rapidamente, causar grandes danos à estrada, até a completa destruição. Para evitar danos recomenda-se o fechamento ao trânsito público e o

controle do limite de velocidade dos veículos. Outro ponto que merece cuidado é quanto à inclinação da pista nos sentidos longitudinal e transversal (abaulamento), eles devem ser mantidos, isto é, refazê-los após a mínima danificação (DIETZ et al. 1983).

#### **4.14 Superfície da Pista de Rolamento**

Os materiais mais comuns encontrados nas superfícies da pista de rolamento são os granulares. É comum encontrar diferentes tipos de material constituindo a camada superior da estrada florestal, independente da umidade, massa específica, composição mineralógica e forma dos grãos, tendo cada um deles sua influência particular no desempenho dos veículos de transporte (MACHADO, 1989).

De acordo com Machado e Malinovski (1986), os principais tipos de pavimentos são os rígidos, flexíveis, os de revestimento primário e os naturalmente encontrados após a abertura da rodovia. Cada um desses pavimentos afeta o desempenho dos veículos de modo particular.

Dentre os vários tipos de superfície temos as seguintes combinações, de acordo com Machado et al., 2002:

- Estrada pavimentada: é aquela revestida com concreto betuminoso ou concreto com cimento, o que permite o tráfego de veículos durante o ano todo.
- Estrada com revestimento primário: é aquela revestida com material granular (saibros, cascalhos, entre outros), o que permite o tráfego de veículos durante o ano todo.
- Estrada sem revestimento: é aquela que não apresenta qualquer tipo de revestimento, portanto, geralmente, não ocorre o tráfego de veículos durante a época chuvosa.

#### **4.15 Índice de Desgaste da Pista de Rolamento**

É a relação entre o somatório dos deslocamentos verticais de materiais da superfície da pista de rolamento, de sua posição original, pelo número de pontos de medições. Considera-se o deslocamento de material para cima e para baixo, do nível original da superfície (MACHADO, 1989).

Na verdade, tudo isso requer um planejamento criterioso e um processo rigoroso de mensuração dos deslocamentos verticais dos materiais da superfície da estrada. Pode-se estimar esse índice de desgaste (ID), através da fórmula matemática proposta por Eske, (1965 apud MACHADO, 1989):

$$ID = d / (300.p), \text{ em que:}$$

d = somatório das alturas dos deslocamentos verticais de material da superfície da pista de rolamento da estrada florestal (mm);

p = número de pontos de leitura.

Machado (1989) comenta que o desgaste da pista de rolamento, em estradas florestais constituídas de revestimento primário granular, é maior em 25% nas curvas horizontais, se comparado com as tangentes. Vale lembrar também que o índice de desgaste é diretamente proporcional ao desgaste da pista de rolamento, em detrimento do tráfego (tipo e densidade).

Para a rede viária florestal é mais indicado, por motivos econômicos e ecológicos, limitar a velocidade em 30 ou no máximo 50 km/h, pois a velocidade é um parâmetro decisivo no padrão das estradas, isto é, para o delineamento, largura e formação da pista (DIETZ, 1983).

#### **4.16 Índice de Rugosidade da Pista de Rolamento**

Esse índice se divide em dois tipos, denominados macrorrugosidade e microrrugosidade. A macrorrugosidade fornece a indicação sobre a rugosidade geométrica média do revestimento e, como consequência, sobre sua capacidade de drenagem. Influi na velocidade de operação, pois permite a expulsão da película de água, se houver, sendo portanto, fundamental nas altas velocidades (MACHADO, 1989).

Já a microrrugosidade é a propriedade que possui os agregados da superfície da pista de rolamento de uma rodovia de apresentarem aspereza e resistência ao polimento dado à ação do tráfego. Existe uma relação entre a microrrugosidade de uma superfície e a aderência dos pneumáticos. Para uma mesma velocidade de operação, quanto maior é a aspereza da estrada, maior será também a aderência longitudinal. Da combinação da macrorrugosidade e da microrrugosidade, pode-se obter quatro tipos de revestimento: boa



macro e boa microrrugosidade; boa macro e má microrrugosidade; má macro e boa microrrugosidade e; má macro e má microrrugosidade (MACHADO, 1989).

Na verdade, o autor conclui que, somente a primeira é considerada uma combinação excelente, do ponto de vista de aderência, uma vez que ela é ao mesmo tempo rugosa (com boa rugosidade) e áspera (com boa microrrugosidade).

#### **4.17 Fatores Geométricos da Rodovia Florestal**

Os fatores mais significativos para a avaliação da performance dos meios de transporte rodoviário florestal são os geométricos. Dentre eles temos:

##### **4.17.1 Greide**

É a inclinação vertical do eixo da estrada florestal, formando-se os aclives e declives, ajustados por uma curva de concordância vertical (MACHADO, 1989). Em terrenos planos o solo é mais profundo e é fácil a penetração das raízes (SOUZA, 1973).

Na medida do possível, devem-se evitar rampas acima de 15%, uma vez que acarretam dificuldades acentuadas para veículos de carga e podem ocasionar aumento do custo de manutenção. Já em áreas montanhosas, a inclinação longitudinal em curvas com raio abaixo de 25 metros não pode exceder em 6% (DEMARCHI et al., 2003).

A inclinação longitudinal da estrada é fator fundamental para que a água ganhe velocidade, fator esse considerado negativo para estradas florestais. À medida que aumenta a velocidade da água haverá um aumento significativo de possibilidades de erosão no leito da estrada. Em contrapartida, em locais onde a inclinação longitudinal seja próxima de zero, haverá o empoçamento da água e, conseqüentemente, infiltrações na estrada formando buracos, o que também é considerado um fator negativo (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Em consonância com os mesmos autores, é recomendado que a inclinação longitudinal das estradas florestais seja sempre superior a 2% e atinja o máximo, conforme a inclinação máxima da estrada que é regida pela qualidade da mesma. Vale ainda

salientar que quanto maior for a inclinação longitudinal, mais perto devem ser os pontos de saídas de água, quer sejam saídas laterais, quando possível, ou bueiros.

De acordo com Byrne et al. (1960), muitos conservadores limitam o greide de estradas florestais numa faixa de 3% adverso a 8% favorável. Do ponto de vista econômico, a opção por greides mais acentuados, visando diminuir a extensão e os custos iniciais da estrada florestal, pode acarretar uma elevação drástica dos custos de transporte. Em termos de conservação e estabilização de estradas, com greide acentuado, são necessários mais recursos financeiros e uma manutenção mais apurada.

Yamamoto (1981), concluiu em seus estudos, que greides suaves podem induzir o aumento da velocidade de operação, enquanto o inverso acontece em situações de greides acentuados. O simples fator greide influencia significativamente no desempenho dos veículos.

Ainda tem-se a considerar a declividade média da estrada, que embora não contribua para o aumento do volume da água, determina variações na velocidade da mesma, motivo pelo qual o espaçamento entre as bacias deve sofrer reduções, diminuindo a capacidade erosiva da água e aumentando a segurança do sistema. As bacias de captação e retenção de água são recomendadas para estradas com declividade de até 20%. Acima desse limite sua implantação torna-se dispendiosa, além de comprometer a segurança da estrutura (BERTOLINI et al., 1993).

#### **4.17.2 Largura da estrada florestal**

Ela exerce influência sobre a velocidade de operação, principalmente em situações adversas de alinhamento horizontal e greide. A largura das estradas é considerada um dos três fatores mais importantes de avaliação de rodovias florestais. (MACHADO, 1989).

A largura do leito da estrada compreende a largura existente entre as duas valetas ou sarjetas, em estradas de região plana, ou entre valetas ou sarjetas do barranco e a borda do aterro em regiões onduladas (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

A estrada principal deve possuir largura superior a 7 metros e pista de rolamento com duas faixas, o que permite que dois veículos possam cruzar ou ultrapassar, sem

haver redução drástica da velocidade de operação. Ela é destinada à conexão e desenvolvimento. Deve possuir um bom padrão de construção e permitir tráfego de veículos durante o ano todo. (MACHADO et al., 2002).

Para as estradas secundárias, de acordo com os mesmos autores, a largura da pista de rolamento deve ser inferior a 5 metros e possuir uma faixa única, o que permite o tráfego de veículos em um único sentido, mas com faixa de ultrapassagem distribuída ao longo da rodovia. Responsável pela divisão da floresta em áreas de exploração e pela conexão dos pátios de estocagem na floresta com as estradas principais. Deve possuir padrão de construção mais simples. Recomendada para regiões climáticas favoráveis.

De acordo com Dietz (1983) devido à variedade de fatores que influenciam o tipo e a densidade da rede viária florestal, não existem receitas nem soluções padronizadas com referência ao traçado da rede viária, que possam ser transferidas sem análise prévia. O que há são experiências que revelam o traçado mais indicado para determinada situação topográfica. A seguir, o Quadro 05 ilustra as recomendações quanto à largura da faixa de ultrapassagem e o número de pistas de rolamento.

Quadro 05 – Largura da faixa de ultrapassagem em função da largura e número de pistas de rolamento.

<b>Largura da pista de rolamento (m)</b>	<b>Número de pistas de rolamento</b>	<b>Largura da faixa extra de ultrapassagem (m)</b>
8	2	0
6	1	4
5	1	3 a 5
4	1	4

Fonte: Machado e Silva (2001)

Sabe-se que a largura influencia na velocidade de operação. Estudos mostram que em estradas com largura variando de 3,5 a 5,5 metros; a velocidade de operação aumenta linearmente, indicando que este é um dos fatores responsáveis pela eficiência do transporte. Com um estudo mais aprofundado deste parâmetro, foi possível subsidiar o

desenvolvimento do índice de largura da pista de rolamento, o qual convencionou-se em dois tipos básicos (MACHADO, 1989):

- Pista dupla: é caracterizada como aquela onde dois veículos possam se cruzar ou ultrapassar, sem haver redução drástica da velocidade de operação. Normalmente, isto é possível quando a largura da pista de rolamento ultrapassar os 7 metros. Recomenda-se pista dupla para situações onde a densidade de tráfego é alta e para qualquer classe de veículo de transporte. Para densidade média de tráfego utilizam-se veículos semipesados e pesados.

- Pista única: normalmente sua largura é inferior a 5 metros, porém nas áreas de cruzamento de veículos, devem-se ter espaços suficientes segundo a visibilidade, densidade de tráfego, entre outros, as quais são construídas sempre à direita do sentido da viagem vazia, de tal maneira que a preferência seja do veículo carregado, evitando a redução da velocidade de operação e seu rendimento energético. Esse tipo de pista é recomendado para densidades baixas, independente da classe de veículo utilizado.

#### **4.18 Sistema de Classificação de Estrada Florestal**

Existe uma vasta gama de classificações de estradas florestais em todo o mundo. No Brasil, não existe uma padronização. Cada empresa possui uma classificação diferente, porém o que muda é o nome dado.

Segundo Paterson (1976 apud MACHADO, 1989), tem-se três tipos de sistemas de classificação de rodovias florestais: o padronizado, o flexível e o codificado.

O sistema padronizado é limitado a um pequeno e específico número de categorias de estradas florestais. Poderia ser o sistema ideal, para todas as empresas, mas envolveria mudanças radicais. Alguns exemplos deste sistema são:

- Classificação proposta pela FAO (1974 apud MACHADO, 1989): essa classificação se baseia na função da estrada florestal. Possui duas categorias básicas: I) estradas de acesso, as quais seguem o mesmo padrão das estradas públicas da região. Não existe, portanto, uma definição de qual estrada pública, naqueles casos onde existe mais de um padrão; II) estrada de alimentação, as quais visam dar acesso às florestas e diminuir a distância de extração florestal. Geralmente são de baixo padrão construtivo e temporário.

- Classificação adotada na Áustria: essa classificação possui três classes de estrada florestal. A primeira, denominada principal, é destinada à conexão e desenvolvimento, devendo possuir um bom padrão de construção e permitir o tráfego de veículos durante todo o ano. Geralmente possui uma única pista, podendo até ser asfaltada, naqueles casos de alta densidade de tráfego; a segunda, dita secundária é responsável pela divisão da floresta em áreas de exploração e pela conexão dos pátios de estocagem na floresta com as estradas principais. Deve possuir um padrão de construção mais simples, portanto, recomendada para condições climáticas favoráveis: finalmente, a terceira classe, chamada de ramal, é responsável pela conexão da área de corte florestal aos pátios de estocagem na floresta, sendo que a sua pista de rolamento é a própria superfície do terreno, sendo usada apenas para a extração florestal, em condições climáticas favoráveis (MACHADO, 1989). A seguir, o Quadro 06 apresenta a classificação adotada na Áustria e suas especificações técnicas.

Quadro 06: Classificação de estrada florestal adotada no sistema austríaco

Especificações Técnicas	Classe de Estrada Florestal		
	Principal	Secundária	Ramal
Largura da plataforma (m)	5,0 – 5,5	4,5 – 5,0	3,0 – 4,0
Largura da pista de 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

Fonte: FAO (1977 apud MACHADO, 1989)

- Por outro lado a classificação usada pela Hiwassee Land Company (EUA) diz que a rede rodoviária é classificada em três categorias, diferindo-se entre si pelo padrão de construção, pelo seu traçado geométrico, tipo e intensidade do tráfego (MACHADO, 1989). No Quadro 07, verifica-se a classificação usada nos EUA para estradas de uso florestal.

Quadro 07: Classificação de estrada florestal adotada pela Hiwassee Land Company - EUA

Especificações Técnicas	Classe de Estrada Florestal		
	Principal	Secundária	Acesso
Largura da estrada (m)	Acima de 6	3,5 – 4,8	3,0 – 4,0
Greide máximo (%)	8 F ou A1	12 F ou A2	18 F ou 12 A
Grau de curvatura máximo	40	55	100
Raio mínimo (m)	30	20	10

Fonte: Walbridge; Bentley (1960 apud MACHADO, 1989)

Onde:

F: sentido favorável (declive para o veículo carregado)

A: sentido adverso (aclive para veículo carregado)

1: aceita-se até 10% numa distância máxima de 150 metros

2: aceita-se até 15% no sentido favorável, numa distância máxima de 150 metros.

Já o sistema flexível envolve um grande número de classes bem definidas de estradas, devendo ser grande o suficiente para representar todas as condições das diversas empresas florestais. Neste caso, cada empresa adota aquelas classes compatíveis a sua situação específica (MACHADO, 1989).

O sistema codificado adota uma série de símbolos. Machado (1989) comenta que, cada qual representando uma especificação técnica da estrada, bem como sua descrição. Dessa forma, não há necessidade de uma classificação específica ou várias para cada empresa, ou mesmo uma para todas. Uma empresa pode selecionar, através de símbolos, as características técnicas que desejar e estabelecer a sua própria classificação. Como não existe um número fixo de classes, o sistema é muito flexível, mas não é padronizado.

Paterson et al. (1976 apud MACHADO, 1989), acreditam que o sistema padronizado é o que melhor satisfaz, embora seja pouco prático. Na verdade, sempre existirão divergências de opiniões, uma vez que as características técnicas são selecionadas arbitrariamente.

Hoje se tem inúmeras formas e pontos de vista para se classificar estradas, tais como: sua importância, modo de construção, material empregado, entre outros. Para Machado, (1989), pode-se classificá-las sob o ponto de vista político-econômico (estradas federais); quanto ao fim a que se destinam (principais); quanto à natureza da superestrutura (estrada de ferro, rodagem); quanto às condições técnicas, entre outros.

Uma boa classificação não permite problemas de terminologia. Deve ser transparente em suas características, fornecer subsídios ao planejamento das rodovias e viabilizar a avaliação das existentes. O maior obstáculo ao se estabelecer uma classificação de estradas florestais, adotando-se critérios, são as diferenças filosóficas (MACHADO, 1989).

Quanto aos parâmetros utilizados para classificação, os mesmos também variam muito, existindo empresas que seguem rigoroso critério enquanto outras nem critério possuem. As empresas que mais se preocupam com uma classificação mais rigorosa e com padrões pré-fixados, são as que utilizam o transporte pesado e extrapesado. Uma forma de classificação, proposta por Malinovski e Perdoncini (1990) é a seguinte:

Estrada classe A (principal): possui pavimento de 7 metros com 1 metro de acostamento de cada lado da estrada. É cascalhada com compactação de 10 a 25 cm, dependendo do solo da área e com inclinação favorável de 10% no máximo;

Estrada classe B (com cascalho) e estrada classe C (vicinal, sem cascalho): possui pista simples com desvios cascalhados. A largura do pavimento é de 7 metros e desvios com largura de 4,5 metros e inclinação favorável de 10%, no máximo;

Estradas de encosta: devem ser as mais curtas possíveis. As áreas alargadas e rochosas devem ser evitadas ao máximo. A base da estrada de encosta deve ter 4 metros. Devem-se colocar bueiros onde for necessário e possuir inclinação favorável padrão de 4-8% (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Ainda, segundo os mesmos autores, outras formas de classificação são largamente encontradas, como: estradas de acesso ou de ligação; estradas primárias ou principais; estradas secundárias; trilhos e ramais, entre outros.

Heinrich (1993 apud Braz, 1997) classifica as estradas como: de acesso, principais, secundárias, e trilhas de arraste. Onde as estradas de acesso são as que fazem a ligação entre os centros de processamento e consumo e as áreas de trabalho ou entre estas e as estradas públicas. Possui largura média de 9 a 12 metros e uma inclinação máxima

de 6 a 8 %. Já as estradas principais são a espinha dorsal da rede de estradas secundárias que delas partem, tornando possível o acesso a toda área florestal. Deve ter a capacidade de suportar transporte durante o ano todo e algumas vezes, em área sob manejo podem-se utilizá-las por vários anos. Assim, tanto o planejamento como a implantação destas estradas deve seguir rigorosos critérios técnicos, para garantir o padrão desejável, evitando gastos excessivos com sua manutenção. Suas principais características são largura média de 8 a 10 metros e uma inclinação máxima de 8 a 10 %. No entanto, as estradas secundárias fazem a ligação entre os estaleiros e as estradas principais. As distâncias entre um e outro caminho florestal secundário definem a máxima distância de arraste. Durante o período das chuvas, normalmente ficam intrafegáveis. São usadas, geralmente, por um curto período, de duas semanas a dois meses. Suas características são largura média de 6 a 8 metros e uma inclinação máxima de 10 a 12 %. Por fim, as trilhas de arraste são caminhos usados pelos tratores para o arraste de toras do local de corte aos pontos de carregamento, nas estradas secundárias. Suas características são a largura média de 3,5 a 4 metros e uma inclinação máxima de 20 %.

Kretschek (1996) recomenda ainda que as estradas principais sejam feitas, sempre que possível, nas lombas próximas das linhas de cume por facilidade de drenagem, maior exposição à secagem pelo vento, menos passagens em cursos d'água, serem mais planas, mais retas, estarem em solos mais mineralizados e, portanto, mais firmes.

De acordo com Malinovski e Perdoncini (1990), as estradas principais são conhecidas como estradas de ligação entre o centro consumidor e a área de produção. Devem possuir melhor qualidade que as outras da região, possibilitando o tráfego pesado durante o ano todo. Já as secundárias são aquelas de menor qualidade, normalmente, implantadas nas áreas de produção e devem dar condição de tráfego para áreas de produção específicas, até chegar às estradas principais. Muitas vezes, não possibilita o tráfego pesado normal em todo o ano.

Por outro lado, sob o ponto de vista de Grammel (1983), as estradas principais são aquelas transitáveis independente da época do ano, constantemente com carga pesada e, portanto, apresentam um respectivo padrão de qualidade, isto é, largura mínima, um raio mínimo de curvas, máximo percentual de declive em subida, mas também uma capacidade de sustentação adaptada às exigências do trânsito. As secundárias são aquelas



também para o tráfego de caminhões, devido à maior capacidade de sustentação do solo, muitas vezes possuindo melhorias parciais, são trafegáveis somente em certas épocas do ano.

Dentre as várias classificações, Machado e Malinovski (1986) verificaram em suas pesquisas que, as estradas principais são as únicas que, eventualmente, permitem o tráfego em dois sentidos, já que a largura da plataforma pode ultrapassar os seis metros; embora nem sempre seja revestida em toda esta largura. As secundárias têm largura de quatro a cinco metros e nos ramais até menos de quatro metros. Em geral, perto da indústria, o transporte florestal utiliza estradas, muitas vezes, pavimentadas de características bem melhores.

#### **4.19 Padrão da Rede Viária Florestal**

O padrão refere-se à caracterização da estrada quanto à sua geometria, largura e tipo de superfície da pista de rolamento. Definido o padrão de estrada se estabelece a velocidade de tráfego. O padrão da estrada afeta sensivelmente o desempenho dos veículos e os custos de transporte (MACHADO et al., 2000).

Do ponto de vista econômico, a opção por greides mais acentuados, visando diminuir a extensão e os investimentos iniciais, pode acarretar elevação drástica dos custos de transporte e manutenção. Por outro lado, é comum, nas estradas florestais, a pista de rolamento ser revestida por material granular. Normalmente encontram-se diferentes tipos de solo que constituem a camada de revestimento. A umidade, massa específica, composição mineralógica e a forma dos grãos do solo destas camadas influenciam na qualidade da superfície de rolamento. Todavia, em estrada florestal é comum encontrar pistas de rolamento com solo no seu estado natural (MACHADO et al., 2000).

O padrão influencia os custos de construção, de manutenção e de transporte, além de afetar também o desempenho energético dos veículos, a durabilidade dos pneus, entre outros (MACHADO, 1989).

De acordo com Malinovski e Perdoncini, (1990), o padrão da rede viária na implantação deve dar condições de tráfego para as atividades até a exploração, porém já se deve prever bueiros, pontilhões e sistema de drenagem em geral, pensando-se na futura exploração, pois é nesse momento que, normalmente, ocorrem os maiores fluxos de transporte

como também de tonelagem. Isto representa redução de custos futuros, pois não serão necessários redimensionamentos de obras de arte e nas diretrizes das estradas. Vale lembrar também que o meio de produção a ser utilizado influencia no futuro transporte da matéria-prima, ou seja, deve-se planejar principalmente o alinhamento longitudinal compatível com o tipo de veículo a ser utilizado.

A velocidade é um parâmetro decisivo no padrão das estradas, isto é, para o delineamento, largura e formação da pista. Para a rede viária florestal é indicado, por motivos econômicos e ecológicos, limitar a velocidade dos veículos entre 30-50 Km/h. Só assim, as exigências quanto ao padrão podem ser relativamente baixas (DIETZ, 1983).

Existe uma grande variação na qualidade de estradas florestais. A maioria das empresas não investe muito em estradas. Poucas são as que têm consciência da necessidade de boas estradas, assim o fator qualidade varia muito de empresa para empresa. Tudo vai depender do objetivo e sensibilidade de cada uma.

Segundo Malinovski e Perdoncini (1990), as empresas não possuem planejamento adequado para as épocas críticas, onde o sistema viário deve estar pronto com antecedência para evitar grandes problemas, com talhões em locais estratégicos para abastecimento. Existem estradas com possibilidade de utilização o ano todo, como também estradas sazonais, as quais, muitas vezes, acarretam problemas para a extração e abastecimento de matéria-prima em épocas críticas.

Em função da topografia, do custo de estradas de boa qualidade e dos meios de transporte, algumas empresas são obrigadas a formar pátios intermediários de estocagem, acarretando maiores custos de manipulação, porém, procurando garantir o abastecimento de matéria-prima (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

A vida útil da estrada, dependendo de sua qualidade, geralmente, é depreciada em, no mínimo, 20 anos. Todavia, nos casos de estradas florestais temporárias, seja por motivos do ciclo produtivo da floresta ou devido à intransitabilidade da mesma, por razões climáticas desfavoráveis, deve-se obter a intensidade de uso da mesma para um melhor controle da qualidade (MACHADO, 1989).

#### 4.20 Estrada Florestal e a Erosão do Solo

Não se deve esquecer que as estradas de acesso, recentemente construídas ou já existentes, são responsáveis pelo maior potencial de movimento de solo do que qualquer outra atividade de manejo florestal. É necessário um planejamento adequado para minimizar o gradiente, ou declividade da estrada, e a localização mais apropriada para cada uma. As taxas de erosão são diretamente relacionadas com o comprimento total das estradas em uma bacia (FAO, 1989 apud ESTRAVIZ RODRIGUES, 2002), que segundo Fulton et al. (2002), pode causar impactos negativos sobre o ecossistema florestal, como a erosão que passa a ser a maior preocupação também no manejo das estradas.

Fransen et al. (2001) analisaram a importância de ocasionais movimentos de massas induzidos por tempestades e mostraram que 6 anos depois da construção de estradas, movimentos de massas induzidos por tempestades contribuíram com 90% do total da produção de sedimentos de um período de 30 anos.

O *Sierra Nevada Ecosystems Project* (SNEP) concluiu que as estradas florestais são a maior ameaça à qualidade da água devido à sedimentação em redes de rios causada pela erosão (KATTELMANN, 1997 apud CLARK; CATTON, 2002).

Segundo Egan (1999), especialistas florestais concordam que o maior desafio na construção de estradas florestais é o manejo da água.

A literatura internacional sobre estradas florestais mostra que 90% dos problemas causados pela construção de estradas florestais estão correlacionados com a água e o solo. O distúrbio causado ao solo foi considerado o mais significativo em 75% dos casos e a erosão a principal consequência, em 70% dos casos. Além disso, esses impactos são agravados nas áreas montanhosas (MACHADO; SILVA, 2001).

De acordo com Grace III (2000), estradas, geralmente, expõem solo descoberto para a erosiva influência das chuvas, resultando num movimento morro abaixo de sedimentos com as chuvas. A intensidade e a duração da chuva são fortes fatores na produção de sedimentos em quaisquer rampas e, em geral, estradas aceleram a erosão pelo aumento dos declives e interrupção dos normais padrões de drenagem, o que concentra sobre a superfície do solo o fluxo de água em regos e canais.

De fato, segundo Dadalto et al. (1990), a construção de estradas promove a retirada da cobertura vegetal, a movimentação do solo e a compactação de seu leito, tornando tais vias muito vulneráveis à erosão causada pela chuva.

Quanto aos cortes e aterros das estradas, segundo Christopher (2002), pode-se dizer que são construídos quando a topografia da paisagem não permite um acesso direto para pontos mais baixos. Dessa forma, na construção da estrada, a porção elevação denominada corte da rampa, é removida e lançada para baixo para servir como aterro.

Grace III (2000) comenta que, em terrenos declivosos, as laterais das estradas florestais têm o maior potencial para erosão do solo sendo que vários estudos mostram que as laterais das estradas florestais são responsáveis por cerca de 70 a 90% do total de perda de solo de uma área com estradas alteradas pela erosão. Maiores impactos da sedimentação ocorrem durante a construção e continuam vários anos depois que estas atividades tenham se encerrado, até os cortes e aterros se estabilizarem. Em terrenos declivosos, os lados das rampas das estradas florestais têm o maior potencial para a erosão do solo.

Garcia et al. (2003) menciona, em suas pesquisas, que o índice de erosão antes da abertura de uma estrada florestal é de 30 Kg/ha/ano.

Estudos mostram que cortes e aterros contribuem para maiores taxas iniciais de erosão, se comparadas à erosão de superfícies de estradas e uso intenso de estradas florestais por caminhões. Isso pode acrescentar consideráveis quantidades de sedimentos (FRANSEN et al., 2001).

No que se refere à compactação, pode-se dizer que a erosão sobre a superfície da estrada é maior quando o solo passa por um processo de compactação como resultado da intensa movimentação de máquinas e veículos e “um solo é considerado compactado quando a porosidade total (em particular, a porosidade preenchida com ar) é tão baixa que restringe a aeração, assim como quando o solo está tão comprimido, e os seus poros são tão pequenos, que impedem a penetração das raízes, bem como a infiltração e drenagem” (HILLEL, 1998).

Christopher (2002) diz que a perda de solo é maior durante e imediatamente após a construção de estradas devido à sua instabilidade e aos distúrbios causados pela passagem de caminhões pesados e equipamentos.

A construção de estradas e o tráfego de equipamentos pesados desarranjam e compactam a superfície do solo e suas camadas superiores, as quais favorecem a formação de enxurradas e dificultam a infiltração no solo. Se não conduzida adequadamente, esta enxurrada pode persistir depois que a colheita é terminada, removendo ainda mais solo que no início da construção (GRACE III, 2000).

Hildebrand (2001) diz que a infiltração em trilhos é mais baixa que em solos vizinhos devido às deformações e compactação do solo. Eles são freqüentes pontos de ataque da erosão do solo, a partir do momento que promovem a formação de enxurradas de água, em adição à formação de correntezas devido à sua morfologia.

O tráfego de veículos pesados também pode causar poças, atoleiros, que são o resultado da perda da estrutura do solo resultante da compressão e movimentação do solo úmido com os pneus ou trilhas de equipamentos pesados. Poças freqüentemente acontecem em estradas com água parada (WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES, 2003).

Regos de água muito profundos ou largos promovem erosão por maximizar o volume e a velocidade do fluxo de água. Contudo, quando os regos são apropriadamente construídos e mantidos, eles podem oferecer uma importante função na manutenção das estradas florestais pelo favorecimento de uma adequada drenagem da água (ILLINOIS DEPARTAMENT OF NATURAL RESOURCES et al., 2000).

Grace III (2000), diz que a colheita de madeira isoladamente, sem a construção de estradas, tem pouco impacto sobre os níveis de sedimentação, mas ela é, em estradas desfavoravelmente locadas e construídas, ao longo de atividades em volta de canais de rios, responsável por até 90 % do total de sedimentos produzidos.

#### **4.21 Aspectos Sociais e Ambientais**

No campo social a dificuldade de acesso à assistência médica e educacional, provoca desalento, estimulando o êxodo rural. Por outro lado, uma região bem servida de estradas, traz com ela cultura e saúde ao povo que ali vive. Sabe-se que um povo só será rico e produtivo se dispor destes dois requisitos básicos. As estradas abrem fronteiras dos

municípios, estados e países, formando novos aglomerados humanos que se transformarão em vilas ou cidades, as quais serão células do desenvolvimento nacional (CARVALHO, 2002).

Os aspectos sociais e ambientais, para o sistema viário e os transportes, possuem a mesma importância que os aspectos técnicos e econômicos.

Segundo Leite (2002), estudos ambientais devem ser efetuados antes dos projetos, pois os mesmos podem influir na escolha de determinados tipos de traçado e de tipos de pavimento. No caso da implantação de vias, realiza-se uma seqüência de atividades, tais como o plano diretor, os estudos de viabilidade técnico-econômica, os anteprojetos e projetos finais de engenharia.

As equipes que trabalham nos estudos ambientais, comenta o mesmo autor, são multidisciplinares e devem seguir orientações de diversas entidades, tais como:

- Ministério dos Transportes;
- INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia - normalização e qualidade industrial) deve, por exemplo, fazer a certificação dos veículos e embalagens para o transporte;
- Ministério da Agricultura – especificações relativas aos pesticidas;
- Ministério da Saúde e do Trabalho – especificações sobre a saúde pública e proteção do trabalhador.
- Ministério da Justiça – fiscalização da legislação;
- ABNT – complementa a legislação, através de normas;
- IBAMA – diretrizes ambientais;
- IAP – Lei florestal paranaense – Lei 11.054 de 14/01/1995.

As empresas, para implantação de seus projetos, incluindo a construção e melhoria de estradas, estão sujeitas a apresentação de Estudos de Impactos Ambientais (EIA) e Relatórios dos Impactos Ambientais (RIMA) - resoluções 001/86 e 237/97 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), pertencente ao Ministério do Meio Ambiente e resolução 031/98 da Secretaria do Estado do Paraná de Meio Ambiente (SEMA). Além disso, de acordo com a Lei Estadual nº 13.448, de Auditoria Ambiental de 11/01/2002, estão sujeitas a inspeção e devem apresentar relatório anual relativo aos aspectos ambientais (LEITE, 2002).

Os estudos ambientais, em consonância com Leite (2002) consideram os impactos sobre o meio físico (ar, água, clima, solo, subsolo), meio biológico (fauna e flora)

e meio sócio-econômico ou antrópico (sociedade humana em aspectos tais como: sociais, culturais, econômicos, históricos, arqueológicos, uso de solos e águas).

A implantação das estradas florestais apresenta aspectos específicos e devem ser monitoradas após sua construção sendo que as seguintes medidas são necessárias para evitar uma maior agressão ao meio ambiente, tais como: redução da inclinação dos taludes originais; criação de banquetas; proteção vegetal; canaleta de crista de corte; canaleta de banquetas; canaleta de pé-de-aterro; descida d'água; implantação de drenagem superficial e muros de contenção (LEITE, 2002).

É importante que as empresas florestais exerçam o papel de gestores das estradas de sua propriedade e que possam integrar comitês gestores das outras estradas (ARAÚJO; MOURA, 2002 apud LEITE, 2002).

Considerando os aspectos ambientais, a FESA (2000 apud LEITE, 2002), (Forest Engineering Working Group – Grupo de Trabalho em Engenharia Florestal), desenvolveu um “Código da Prática de Colheita (Harvesting code of practice)”, o qual considera os sistemas de transporte. Este código está dividido nas seguintes partes: valores, guias operacionais para rodovias e rotas de extração, guias operacionais para colheita e operações após a colheita. Ele apresenta ainda uma série de orientações relacionadas com a parte operacional e visando melhorias, não só nos aspectos ambientais, mas também nas partes ligadas à economia e à ergonomia (melhores condições de conforto para os operadores), visando a produtividade.

Lugo e Gucinski (2000 apud LEITE, 2002), apresentam aspectos ambientais e sociais, influenciados pelo sistema viário florestal, que é considerado como um novo ecossistema introduzido na floresta. As rodovias são consideradas um ecossistema, pois ocupam um espaço ecológico, tem estrutura, criam biótipos diferentes e trocam matéria e energia com outros ecossistemas, além de sofrerem mudanças com o tempo.

A atenuação de muitos impactos ambientais das estradas pode ser obtida com um bom projeto paisagístico. O manual de instruções ambientais para obras rodoviárias – DER/PR (2000 apud LEITE, 2002), apresenta roteiros e detalhes para a elaboração de projeto. Uma vegetação adequada pode evitar incêndios, proteger estrada contra erosões, diminuir o assoreamento, colaborar com a sinalização e mesmo reduzir impactos de acidentes.

## 4.22 Aspectos Econômicos da Rede Viária Florestal

O conhecimento dos custos em uma empresa florestal é fundamental para o planejamento e a administração. As dificuldades do setor florestal, quando comparado com a indústria, são inúmeras, devido principalmente, à incerteza dos padrões técnicos e a sazonalidade das operações, que são sujeitas, muitas delas, às condições climáticas. Sem investigações de custos torna-se difícil também avaliar o custo de operações que se efetuam durante um longo período de tempo, não ligadas diretamente a atividade florestal, mas componentes básicos em qualquer empresa de porte do setor, como a construção de estradas, manutenção de pontes, aceiros e divisas, e que necessitam ser apropriadas de maneira precisa (JOHNSTON et al., 1977 apud ALMEIDA, 2002).

Vale lembrar também que a atividade florestal tem como característica, três aspectos que a distinguem de qualquer outra atividade, de acordo com Duerr, (1972 apud Almeida, 2002) e que por isso necessita de um tratamento na análise econômica, tanto na importância atribuída aos diferentes processos, como a metodologia empregada na avaliação. Essas características são: longo período envolvido no processo de produção do produto madeireiro; o fato da árvore ser, simultaneamente, capital gerador e produto e; o fato de muitos valores florestais não serem diretamente medidos de forma exata.

Na prática, segundo Souza (1995 apud LEITE, 2002), a decisão pelo método a ser utilizado é feita entre as alternativas considerando-se além dos custos e receitas, as outras viabilidades técnica, financeira, ambiental, política e institucional.

O mesmo autor comenta que os métodos mais utilizados na análise de investimentos, do ponto de vista econômico, são: o método do custo anual, do valor atual, da taxa interna de retorno e do tempo de retorno do capital investido. Além destes métodos, outros também são utilizados de forma mais abrangente, como o método de benefício-custo, de relação incremental de benefício-custo, de custo-eficácia, e de técnicas de curvas de indiferença.

No campo econômico, Carvalho (2002) comenta que uma estrada abre novos horizontes para o desenvolvimento de uma região, agilizando o escoamento rápido e seguro de todas as riquezas do país, estimulando novos investimentos por parte dos municípios, sem contar os investimentos na exploração de novas riquezas até então não exploradas. Uma



região mal servida de estradas gera prejuízos incalculáveis para a população, pois são freqüentes os atrasos de plantio, perda de produtos perecíveis e quebra de veículos, fazendo com que se eleve o custo do frete e inviabilize o custo final do produto, por exemplo.

Como tudo gira em torno de custos, também a rede viária está subordinada às exigências econômicas. Para tanto, de acordo com Dietz (1983), três fatores são essenciais como a qualidade e intensidade de uma rede viária, inclusive o entrelaçamento da rede viária principal com as secundárias; a qualidade do planejamento e a construção de cada estrada e; a organização da utilização e manutenção das mesmas. Procura-se instalar a rede viária com a maior utilização líquida, ou seja, onde ela apresente como resultado a menor soma possível de custos decorrentes da utilização das estradas. São representados pelos custos de estradas novas (amortização e juros) e de sua conservação, bem como a perda de área de produção e custos dependentes da densidade da rede viária para transporte da madeira até as estradas (custo de arraste). A questão otimização da rede viária, ou seja, da densidade de estradas, é sempre o ponto central da discussão de uma rede viária florestal bem estruturada, buscando o menor custo possível, porém com qualidade.

De acordo com Malinovski e Perdoncini (1990), a densidade de estrada é expressa pela relação entre o comprimento x área total. Normalmente expressa em metros lineares por hectare (m/ha). Deve-se lembrar que o IBDF recomenda ter, no mínimo, 6% da área total do empreendimento reservada para rede viária e acervos, porém isto não reflete a densidade, pois pode-se ter estradas mais largas e, conseqüentemente, menos metros lineares/ha. A densidade ótima de estradas tem importância fundamental para caracterizar a intensidade da construção de estradas nesta área, indicando, à primeira vista, a viabilidade da rede que está sendo planejada (BRAZ, 1997). A otimização está relacionada diretamente com os custos de implantação, manutenção, arraste e transporte de matéria-prima. De um modo geral, pode-se dizer que se devem levar em consideração dois pontos: custos de construção e conservação, bem como a perda de área de produção e custos dependentes da densidade da rede viária para o transporte e arraste (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Entretanto, o cálculo de densidade ótima só considera as estradas principais e secundárias, desconsiderando as trilhas e ramais. Na alocação destas, deve-se levar em consideração os seguintes critérios, respeitando os limites mínimos e máximos, por ocasião de sua locação e/ou alteração do traçado. Para estrada principal recomenda-se de 5 –

10 metros lineares/ha; para estrada secundária recomenda-se de 20 – 40 metros lineares/ha e para trilhas e ramais recomenda-se de 60 – 100 metros lineares/ha (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

O estudo de uma densidade ótima da rede viária demonstra que, a densidade é apenas uma característica insuficiente para determinar o grau da qualidade da rede viária, há outros fatores que exercem influência decisiva. Isto reforça a importância de um planejamento cuidadoso, pois falhas na execução sempre conduzem a elevadas perdas que facilmente se transformam em falhas permanentes para a utilização e conservação (DIETZ, 1983).

Segundo Machado e Malinovski (1986 apud BRAZ, 1997), não existe um modelo de traçado geométrico padronizado para cada condição de terreno, dada a grande variação quanto ao padrão, tipo e densidade da rede viária florestal. O que se tem são alguns resultados em condições específicas como no terreno plano: é aquele dentro do limite aceitável entre 8 a 10% de inclinação. Normalmente, em uma rede de estradas secundárias, a distância média de arraste mais curta possível é obtida quando estas tendem a ser paralelas. O acesso a áreas planas é facilitado, o que já não ocorre em áreas com maior acive.

Por outro lado, para terrenos ondulados, segundo os mesmos autores, a menos que o terreno não permita, deve-se desenvolver a rede a partir dos pontos mais baixos da área a ser explorada e observar também as máximas distâncias de arraste.

Para Iwakawa (1977 apud MACHADO, 1989), os custos de manutenção de estradas florestais, normalmente utilizados, são diretamente relacionados ao produto do volume transportado e sua distância.

Entre o montante dos custos de construção e de conservação existe uma certa inter-relação com o crescente padrão de construção elevando-se os custos de construção ao mesmo tempo que baixam os custos de conservação permanente. Isto pode ser demonstrado no exemplo existente com baixo custo de construção, mas havendo constantemente problemas de conservação e no outro lado uma cobertura de concreto com elevados custos de construção e ao mesmo tempo praticamente sem custos de manutenção (DIETZ et al., 1983).

Ainda de acordo com os mesmos autores, o padrão econômico ótimo de construção para cada situação situa-se onde se obtém a menor soma composta de custos de

construção e de conservação. O ótimo para estradas florestais situa-se geralmente nas estradas de material rochoso natural sem aglutinantes. Isto pode ser demonstrado comparando-se as curvas de custos de construção e conservação para estradas florestais com diferentes métodos de construção de pista de rolamento.

De acordo com Smith e Tsé (1977 apud Machado, 1989) aumentar a velocidade de tráfego, através de melhorias na rede rodoviária florestal, é uma medida econômica necessária. Entretanto, o desconhecimento da correlação entre os diversos parâmetros inerentes à estrada florestal e ao meio de transporte, bem como de sua influência e comportamento na performance e produtividade dos veículos de transporte, inviabiliza qualquer tentativa de otimização do sistema de transporte florestal e de minimização de seus custos.

É necessário se basear em informações locais de custo para ter uma estimativa, uma vez que os valores, na fase de planejamento da rede, deverão ser aproximados, mas não ainda exatos (BRAZ, 1997).

No entanto, para o cálculo dos custos de estradas pode-se ter uma idéia utilizando-se fórmulas e índices de produtividade, para apropriação, baseando-se em índices como hora-trator, hora-motosserra, hora-motoniveladora, hora-carregadora, tudo isso em função da produtividade. Considera-se ainda, o custo hora-máquina e características locais para se ter uma idéia do custo final COSTA; FILHO (1980 apud BRAZ, 1997).

Deve-se lembrar também que existem variados padrões e estradas que requerem maior ou menor hora-máquina e podem necessitar ou não de determinado tipo de equipamento. Os custos de construção podem estar condicionados também a maior ou menor necessidade de movimentação de terra, pontes, bueiros e drenagem, efeitos da radiação solar, nivelamento, compactação e outros CHAUVIN (1976 apud BRAZ, 1997).

As estradas secundárias, trilhas e ramais, devem ser incrementados a fim de tornar viável a extração florestal. Quanto maior for a densidade de estradas, menor será a distância média de extração, porém, o que importa é a somatória dos custos de construção de estradas e os custos de extração, procurando-se optar pelo custo total mínimo (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990).

Por fim, tem-se o cálculo dos custos da rede ideal, segundo os mesmos autores, para verificar o impacto do custo da estrada com relação ao volume potencial a ser explorado e, posteriormente definir a viabilidade ou não da construção da rede.

$$\text{Custo} = CxD/V \text{ (R\$/ m}^3\text{)}$$

Onde:

C: custo de construção do caminho por metro

D: densidade em m/ha

V: volume explorável por ha

No caso de caminhos com utilização superior a 1 ano:

$$\text{Custo} = LxY/m^3 \text{ transportado/ano (R\$/ano)}$$

Onde:

L: comprimento total das estradas em metros

Y:  $CxFa +$  manutenção anual

C: custo de construção da estrada por metro

Fa: fator de amortização

$$Fa = i(1+i)^n / (1+i)^n$$

i: taxa de juro

n: número em anos de utilização da estrada

Vale lembrar ainda que a necessidade de acomodação à topografia e estradas já existentes, da construção de curvas, cruzamentos, rios, conexões, enfim, fará com que os caminhos raramente sejam retos e perfeitamente paralelos entre si. Normalmente resulta em um acréscimo em construção de 25 a 35% e este custo deve ser considerado para o cálculo do custo total de construção ROWAN (1976 apud BRAZ, 1997).

### 4.23 Utilização do Fator Topográfico LS

De acordo com Antonangelo (2004), o “LS” representa o fator de declividade (*Lenght Slope Factor*), isto é, a inclinação e o comprimento da encosta determinam o fator declividade. O LS leva em consideração o comprimento (*length*) e a declividade (*slope*) da rampa. Quanto mais íngreme e mais longa a encosta, tanto maior a quantidade e a velocidade da água que escorre. O potencial de transporte cresce desproporcionalmente com a velocidade de escoamento. No caso específico das estradas de uso florestal no Brasil, diante das dificuldades e da falta de padronização, há a possibilidade de utilização somente de um único fator da Equação Universal de Perda de Solo (USLE), para analisar tal processo.

Na escolha do fator a ser utilizado como base do critério para o estudo das estradas, Larl (1998), por exemplo, descarta a erodibilidade do solo ao afirmar que os valores estimados para este fator a partir de equações empíricas desenvolvidas em localidades diversas, freqüentemente, diferem dos valores medidos na prática e problemas similares são encontrados na estimativa da erosividade da queda de chuva sem conhecimento prévio da distribuição do tamanho das gotas, da intensidade e da energia cinética e das relações entre estas variáveis. Além disso, segundo Schack-Kirchner (2003), como uma primeira aproximação, o fator erosividade teria um efeito maior somente em regiões montanhosas e o fator cobertura do solo teria sentido ser incluído na análise somente no caso de estradas não transitadas, onde poderia haver algum tipo de vegetação.

Já as declividades e os comprimentos de rampas, representados pelo fator topográfico LS, para Luce (1993), estes têm forte influência sobre a produção de sedimentos pelas estradas de uso florestal e fazendo com que critérios baseados nestes dados sejam mais simples e confiáveis, oferecendo maiores possibilidades de aplicação pelos administradores florestais.

Segundo Nill et al. (1996), o fator LS fornece a perda de solo sobre um dado comprimento de rampa e uma dada declividade em relação à perda de solo sobre uma parcela padrão da USLE, isto é, o resultado do fator LS para um segmento específico representa quantas vezes o solo foi perdido em relação a um mesmo solo numa rampa.

Os mesmos autores ainda reforçam a escolha do fator topográfico LS, dizendo que a erosão do solo é incrementada, principalmente, pelo aumento do comprimento da rampa e de sua declividade e Grace III (2000) menciona que, em geral, estradas aceleram a erosão pelo aumento dos declives e interrupção dos normais padrões de drenagem e que o volume e a velocidade da enxurrada aumentam ao longo da rampa causando um aumento da perda de solo por unidade de área com aumento da distância para baixo da rampa.

De fato, segundo Daldato et al. (1990), a erosão será maior com o aumento da declividade e do comprimento de rampa, fatores que aceleram a velocidade da enxurrada. De acordo com Wischmeier e Smith (1978), o fator topográfico LS permite ajustar a perda de solo para um dado comprimento e declividade a partir da parcela padrão e é calculado pela fórmula:

$$LS = \left( \frac{l}{22,1} \right)^m \times \frac{s}{9} \times \sqrt{\frac{s}{9}}$$

com

$l$  = comprimento da rampa (em metros)

$m$  = expoente do comprimento da rampa

$s$  = declividade (%)

O expoente do comprimento da rampa ( $m$ ) depende da declividade e é menor para rampas planas que para rampas íngremes. Em baixas declividades,  $m$  torna-se menor por causa da baixa ação da força da lenta enxurrada formada. Desse modo, mais água permanece sobre o campo por mais tempo e a profundidade de infiltração da água no solo aumenta, ou seja, o tempo para infiltração no solo é maior e, no mínimo, parte da superfície do solo é protegida contra o impacto das gotas pela camada de água. Um expoente  $m$  menor que 1 mostra que a perda de solo aumenta de forma decrescente com o aumento do comprimento da rampa (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

De acordo com Nill et al. (1996), na USLE, o comprimento da rampa ou estrada é definido como a distância de um ponto onde a enxurrada começa até o ponto onde

a deposição ocorre ou onde a enxurrada entra num canal bem definido. O final da parte mais baixa da rampa pode ser representada por um pequeno rego ao longo da beirada do campo, um rego na estrada ou um canal de drenagem.

## 5 MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1 Caracterização do Local de Estudo

O estudo foi desenvolvido num reflorestamento, situado em Lençóis Paulista, Estado de São Paulo. A área total era de 11.931,38 hectares, possuindo um plantio efetivo de 9.459,97 hectares e com uma produtividade média por talhão de 45 m<sup>3</sup>/ha.ano, na primeira rotação e de 38 m<sup>3</sup>/ha.ano, na segunda rotação. A madeira produzida neste reflorestamento era do gênero *Eucalyptus* spp, com ciclo de corte de 6 anos.

A área de estudo apresentava dois padrões de rede viária. Um onde as estradas foram implantadas sem levar em consideração as curvas de nível, chamada de padrão ortogonal. Estas estradas foram implantadas em 1971 estabelecendo talhões com largura de 500 metros e comprimento de 1000 metros. Outra área, onde as estradas seguiam as curvas de nível, chamada de padrão em nível, implantadas entre 1988 e 1994, adaptadas aos contornos do terreno, conforme Figura 06.

O estudo levou em consideração as duas classes de estradas existentes. As estradas principais, conhecidas como estradas de ligação entre o centro consumidor e a área de produção eram revestidas por cascalho e possuíam tráfego intenso o ano todo, pista dupla de rolamento com 8 metros de largura, entre sarjetas, e por isso tinham qualidade superior. Já as estradas secundárias eram aquelas de menor qualidade e mais estreitas do que



as principais, com 6 metros de largura de pista de rolamento, entre sarjetas, sem revestimento e, muitas vezes não possibilitavam o tráfego pesado o ano todo, ou seja, eram de uso sazonal.

A área de estudo estava situada numa região de topografia plana, com uma altitude média de 641 metros. Possuía cinco tipos de solo, com características distintas. As áreas A, C e D foram caracterizadas por latossolos vermelho-escuro de textura arenosa, com relevo predominantemente plano na área A e suave-ondulado nas áreas C e D. Já a área E, foi caracterizada por latossolo vermelho-amarelo e relevo suave-ondulado (Figura 06).

O clima da região foi classificado como sendo do tipo mesotérmico de inverno seco e verão chuvoso, com temperatura média anual de 21,9 °C e precipitação média anual de 1476 mm.

Os veículos utilizados no transporte de madeira eram da marca Volvo, modelo FM 420, ano 2003, com capacidade de 54 m<sup>3</sup> de peso bruto total combinado (PBTC), e transportava um volume mensal de 35.000 m<sup>3</sup>/caminhão. A média foi de 3,12 viagens/veículo/dia. A empresa operava em três turnos de trabalho, com 8 horas cada.

## **5.2 Levantamentos e Medições de Campo**

Foi utilizado para o estudo um mapa da área, em escala 1:20.000 (Figura 05), contendo todas as redes de estradas, divisas, rios, áreas de preservação permanente (APP) e área dos talhões.



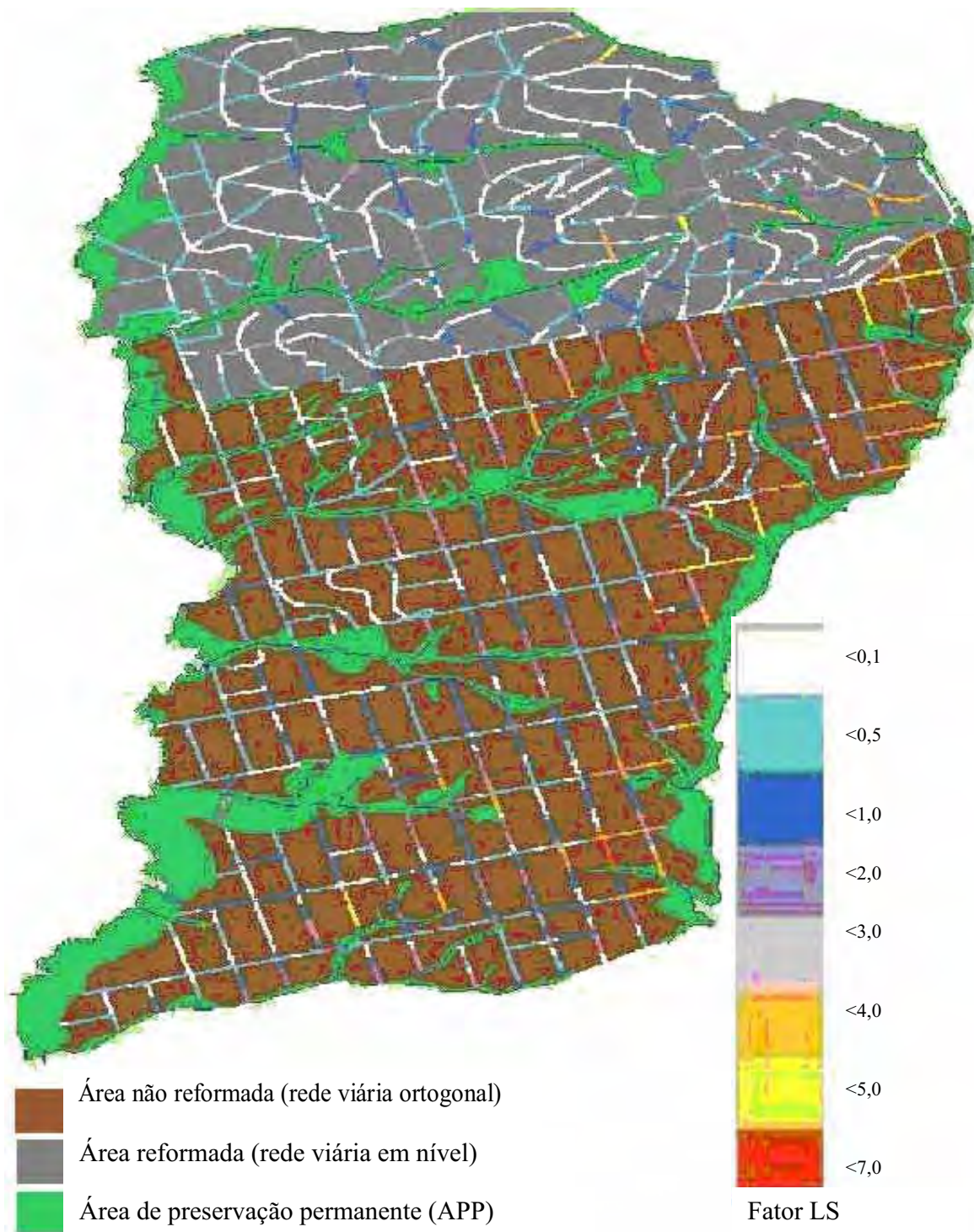
Figura 05: Mapa da área com a rede viária florestal.

Os dados de campo foram obtidos através de um questionário de consulta com aferições *in loco* (anexo 1) e complementados com um formulário de consulta (anexo 2), previamente elaborado com questões tais como largura da estrada, tipo de estrada,

superfície da pista de rolamento. Para medir a largura das estradas, foi usada uma trena de 20 metros. Já a inclinação do terreno foi mensurada com um clinômetro simples, marca Breithaupt Kassel de fabricação alemã. A medida foi efetuada em porcentagem. O tipo de revestimento da estrada foi obtido através do reconhecimento em campo. Observou-se também ao longo do percurso o tipo de estrada, a qualidade da pista de rolamento, enfim, as condições do terreno.

Utilizou-se o relevo e o volume de madeira transportado ( $m^3/ano$ ) como critério de amostragem. Foram determinadas diversas unidades de amostras para os diversos tipos de relevo (plano, suave-ondulado e ondulado), de modo a garantir a participação de todas as variáveis relevantes à implantação de rede viária de uso florestal.

As áreas escolhidas e amostradas para o estudo foram determinadas em função do risco de erosão, calculado através do LS-Factor (Figura 06). Todo o processo de determinação do LS-Factor e a geração do mapa de LS-Factor, para a rede viária florestal, foi desenvolvido através do SIG GRASS em conjunto com o *software* SAS (*Statistics Analyses System*), no *Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre da Albert-Ludwigs-Universität*, em Freiburg, na Alemanha. Determinou-se que seriam amostrados trechos onde predominassem, principalmente, valores de LS-Factor entre 3 e 7, pois nesses trechos os traços de erosão se mostravam mais acentuados.



Fonte: Antonangelo, 2004.

Figura 06: Mapa de classificação das estradas segundo fator topográfico LS, em dois padrões de rede viária.

Dentro do sistema de amostragem da rede viária da fazenda, levou-se em consideração a classe de estradas principais e secundárias. Dentre estas, 6,6 quilômetros eram estradas principais e 24,5 quilômetros eram estradas secundárias. Foram selecionadas sete parcelas de estradas (Figuras 07, 08, 09, 10, 11, 12, 13), em diferentes localidades, dentro da mesma fazenda. As parcelas amostradas estão apresentadas, no texto, na mesma ordem em que foram trabalhadas em campo. Ao todo foram percorridas 20 estradas, somando 51 trechos e totalizando um percurso de 31,1 quilômetros. Os números apresentados nas diversas parcelas (mapas) são de controle da empresa. Já as cores representam as partes de estradas onde o risco de erosão é maior. Os pontos mais críticos são os de cor amarela e vermelha, respectivamente, de acordo com o mapa de LS-Factor (Figura 06).

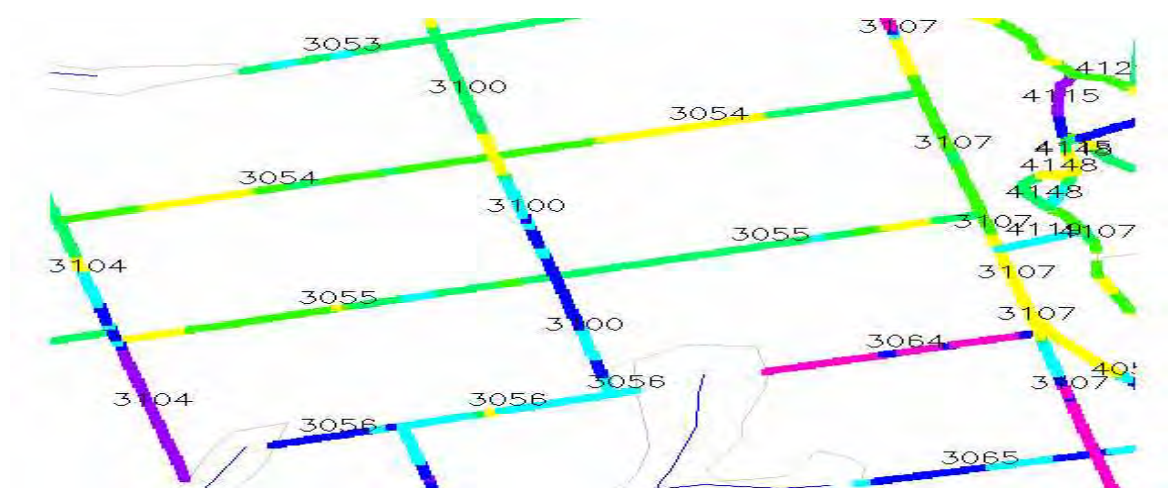


Figura 07: Mapa da Parcela 01 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1973.

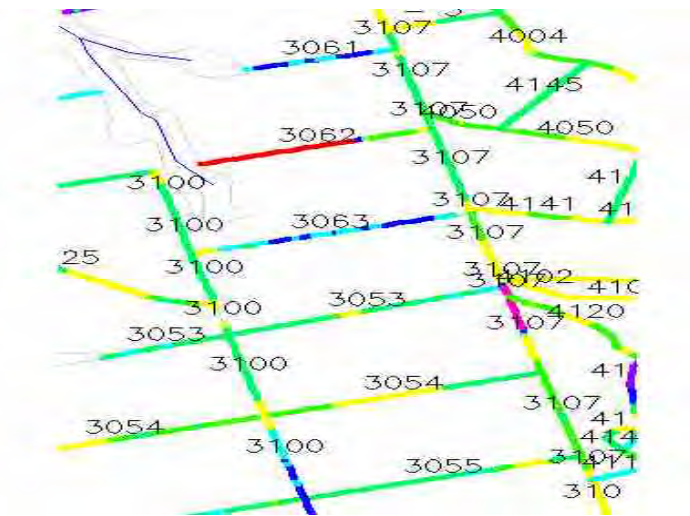


Figura 08: Mapa da parcela 02 - Rede viária ortogonal implantada a partir de 1971.



Figura 09: Mapa da parcela 03 – Rede viária em nível implantada a partir de 1973.

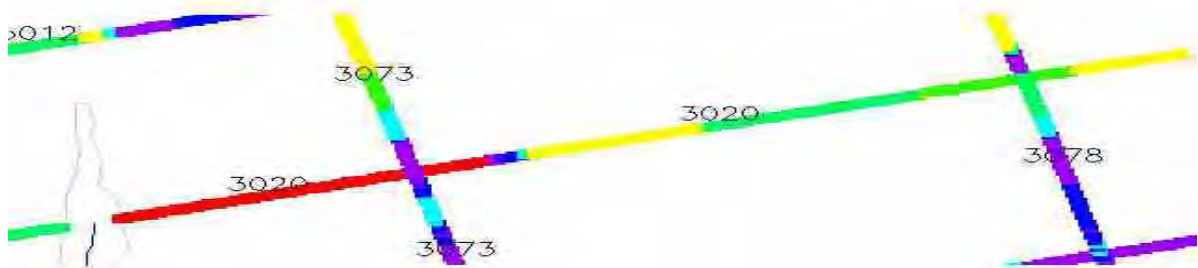


Figura 10: Mapa da parcela 04 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1971.

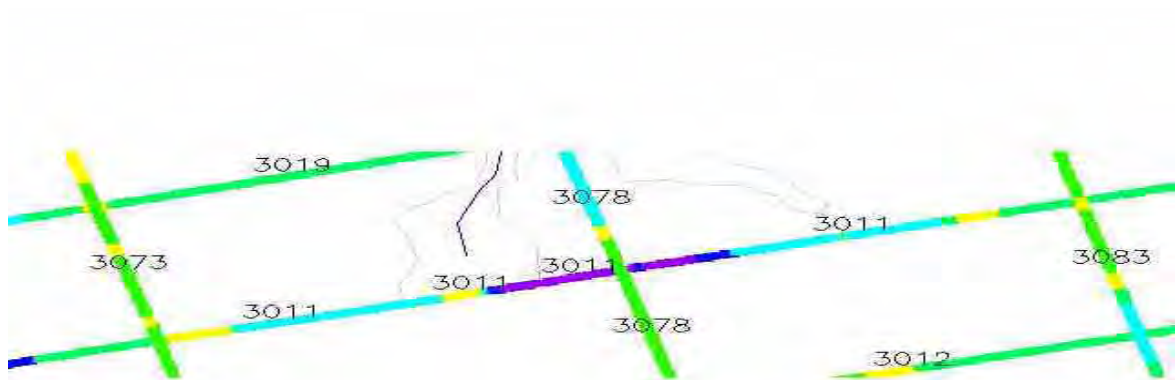


Figura 11: Mapa da parcela 05 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1974.



Figura 12: Mapa da parcela 06 – Rede viária ortogonal implantada a partir de 1973.

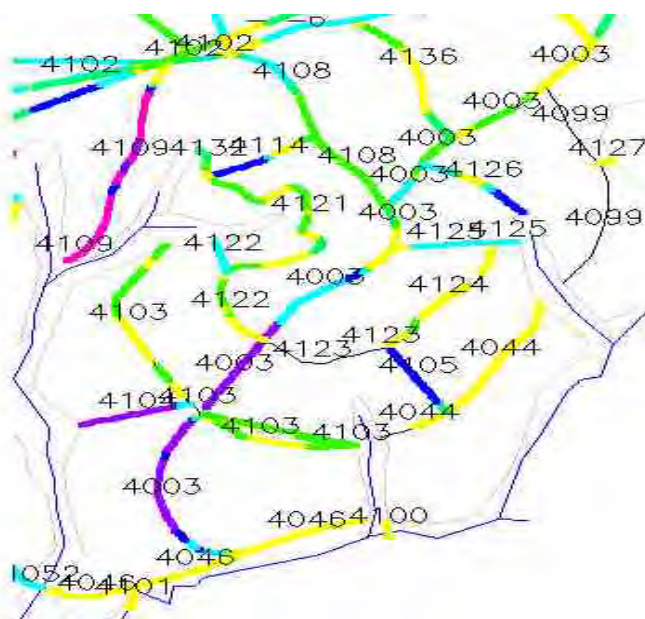


Figura 13: Mapa da parcela 07 – Rede viária em nível implantada a partir de 1993.

A distância entre lombadas, ou seja, entre uma elevação e outra na estrada serviu como forma de se obter o comprimento dos diferentes cruzamentos de estradas, denominados nó. O cruzamento foi obtido somando-se os diversos trechos entre lombadas. Cada estrada possuía diversos “nós”.



Estabeleceu-se, ainda, que os dados obtidos a partir da coleta de campo seriam denominados de dados reais; bem como os dados obtidos a partir do modelo teórico seriam denominados de dados do modelo teórico, para efeito de comparação entre os resultados gerados pelo estudo.

### **5.3 Classificação da Rede Viária Florestal**

#### **5.3.1 Classificação de acordo com os dados reais**

Com base nos critérios contidos no formulário de consulta, as estradas estavam classificadas em principais e secundárias, sendo que as estradas principais foram denominadas como aquelas onde a largura era de 8 metros e com tráfego simultâneo nos dois sentidos da pista de rolamento, ou seja, pista dupla. Já para as estradas secundárias, a largura era de 6 metros, pista simples e com tráfego somente num sentido da pista de rolamento, porém com pontos de ultrapassagem em locais específicos.

#### **5.3.2 Classificação de acordo com o modelo teórico**

A classificação das estradas para o modelo teórico foi baseada no volume transportado ( $m^3/ano$ ) e na intensidade de uso das mesmas. Foram criadas 4 classes de estradas, onde:

Classe 1: caracterizada como aquela onde a largura estabelecida foi de 7 metros, possuindo pista dupla e revestimento primário com espessuras de 0,18 metro.

Classe 2: caracterizada como aquela onde a largura estabelecida foi de 7 metros, possuindo pista dupla e revestimento primário com espessuras de 0,13 metro.

Classes 3: caracterizada como aquela onde a largura estabelecida foi de 4 metros, pista simples e revestimento primário com espessura de 0,10 metro.

Classe 4: caracterizada como aquela onde a largura estabelecida foi de 4 metros, pista simples, sem revestimento.

## 5.4 Elaboração do Modelo Teórico

Para a elaboração do modelo teórico foram estabelecidas 4 classes de estradas em função do volume transportado de madeira por ano, sendo que a unidade de medida utilizada foi viagens/ano, buscando expressar a frequência de uso das estradas. Para mensuração dos volumes transportados anualmente nos trechos amostrados, foram utilizados os dados obtidos através do mapa planialtimétrico fornecido pela empresa. Obteve-se o volume produzido em cada talhão multiplicando-se a área do talhão pela produtividade média ( $m^3$ ) da primeira e da segunda rotação. A quantidade de viagens que passava em cada trecho foi determinada dividindo-se o volume que deveria ser escoado pela capacidade de carga do caminhão, que foi de  $54 m^3$ . Fatores como largura, tipo da pista de rolamento, tipo de revestimento e espessura também foram utilizados na diferenciação das classes de estradas.

De acordo com a Tabela 1, as 4 classes tiveram os valores de viagens/ano estipulados de forma decrescente. Como forma de classificação procurou-se adequar na primeira classe de estrada os trechos com densidade de tráfego alta e freqüente. Nessas, a frequência de tráfego nunca foi inferior a 2 viagens/dia, o que resulta em mais de 600 viagens/ano, sendo também a estrada utilizada por veículos menores, necessários para o funcionamento operacional da fazenda. Assim como na classe 1, as classes 2 e 3 sugerem um uso freqüente das estradas, sendo que para classe 2 a intensidade de uso diário da estrada girou em torno de 1 viagem/dia e para a classe 3 girou em torno de 0,5 viagem/dia, o que acaba por sugerir que essas estradas foram utilizadas durante todo ano. A última classe de estradas, denominada classe 4, englobava todas as demais estradas cujo uso ficou condicionado a extração de madeira nas áreas adjacentes a ela.

Tabela 1: Classificação das estradas de acordo com o modelo teórico, em função do volume transportado (viagens/ano).

Classes	Viagens/ano	Largura	Pista	Revestimento	Inclinação favorável máxima	Inclinação adversa máxima
1	$\geq 600$	7	Dupla	Prim.1	8%	8%
2	600 a 300	7	Dupla	Prim.2	8%	8%
3	300 a 170	4	Simple	Prim.3	10%	8%
4	$\leq 170$	4	Simple	s/ revest.	12%	8%

**Primário 1:** espessura do cascalho de 0,18 metro .

**Primário 2:** espessura do cascalho de 0,13 metro.

**Primário 3:** espessura do cascalho de 0,10 metro.

**Sem revestimento:** não possui revestimento

Como forma de viabilizar a operacionalidade do funcionamento da fazenda foram estipuladas duas larguras, entre sarjetas, para as estradas, ou seja, 7 e 4 metros, caracterizando pistas duplas e simples respectivamente. Para as classes 1 e 2 que possuíam maior tráfego e maior frequência, constituindo a chamada “espinha dorsal” da rede viária da fazenda, foi estipulada a largura de 7 metros, pista dupla, com tráfego nos dois sentidos.

Foi determinado que as estradas das classes 1, 2 e 3, proposta pelo modelo teórico (Tabela 1), deveriam possuir revestimento primário (cascalho). Para a espessura da camada de revestimento, fator preponderante no custo de implantação de estradas, recomendou-se variar a espessura do cascalho de 0,18 metro a 0,10 metro, sempre visando manter a qualidade da superfície das estradas durante todo o ano. Foram previstas para essas classes de estradas as atividades de operações 1 e 2 (Tabelas 2 e 3).

As estradas da classe 4 não possuíam revestimento. Quando da construção desses trechos realizava-se somente a retirada da camada de material orgânico. Foi prevista para essa classe de estrada somente as atividades de operações 2 (Tabela 3).

Como forma de adequar os dados do modelo teórico às condições reais de trafegabilidade em estradas de uso florestal, de acordo com Malinovski e Perdoncini (1990) delimitou-se que a inclinação máxima das estradas deveria ser de 8% na situação adversa ao sentido de deslocamento do veículo. Por outro lado, a inclinação máxima favorável ao sentido de deslocamento do veículo deveria ser de 8%, 10% e 12%, respectivamente, para as classes de estradas 1, 2, 3 e 4. Para efeito de classificação das estradas em relação ao modelo teórico

proposto, considerou-se a inclinação de 8% como a máxima recomendável, uma vez que não houve o levantamento a respeito do sentido de tráfego dos veículos na via, não permitindo, portanto, saber se a inclinação seria favorável ou adversa. As estradas que não se encaixaram nesse perfil de inclinação foram consideradas estradas impróprias ao tráfego, como se pode observar na Tabela 6.

### **5.5 Elaboração dos Custos de Implantação da Rede Viária**

Para a estimativa dos custos de implantação das estradas foram tomados como base dados reais e também os dados obtidos através do trabalho realizado por Lopes et al., (2002). Adotou-se que o Custo de Implantação Total (Cit) seria composto pelo Custo das Operações de Implantação 1 (Copi 1) e o Custo das Operações de Implantação 2 (Copi 2).

$$\text{Cit} = \text{Copi 1} + \text{Copi 2}$$

Onde;

Cit - Custo de Implantação Total

Copi 1 - Custo das Operações de Implantação 1

Copi 2 - Custo das Operações de Implantação 2

O Custo das Operações de Implantação 1 (Copi 1), Tabela 2, fornecido pelo formulário de consulta, englobava as operações envolvidas na pavimentação da estrada com revestimento primário (cascalho). O material utilizado é denominado rocha basáltica semi intemperizada. Foram partes formadoras desse custo a remoção e o carregamento do cascalho, o transporte até o local de aplicação e a distribuição do mesmo. Vale lembrar que o material vem para a estrada com granulometria extremamente variada, com pedras de 40 a 50 cm de diâmetro. Após a descarga, com a motoniveladora, espalha-se o material e um rolo de 8 mil quilos, tracionado por trator de pneu, quebra e agrega o cascalho na estrada. Aplicou-se água e com o rolo compressor, novamente, faz-se o acabamento superficial adequado. Para uma

estrada de 6 metros de largura, sem nenhum revestimento, utilizou-se de 100 a 150 viagens de 12 m<sup>3</sup>/viagem/km. Estabeleceu-se a padronização desse custo na unidade de R\$/m<sup>3</sup>. Para o cálculo em R\$/km, multiplicou-se o comprimento total do trecho pela largura, pela espessura do revestimento e pelo custo total do Copi 1 (Tabela 2). Depois dividiu-se pelo comprimento total do trecho e multiplicou-se por mil.

Tabela 2: Custo das Operações de Implantação 1 (R\$/m<sup>3</sup>).

<b>Operação</b>	<b>R\$/m<sup>3</sup></b>
Cascalho (remoção e carga)	6,00
Transporte (km)	15,00
Distribuição	0,50
<b>Custo total</b>	<b>21,50</b>

O Custo das Operações de Implantação 2 (Copi 2), ao contrário do Custo das Operações de Implantação 1 (Copi1), foi obtido junto à literatura (LOPES et al., 2002). Esses valores fazem parte dos custos de construção de estradas florestais. Foram partes formadoras desse custo as operações de limpeza e terraplanagem (a), drenagem (b) e levantamento topográfico (c). O Custo das Operações de Implantação 2 (Copi 2) foi influenciado pela inclinação das estradas a serem implantadas e, quanto maior a declividade do terreno, maior o custo. São apresentados, na Tabela 3, os custos Copi 2 para diferentes situações de declividade, em valores de R\$/km de estrada.

Tabela 3: Custo das Operações de Implantação 2 (R\$/Km).

<b>Declividade máx. da estrada</b>	<b>Pista</b>	<b>(a)</b>	<b>(b)</b>	<b>(c)</b>	<b>(a) + (b)+(c)</b>
3%	Dupla	1.530,00	1.800,00	720,00	4.050,00
	Simples	957,00	1.260,00	720,00	2.937,00
8%	Dupla	2.295,00	3.600,00	720,00	6.615,00
	Simples	1.435,00	2.520,00	720,00	4.675,00
15%	Dupla	3.060,00	5.400,00	720,00	9.180,00
	Simples	1.913,00	3.780,00	720,00	6.413,00

Fonte: Lopes et al., 2002.

Os levantamentos realizados “in loco” na fazenda possibilitaram que fosse calculado o custo da implantação das estradas amostradas. Como forma de permitir a comparação dos valores de custos das estradas, através dos dados reais do formulário de consulta e os custos gerados a partir do modelo teórico, determinou-se que ambos seriam calculados a partir da mesma sistemática de cálculo, ou seja, a partir dos valores das Operações de Implantação 1 e 2. Estabeleceu-se ainda que a comparação entre os custos para implantação de estradas fosse realizada através da variação ( $\Delta$ ) obtida a partir da diferença entre os valores reais e os do modelo teórico. Dessa forma os resultados poderiam ser valores positivos (+), quando os valores do modelo teórico fossem superiores aos reais, valores negativos (-) em situação contrária, e valores nulos quando os resultados se iguallassem.

A declividade máxima do terreno foi calculada em função do tipo de solo predominante na fazenda, ou seja, latossolo vermelho-escuro de textura arenosa para um relevo suave-ondulado. Já os cálculos, denominados (a), (b) e (c), na tabela 03, foram calculados para as larguras de 7 metros, quando pista dupla e para as larguras de 4 metros, quando pista simples. Deve-se ressaltar, também, que as estradas sempre recebiam manutenção, quando necessário ou em épocas de colheita de madeira.

## **6 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 Dados Reais**

Através do levantamento “in loco” e das informações obtidas pelo formulário de consulta foi possível identificar que a área de estudo possuía dois padrões de rede viária, o ortogonal e o em nível. A rede viária ortogonal foi implantada a partir de 1971 e a rede viária em nível foi implantada a partir do realinhamento das estradas antigas (ortogonais), realizado a partir de 1993. Em ambos os padrões de rede viária, as estradas foram classificadas em principais e secundárias.

As estradas principais eram utilizadas o ano inteiro, possuía 8 metros de largura, permitindo o tráfego simultâneo nos dois sentidos, ou seja, pista dupla. Essa classe de estrada era revestida com cascalho, e com espessura da camada de revestimento de 0,13 metros.

Já as estradas secundárias caracterizavam-se como aquelas que possuíam 6 metros de largura, pista simples, e seu uso, na maioria das vezes, eram sazonais. De forma geral não havia revestimento dessas vias, contudo quando necessário, havia o cascalhamento em pontos específicos e devidas manutenções.

A vida útil das estradas principais foi estimada em 30 anos, pelos dados obtidos através do formulário de consulta.

Na Tabela 4 são apresentados os dados referentes às estradas principais.

Tabela 4: Estradas principais para os trechos com pista dupla, de acordo com o padrão de rede viária, comprimento do trecho, volume de madeira, greide e largura.

<b>Trecho</b>	<b>Padrão de rede viária</b>	<b>Comprim. do trecho (m)</b>	<b>Vol. de mad.(m<sup>3</sup>/ano)</b>	<b>Vol. de mad. (viagens/ano)</b>	<b>Greide (%)</b>	<b>Largura média da estrada (m)</b>
1	Ortogonal	513	45.358	840	3,9	6
2	Ortogonal	1.005	32.980	611	3,1	6
3	Ortogonal	503	32.980	611	6,8	4
4	Ortogonal	503	32.980	611	5,5	4
5	Em nível	358	18.608	345	6,3	6
6	Em nível	570	18.608	345	6,9	6
7	Em nível	374	18.608	345	3,8	6
8	Em nível	773	18.608	345	4,2	7
9	Ortogonal	513	12.378	229	3,0	6
10	Ortogonal	513	12.378	229	8,1	6
11	Em nível	164	9.589	178	6,2	7
12	Em nível	438	9.589	178	2,1	7
13	Em nível	354	9.589	178	5,6	7

Pelo levantamento realizado “in loco” nas sete parcelas amostradas (Figuras 07 a 13), foi verificado um total de 51 trechos de estradas. Desse total, percebeu-se que 13 trechos eram de estradas principais (Tabela 4), onde 6 trechos pertenciam ao padrão de rede viária ortogonal e 7 trechos pertenciam ao padrão de rede viária em nível.

Por outro lado, o comprimento dos trechos de estradas variou de 503 metros a 1005 metros no padrão de rede viária ortogonal e de 164 metros a 773 metros no padrão de rede viária em nível. Comparando-se os dados de comprimento dos trechos, percebeu-se que no padrão de rede viária ortogonal eles se mostraram mais longos que no padrão de rede viária em nível (Tabela 4).

Verificou-se que o volume de madeira transportada variou, de maneira geral, de 9.589 a 45.358 m<sup>3</sup>/ano. No padrão de rede viária ortogonal, o volume de madeira (m<sup>3</sup>/ano) variou de 12.378 a 45.358 m<sup>3</sup>/ano. Já no padrão de rede viária em nível o volume de madeira (m<sup>3</sup>/ano) foi bem menor, variando de 9.589 a 18.608 m<sup>3</sup>/ano. Isso se deve, principalmente, ao tamanho dos talhões. No padrão de rede viária ortogonal, os talhões se



mostraram maiores (500 metros de largura x 1000 metros de comprimento). Já no padrão de rede viária em nível, depois do realinhamento dos talhões, a partir de 1993, eles tiveram seus tamanhos redimensionados, de acordo com as novas exigências do relevo.

Por outro lado, os valores de greide encontrados nas estradas principais variaram de 8,1% a 3,0% para as estradas onde o padrão de rede viária era ortogonal e de 6,2% a 2,1% para estradas onde o padrão de rede viária era em nível.

Todos os trechos de estradas principais amostrados apresentaram largura inferior à declarada no formulário de consulta, ou seja, 8 metros de largura. Não foi encontrado nenhum trecho com essa medida, embora a empresa houvesse planejado estradas com essa largura entre sarjetas. De maneira geral, a largura das estradas principais variou de 4 metros a 7 metros.

Na Tabela 5, são apresentados os dados relacionados às estradas secundárias, de acordo com os dados reais obtidos.

Tabela 5: Estradas secundárias com pista simples, padrão de rede viária, comprimento do trecho, volume de madeira, greide e largura da estrada.

Trecho	Padrão da rede viária	Comprim. do trecho (m)	Vol. de mad.(m <sup>3</sup> /ano)	Vol. de mad. (viagens/ano)	Greide (%)	Largura da estrada(m)
14	Ortogonal	1.000	1.006	19	1,7	6
15	Ortogonal	185	992	18	3,0	5
16	Ortogonal	423	938	17	7,7	6
17	Ortogonal	324	763	14	3,0	5
18	Ortogonal	520	695	13	7,2	5
19	Ortogonal	423	627	12	1,6	7
20	Ortogonal	478	575	11	1,7	5
21	Ortogonal	231	569	11	2,0	5
22	Ortogonal	583	497	9	2,3	6
23	Ortogonal	602	429	8	10,2	7
24	Ortogonal	509	346	6	2,6	5
25	Ortogonal	1.170	341	6	6,3	5
26	Em nível	744	340	6	3,0	6
27	Ortogonal	1.030	338	6	2,1	5
28	Ortogonal	509	333	6	2,5	5
29	Ortogonal	509	329	6	7,0	5
30	Ortogonal	989	327	6	4,4	4
31	Ortogonal	989	321	6	1,5	4
32	Ortogonal	1.007	314	6	8,6	5
33	Ortogonal	509	312	6	9,8	5
34	Ortogonal	947	307	6	5,7	5
35	Ortogonal	842	303	6	3,5	5
36	Ortogonal	987	298	6	9,0	6
37	Ortogonal	495	298	6	5,1	7
38	Ortogonal	526	296	5	6,5	5
39	Ortogonal	916	264	5	8,3	5
40	Ortogonal	1.007	261	5	6,3	5
41	Ortogonal	466	254	5	1,8	5
42	Ortogonal	256	250	5	11,3	5
43	Em nível	698	246	5	6,0	6
44	Ortogonal	975	244	5	3,5	5
45	Ortogonal	403	234	4	4,5	6
46	Em nível	168	227	4	1,0	4
47	Em nível	1.248	206	4	0,0	4
48	Ortogonal	370	199	4	2,5	7
49	Em nível	1.036	175	3	8,7	5
50	Em nível	279	154	3	5,0	6
51	Ortogonal	154	123	2	3,7	7

Nota-se que foram amostrados 38 trechos de estradas secundárias, dos quais 6 trechos pertenciam ao padrão de rede viária em nível e os outros 32 trechos pertenciam ao padrão de rede viária ortogonal.

Quanto ao comprimento dos trechos de estradas, nota-se que os mesmos se comportaram de maneira bem diversificada, tanto nos padrões de rede viária em nível quanto nos padrões de rede viária ortogonal. No padrão de rede viária em nível, o comprimento dos trechos variou de 168 metros a 1.248 metros. Já no padrão de rede viária ortogonal, o comprimento dos trechos variou de 154 metros a 1.170 metros.

No entanto, no que se refere ao volume de madeira ( $m^3$ /ano), verifica-se que o mesmo variou de 123 a 1006  $m^3$ /ano. Nota-se ainda, na Tabela 5, que o volume de madeira no padrão de rede viária em nível foi inferior ao padrão de rede viária ortogonal.

Os valores de greide encontrados para estradas secundárias variaram de 11,3% a 1,5% no padrão de rede viária ortogonal e de 8,7% a 0% no padrão de rede viária em nível. Pelos valores obtidos percebe-se que na rede viária em nível, tanto nas estradas principais como nas estradas secundárias, o greide se mostrou menos acentuado que no padrão de rede viária ortogonal.

Já no que se refere à largura da estrada (Tabela 5), a mesma variou de 4 a 7 metros para as estradas secundárias, valores esses diferentes dos sugeridos pela empresa, no formulário de consulta, que foi de 6 metros.

No que se refere à largura, nos dados reais, ela variou de 4 a 7 metros, tanto no que se refere às estradas principais quanto também para estradas secundárias. Já no modelo teórico, foi estipulada a largura de 7 metros para as estradas das classes 1 e 2 e; 4 metros para as estradas das classes 3 e 4. Comparando-se os resultados, percebe-se que as larguras das estradas, entre sarjetas, divergiram bastante, pois as larguras aferidas em campo, ou seja, variando de 4 a 7 metros (dados reais) foram diferentes das larguras contidas no formulário de consulta, ou seja, 8 metros para estradas principais e 6 metros para estradas secundárias. E, se for comparado com os dados de largura do modelo também não estão de acordo.

Já com relação ao tipo da pista de rolamento, tanto nos dados reais quanto no modelo teórico, as mesmas se comportaram de maneira semelhante, ou seja, para as estradas principais (dados reais) e as das classes 1 e 2 (modelo teórico) elas possuíam pista

dupla, com tráfego nos dois sentidos; e as estradas secundárias (dados reais) e as das classes 3 e 4 (modelo teórico) elas possuíam pista simples e tráfego somente num sentido e eram de uso sazonal.

#### 4.1.1 Custos de implantação para os dados reais

Na Figura 14, são apresentados os Custos de Operações de Implantação 1 e 2 (denominados Copi1 e Copi2), conforme Tabelas 2 e 3; e Custo de Implantação Total (denominado Cit) para estradas principais, obtidos através dos dados reais.

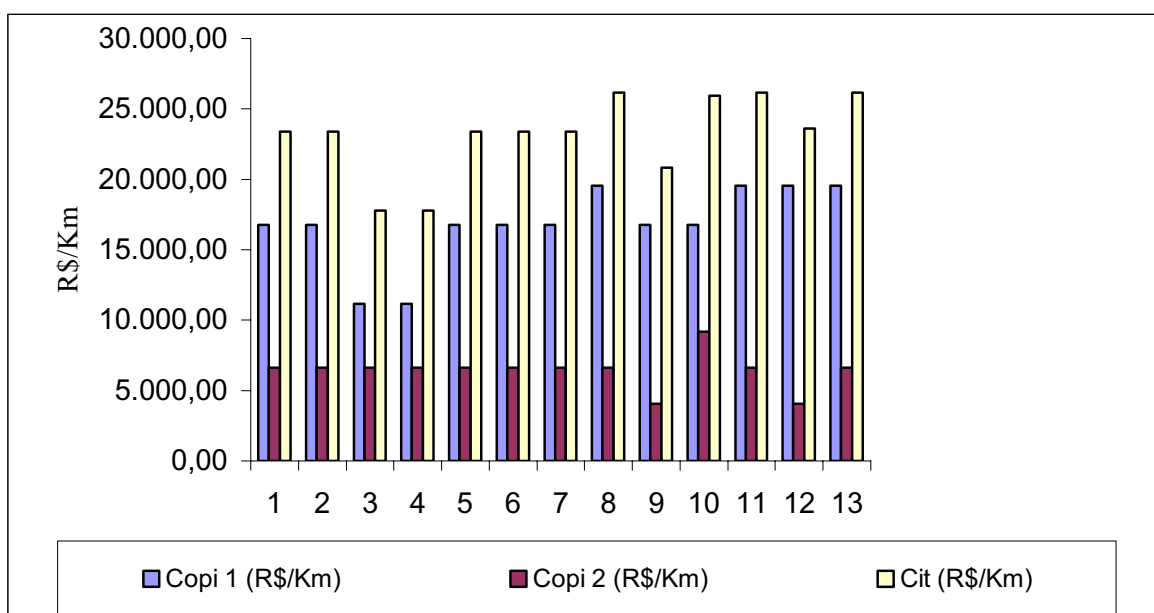


Figura 14: Custos de implantação de acordo com os dados reais, para as estradas principais.

Nota-se que o Custo de Operações de Implantação 1 variou de R\$ 11.180,00/Km a R\$ 19.565,00/Km. Já o Custo de Operações de Implantação 2 variou de R\$ 4.050,00/ Km a R\$ 9.180,00/Km. No entanto, o Custo de Implantação Total variou de R\$ 17.795,00/Km a R\$ 26.180,00/Km. Essa diferença de valores entre o Copi1 e o Copi2 se deu devido à diferença na largura das estradas (Tabela 4) dos trechos amostrados. Analisando-se os dados de custo de implantação, verifica-se que o Custo das Operações de Implantação 1 foi superior ao Custo das Operações de Implantação 2. Isso se deu porque as estradas principais são mais largas (7 metros); e devido ao tráfego intenso, demandam as operações de

cascalhamento (Copi1), fato este que não acontece em outras classes de estradas, no caso, as secundárias.

Na Figura 15 são apresentados os dados referentes aos Custos de Implantação 1, 2 (denominados Copi1 e Copi2) e Custo de Implantação Total (denominado Cit) para as estradas secundárias.

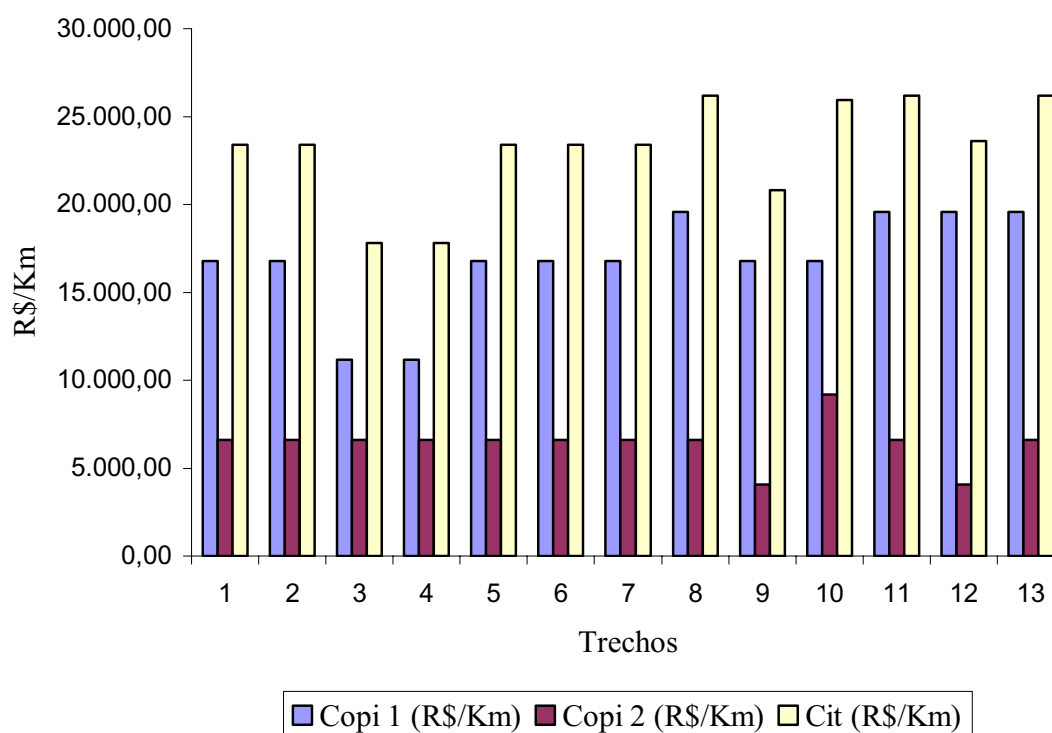


Figura 15: Custos de implantação de acordo com os dados reais, para os trechos de estradas secundárias.

No caso das estradas secundárias, o custo denominado Custo das Operações de Implantação1, que foi gerado pela operação de cascalhamento (Tabela 2), não incidiu no custo total dessas estradas. O custo referente às operações de levantamento topográfico, limpeza da área, terraplenagem e drenagem, denominados Custo das Operações de Implantação 2, teve seu valor determinado em função da inclinação das estradas e da largura, de acordo com a Tabela 3, adotada para cálculo. Nota-se ainda que o Custo de Implantação Total variou de R\$ 2.937,00/Km a R\$ 6.413,00/Km.

O fator greide influenciou diretamente os custos de implantação de rede viária. Quanto mais acentuado o greide, maiores são seus custos de implantação.

Comparando-se os resultados quanto à classe de estradas, verifica-se que nos dados reais as estradas foram classificadas em principais e secundárias (Figuras 14 e 15). Já no modelo teórico as estradas foram divididas em 4 classes, denominadas classes 1, 2, 3 e 4 (Tabela 6).

Ainda com relação ao modelo teórico, como era de se esperar, o número de trechos na classe 4 foi maior, uma vez que a quantidade de estradas secundárias amostradas foi muito superior (Tabela 6).

## **6.2 Modelo Teórico**

Os valores do modelo teórico foram obtidos, ajustando-se os dados reais, coletados em campo, aos dados propostos através do modelo teórico.

Na Tabela 6 são apresentados os dados relacionados à descrição dos dados reais (trecho e greide) ajustados ao modelo teórico (classe, volume de madeira, revestimento da estrada, largura da estrada e tipo de pista). Dentro desse aspecto, os 4 primeiros trechos de estradas foram classificadas como classe 1. Como classe 2 foram classificados outros 4 trechos também; 5 trechos foram classificados como classe 3 e 38 trechos foram classificados como estradas classe 4.

Tabela 6: Apresentação dos dados reais ajustados ao modelo teórico.

Trecho	Classe	Volume de madeira (viagens/ano)	Varição do Greide (%)	Revestimento da estrada	Largura da estrada (m)	Tipo de Pista
1	1	840	3,9	Primário1	7	Dupla
2	1	611	3,1	Primário1	7	Dupla
3	1	611	6,8	Primário1	7	Dupla
4	1	611	5,5	Primário1	7	Dupla
5	2	345	6,3	Primário2	7	Dupla
6	2	345	6,9	Primário2	7	Dupla
7	2	345	3,8	Primário2	7	Dupla
8	2	345	4,2	Primário2	7	Dupla
9	3	229	3,0	Primário3	4	Simples
10	3	229	Estrada Imprópria	Primário3	4	Simples
11	3	178	6,2	Primário3	4	Simples
12	3	178	2,1	Primário3	4	Simples
13	3	178	5,6	Primário3	4	Simples
14	4	19	1,7	S/ revest.	4	Simples
15	4	18	3,0	S/ revest.	4	Simples
16	4	17	7,7	S/ revest.	4	Simples
17	4	14	3,0	S/ revest.	4	Simples
18	4	13	7,2	S/ revest.	4	Simples
19	4	12	1,6	S/ revest.	4	Simples
20	4	11	1,7	S/ revest.	4	Simples
21	4	11	2,0	S/ revest.	4	Simples
22	4	9	2,3	S/ revest.	4	Simples
23	4	8	Estrada Imprópria	S/ revest.	4	Simples
24	4	6	2,6	S/ revest.	4	Simples
25	4	6	6,3	S/ revest.	4	Simples
26	4	6	3,0	S/ revest.	4	Simples
27	4	6	2,1	S/ revest.	4	Simples
28	4	6	2,5	S/ revest.	4	Simples
29	4	6	7,3	S/ revest.	4	Simples
30	4	6	4,4	S/ revest.	4	Simples
31	4	6	1,5	S/ revest.	4	Simples
32	4	6	Estrada Imprópria	S/ revest.	4	Simples
33	4	6	Estrada Imprópria	S/ revest.	4	Simples
34	4	6	5,7	S/ revest.	4	Simples
35	4	6	3,5	S/ revest.	4	Simples
36	4	6	Estrada Imprópria	S/ revest.	4	Simples
37	4	6	5,1	S/ revest.	4	Simples
38	4	5	6,5	S/ revest.	4	Simples
39	4	5	Estrada Imprópria	S/ revest.	4	Simples
40	4	5	6,3	S/ revest.	4	Simples

41	4	5	1,8	S/ revest.	4	Simple
42	4	5	Estrada Imprópria	S/ revest.	4	Simple
43	4	5	6,9	S/ revest.	4	Simple
44	4	5	3,5	S/ revest.	4	Simple
45	4	4	4,0	S/ revest.	4	Simple
46	4	4	1,0	S/ revest.	4	Simple
47	4	4	0,0	S/ revest.	4	Simple
48	4	4	2,5	S/ revest.	4	Simple
49	4	3	Estrada Imprópria	S/ revest.	4	Simple
50	4	3	5,0	S/ revest.	4	Simple
51	4	2	3,7	S/ revest.	4	Simple

No que se refere ao volume de madeira transportado (viagens/ano), nota-se que nas classes 1, 2 e 3 esses valores foram superiores, quando comparados com a classe 4 de estradas. Isso se deve ao fato de que a classe 4 pertence às estradas, denominadas secundárias, e essa, na maioria das vezes, possuíam tráfego sazonal, diferentemente das classes de estradas 1 e 2, nas quais o tráfego é intenso o ano todo.

Já no que se refere à greide, o mesmo variou de 0% a 7,7%. Na classe 1, o greide variou de 3,1% a 6,8%. Na classe 2, de 3,8% a 6,9%. Na classe 3, de 2,1% a 6,2%. Já na classe 4 oscilou na faixa de 0% a 7,7%. Foi determinado que 8 trechos de estradas fossem considerados como estradas impróprias, pelo modelo teórico.

No entanto, quanto à espessura do revestimento, adotada pelo modelo teórico, assim como outras variantes tais como largura, por exemplo, procuraram inferir valores de acordo com as necessidades das estradas. Ou seja, enquanto nos dados reais, a espessura do revestimento (cascalho) adotada foi de 0,13 m para suas estradas principais, o modelo teórico sugeriu as espessuras de 0,18; 0,13 e 0,10 metro de cascalho para revestimento das classes de estradas 1, 2 e 3 respectivamente (Tabela 1). Tais espessuras de revestimento estão de acordo com o sugerido por Malinovski e Perdoncini (1990), que relatam que para diferentes solos a camada aplicada de cascalho deve ser de 0,10 a 0,25 metros. Os valores sugeridos por esses autores demonstram que há a possibilidade de diferenciação entre “classes” de estradas para camadas de revestimento. De forma prática, comparando-se os dados reais, ou seja, estradas principais com 8 metros de largura, e o que o modelo teórico propõe, estradas com 7 metros de largura, seriam gastos aproximadamente 6.850 m<sup>3</sup> e 5.870 m<sup>3</sup> de cascalho, respectivamente, na construção dessas estradas. Considerando-se que o custo



do cascalho foi um dos principais componentes do investimento na construção de estradas, observou-se a viabilidade da implementação de valores diferenciados de espessuras de revestimento, de acordo com as características da estrada. Pode-se acrescentar também que o dimensionamento das camadas de revestimento diferenciadas leva a dedução que, sendo a quantidade de cascalho nos dados reais maiores que a sugerida pelo modelo teórico, haverá um superdimensionamento na quantidade de cascalho e um custo maior de implantação.

Em termos de investimento na construção de estradas de uso florestal, assim como a espessura de revestimento, a largura foi um item integrante do custo de revestimento das estradas. O modelo mostrou valores que permitissem a trafegabilidade e com isso o fornecimento contínuo de insumos de forma satisfatória para a fazenda produtora e para a fábrica. Verifica-se que no modelo teórico (Tabela 6) ela foi fixada em 7 metros para as classes 1, e 2, consideradas mais exigidas pelo tráfego e em 4 metros para a classe 3 e 4, visto que nessas classes o tráfego era sazonal.

No que se refere ao tipo de pista, as classes de estrada 1 e 2 foram caracterizadas por terem pista dupla, pavimentadas por diferentes espessuras de revestimento (Tabela 1); e as classes 3 e 4 foram caracterizadas por terem pista simples, embora essas classes de estradas possuíssem diferenças quanto ao revestimento também (Tabela 1).

### **6.2.1 Custo de implantação para o modelo teórico**

Na Figura 16 são apresentados os dados referentes ao custo de implantação dos trechos amostrados de acordo com o modelo teórico.

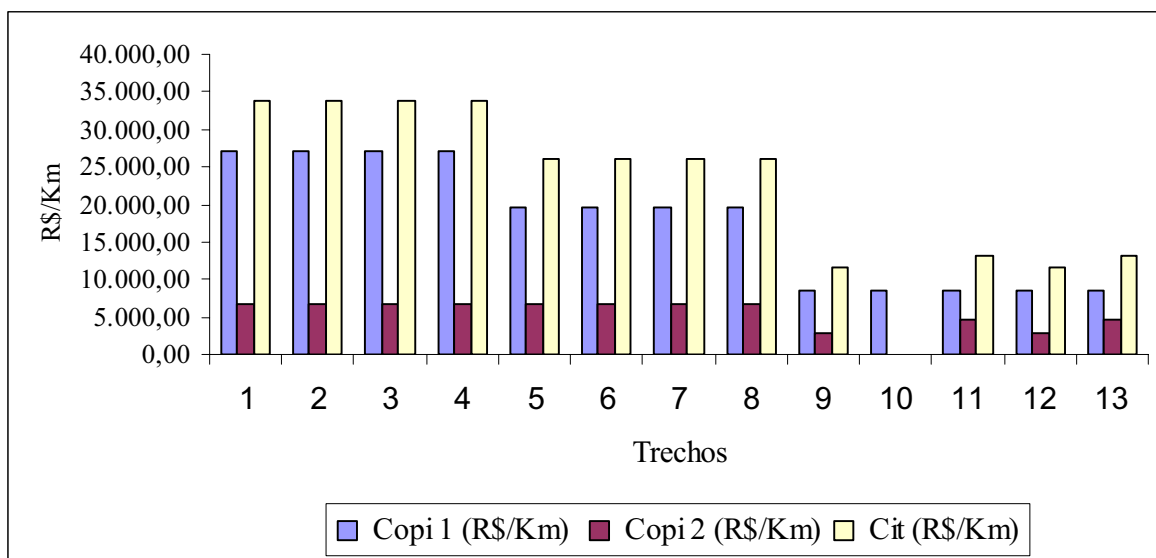


Figura 16: Custos de implantação dos trechos de acordo com o modelo teórico para a classe de estradas 1, 2 e 3.

O custo de cascalhamento (Custo das Operações de Implantação 1) para as classes 1, 2 e 3 as quais utilizavam diferentes espessuras de camadas de revestimento (Tabela 1) tiveram seus valores constantes de R\$ 27.090/Km, R\$ 19.565/Km e R\$ 8.600,00/Km, respectivamente, conforme Figura 16. Esses dados foram dependentes da largura e da espessura da camada de revestimento. Como a largura foi fixada de acordo com a metodologia adotada na elaboração do modelo teórico, que foi de 7 e 4 metros (Tabela 1), a diferenciação do custo/Km dependeu da espessura da camada de revestimento que foi adotada, quando analisadas as classes 1 e 2, e da camada de revestimento e da largura quando analisada a classe 3 (Tabela 1).

O trecho 10 da Figura 16, não possui o Custo das Operações de Implantação 2 (Copi2), bem como também o Custo de Implantação Total (Cít), pois esse trecho foi caracterizado como sendo de estradas impróprias, conforme Tabela 6.

Por outro lado, na Figura 17 são apresentados os dados relacionados aos custos de implantação para a classe 4 de estradas, de acordo com o modelo teórico.

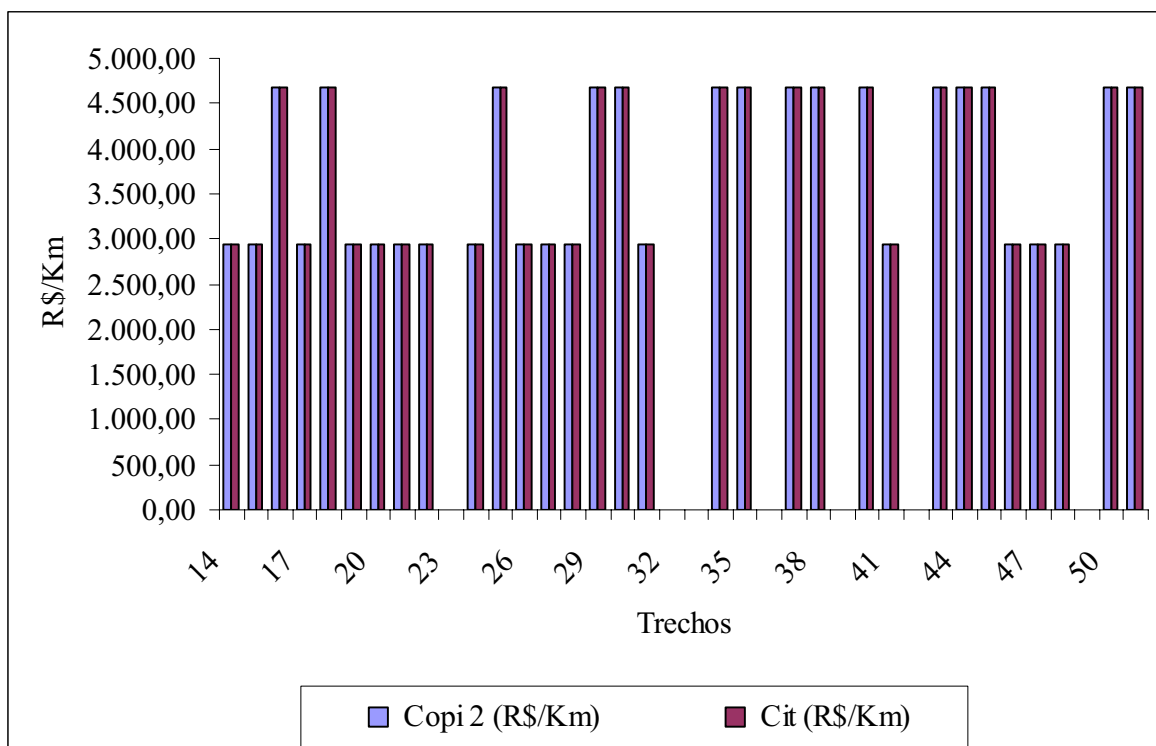


Figura 17: Custos de implantação dos trechos de acordo com o modelo teórico, para a classe de estrada 4.

O Custo das Operações de Implantação 2 (Figura 17), presente em todas classes de estradas, inclusive nas classes 1, 2 e 3; na classe 4 ele variou de acordo com a metodologia proposta na Tabela 3, ou seja, a inclinação foi determinante na elaboração do custo, uma vez que os outros fatores que complementam essa variável foram fixados pelo modelo em função do volume transportado.

Os Custos das Operações de Implantação 1 não fizeram parte das estradas da classe 4. Pelo modelo teórico foi estipulado que a classe 4 não necessitaria da operação de cascalhamento. No entanto, os Custos das Operações de Implantação 2 variou de R\$ 2.937,00/Km a R\$ 4.675,00/Km.

### 6.2.2 Comparação dos custos dos dados reais e do modelo teórico

Na Tabela 7 tem-se a comparação dos custos de implantação dos dados reais (Figuras 14 e 15) e do modelo teórico (Figuras 16 e 17), onde se denominou  $\Delta_1$  como a variação dos custos decorrentes das Operações de Implantação 1 (Custo das Operações de Implantação 1, dos dados reais) – (Custo das Operações de Implantação 1, do modelo teórico),  $\Delta_2$  a variação dos custos decorrentes das Operações de Implantação 2 (Custo das Operações de Implantação 2, dos dados reais) – (Custo das Operações de Implantação 2, do modelo teórico), e  $C_t$  o Custo Total (obtido através da soma do  $\Delta_1 + \Delta_2$ ).

Tabela 7: Comparação dos custos de implantação (R\$/km) com base nos dados reais e no modelo teórico.

Trecho	$\Delta_1$	$\Delta_2$	$C_t$
1	-10.320,00	0,00	-10.320,00
2	-10.320,00	0,00	-10.320,00
3	-15.910,00	0,00	-15.910,00
4	-15.910,00	0,00	-15.910,00
5	-2.795,00	0,00	-2.795,00
6	-2.795,00	0,00	-2.795,00
7	-2.795,00	0,00	-2.795,00
8	0,00	0,00	0,00
9	8.170,00	1.113,00	9.283,00
10	8.170,00	Estrada Imprópria	Estrada Imprópria
11	10.965,00	1.940,00	12.905,00
12	10.965,00	1.113,00	12.078,00
13	10.965,00	1.940,00	12.905,00
14	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00
23	0,00	Estrada Imprópria	Estrada Imprópria
24	0,00	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,00
29	0,00	0,00	0,00
30	0,00	0,00	0,00
31	0,00	0,00	0,00
32	0,00	Estrada Imprópria	Estrada Imprópria
33	0,00	Estrada Imprópria	Estrada Imprópria
34	0,00	0,00	0,00
35	0,00	0,00	0,00
36	0,00	Estrada Imprópria	Estrada Imprópria
37	0,00	0,00	0,00
38	0,00	0,00	0,00
39	0,00	Estrada Imprópria	Estrada Imprópria
40	0,00	0,00	0,00
41	0,00	0,00	0,00

42	0,00	Estrada Imprópria	Estrada Imprópria
43	0,00	0,00	0,00
44	0,00	0,00	0,00
45	0,00	0,00	0,00
46	0,00	0,00	0,00
47	0,00	0,00	0,00
48	0,00	0,00	0,00
49	0,00	Estrada Imprópria	Estrada Imprópria
50	0,00	0,00	0,00
51	0,00	0,00	0,00

A análise conjunta das Figuras 14, 15, 16 e 17 e Tabela 7 demonstra que os Custos das Operações 1 sugeridos pelo modelo teórico para classes 1 e 2 tendem a ser superiores aos custos dos dados reais.

Analisando-se as variáveis componentes desse custo, tais como: largura, tipo e espessura de revestimento, tem-se que o modelo teórico infere valores superiores de largura para estradas das classes 1 e 2, do que os encontrados nos dados reais (Tabelas 4, 5 e 6). As larguras dos trechos de estradas amostradas, que segundo o modelo teórico deveriam ter 7 metros, variaram nos dados reais de 4 a 6 metros. Valores superiores de espessura da camada de revestimento para estradas da classe 1 (0,18 metro), ocasionaram maiores custos, e conseqüentemente maiores variações entre os valores calculados nos dados reais e no modelo teórico. Essa variação, observada na Tabela 7, para estradas da classe 1 atingiu o valor máximo R\$ 15.910,00/Km. Para estradas da classe 2, que tiveram a maior variação do Custo das Operações de Implantação 1 igual a R\$ 2.795,00/Km, a espessura da camada de revestimento utilizada, 0,13 metro, foi igual à considerada nos dados reais e no formulário de consulta, não influenciando assim na diferenciação dos custos calculados.

Contrariamente ao observado para as classes 1 e 2, para a classe 3 o valor sugerido de largura e espessura da camada de revestimento pelo modelo teórico foi inferior ao observado e adotado nos dados reais, gerando assim custos menores, sendo a variação máxima observada de R\$ 10.965,00/Km em favor do modelo teórico. No caso, a espessura da camada de revestimento que o modelo teórico adotou foi de 0,10 metro, enquanto nessa situação, nos dados reais, o valor adotado foi de 0,13 metro para os trechos de estradas principais.

Observa-se que o trecho 8 (Tabela 7) de estrada teve os valores dos dados reais e os sugeridos pelo modelo teórico iguais, ocasionando valores iguais de Custo de Operação de Implantação<sup>1</sup> (Copi 1).

De maneira geral, o custo das Operações de Implantação 2 (Copi 2), praticamente não diferiram para os trechos de estradas amostradas. Esses custos foram calculados em função da inclinação e do tipo de pista (Tabela 2), sendo que a inclinação utilizada para fazer o cálculo nas duas situações, modelo teórico e dados reais, foi a mensurada através dos dados reais. Os valores nulos de variação para esses custos foram devidos a inclinação que foi a mesma para os dois casos, e o tipo de pista, que no caso das estradas classes 1 e 2 foram determinadas como dupla, assim como para as estradas principais, segundo a classificação seguida pelos dados reais. Foram observadas variações nos custos das estradas de classe 3, essas pelo modelo teórico deveriam ser do tipo simples e, no entanto, nos dados reais apareciam como duplas ocasionando variações de R\$ 1.940,00/Km e R\$ 1.113,00/Km.

A variação entre os Custos Totais dos dados reais e do modelo teórico, expressada como  $C_i$  na Tabela 7, demonstra que a maioria dos trechos que demandam operação de cascalhamento, ou seja, estradas das classes 1, 2 e 3, caso fossem implantadas de acordo com o modelo teórico necessitariam de maiores investimentos do que quando comparadas com os dados reais.

De acordo com Lopes et al. (2002), em suas pesquisas, pode-se constatar que as estradas principais são aquelas de melhor padrão de qualidade, devido, principalmente, às exigências de tráfego de veículos leves, pesados e extrapesados. Já as estradas secundárias apresentam um padrão de qualidade inferior, onde a superfície de rolamento pode ser considerada como parâmetro comprometedor, podendo impedir o tráfego de veículos em determinadas épocas do ano. Como pode ser observado, o custo de construção, para estradas principais foi mais elevado, pelo fato de elas receberem revestimento primário em toda a sua extensão, garantindo o tráfego de veículos de alta tonelagem. As estradas secundárias apresentaram um custo inferior, uma vez que elas recebem revestimento em pontos específicos somente quando houver necessidade.

A Tabela 8 apresenta uma análise geral dos custos em função do modelo teórico, quando comparado com os dados reais.

Tabela 8: Análise geral dos custos em função do modelo teórico, quando comparado com os dados reais.

<b>Trechos Estudados</b>	51			
<b>Quantidade Amostrada (km)</b>	31,11			
<b>1) Custo das Operações de Impl. 1</b>	<b>Trechos</b>	<b>Trechos (%)</b>	<b>Km</b>	<b>Valor (R\$)</b>
SATISFATORIO	5	10	3,05	49.235,00
INFERIOR	7	14	4,27	60.845,00
IGUAL	39	76	23,79	
<b>Comparação</b>				(11.610,00)
<b>Comparação/km</b>				(373,18)
<b>2) Custo das Operações de Impl. 2</b>				
ESTRADAS IMPRÓPRIAS	8	16	4,88	
SATISFATORIO	4	8	2,44	6.106,00
INFERIOR	0	0	0,00	
IGUAL	39	76	23,79	
<b>Comparação</b>				6.106,00
<b>Comparação/km</b>				232,78
<b>3) Custo de Implantação Total</b>				
ESTRADAS IMPRÓPRIAS	8	15	4,88	
SATISFATORIO	4	8	2,44	47.171,00
INFERIOR	7	14	4,27	60.845,00
IGUAL	32	63	19,52	
<b>Comparação</b>				(13.674,00)
<b>Comparação/km</b>				(521,30)

Verifica-se, de forma geral, através da coluna de custo total, que em 15% dos trechos amostrados, ou seja, 4,88 km de estradas foram caracterizadas como “estradas impróprias”, as quais, de maneira prática, podem representar, principalmente, uma menor operacionalidade dos veículos, devido a inclinações acima das recomendadas, que de acordo com Malinovski e Perdoncini (1990) estabelece-se inclinações de 10%, no máximo, para situação de greide favorável e de 5 a 8%, no máximo para greide adverso. Por outro lado, percebe-se também que em 8% dos trechos amostrados, ou seja; 2,44 km o modelo teórico foi satisfatório. Já em 14% dos trechos amostrados, ou seja, 4,27 km o modelo teórico foi inferior aos dados reais e em 63% dos trechos amostrados, ou seja; 19,52 km o modelo teórico foi igual aos dados reais.

Os trechos em que a adoção do modelo teórico significou maiores investimentos corresponderam a 4,27 km e os trechos onde a adoção do modelo teórico significaria menores investimentos corresponderam a 2,44 Km. Em termos econômicos, a



adoção do modelo teórico significaria um investimento de R\$ 521,30/km a mais em relação aos custos obtidos a partir dos dados reais, mas ressalta que o modelo teórico contempla um revestimento e largura melhor que os dados reais.

A análise conjunta das Figuras 18 e 19 apresentam o custo de implantação para os trechos de estradas principais e secundárias, de acordo com as larguras declaradas através do formulário de consulta.

A partir das informações de largura das estradas fornecidas através do formulário de consulta, ou seja, 8 metros para estradas principais e 6 metros para estradas secundárias, obteve-se os Custos das Operações de Implantação 1, 2 e Custo de Implantação Total. Os valores de Custo das Operações de Implantação 2 não diferiram dos calculados a partir dos dados reais, uma vez que esse custo não depende da largura das estradas, bem como o número de estradas impróprias permaneceu constante, pois também não depende dessa variável. Em contrapartida, o Custo das Operações de Implantação 1 tiveram seus valores aumentados, uma vez que os valores de largura de 8 (para estradas principais) e 6 metros (para estradas secundárias) foram divergentes dos dados reais.

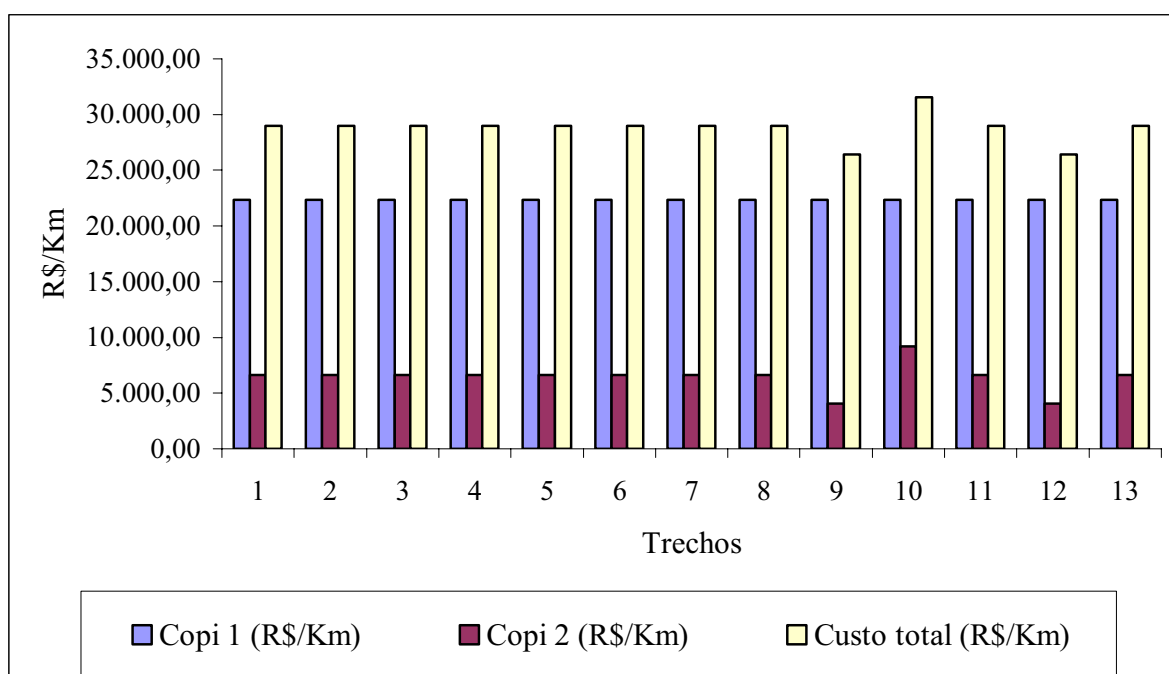


Figura 18: Custos de implantação dos trechos, de acordo com as larguras declaradas através do formulário de consulta, para estradas principais.

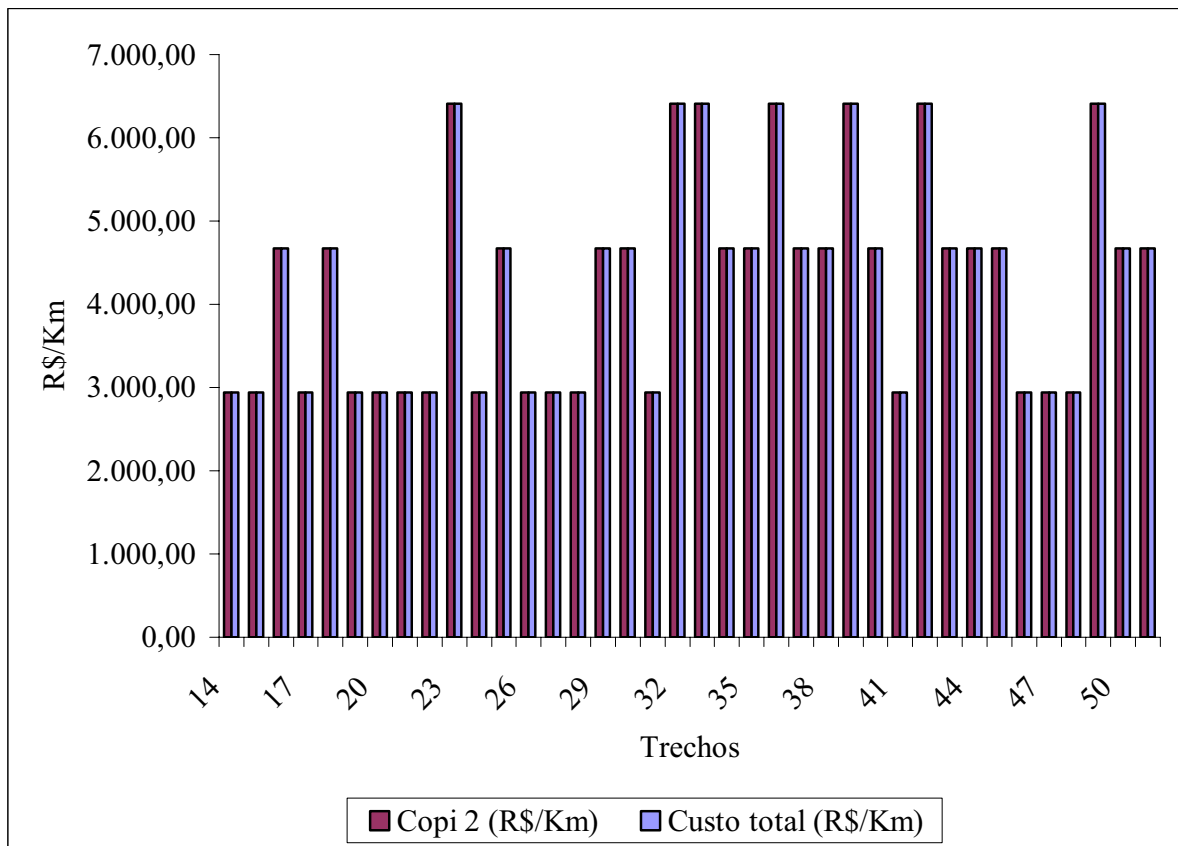


Figura 19: Custos de implantação dos trechos, de acordo com as larguras declaradas através do formulário de consulta, para estradas secundárias.

A Tabela 9 apresenta uma análise geral dos custos em função do modelo teórico, quando comparado com os valores de largura contidos no formulário de consulta, ou seja, 8 metros para estradas principais e 6 metros para estradas secundárias.

Tabela 9: Análise geral dos custos em função do modelo teórico, quando comparado com valores de largura contidos no formulário de consulta (8 e 6 metros).

<b>Trechos Estudados</b>	51			
<b>Quantidade Amostrada (km)</b>	31,11			
<b>1) Custo das Operações de Impl. 1</b>	<b>Trechos</b>	<b>Trechos (%)</b>	<b>Km</b>	<b>Valor (R\$)</b>
SATISFATORIO	9	18	5,49	79980,00
INFERIOR	4	8	2,44	18.920,00
IGUAL	38	74	23,18	
<b>Comparação</b>				61.060,00
<b>Comparação/km</b>				<b>1.962,65</b>
<b>2) Custo das Operações de Impl. 2</b>				
ESTRADAS IMPRÓPRIAS	8	16	4,88	
SATISFATORIO	4	8	2,44	6.106,00
INFERIOR	0	0	23,79	
IGUAL	39	76		
<b>Comparação</b>				6106,00
<b>Comparação/km</b>				232,78
<b>3) Custo de Implantação Total</b>				
ESTRADAS IMPRÓPRIAS	8	16	4,88	
SATISFATORIO	8	16	4,88	72.326,00
INFERIOR	4	8	3,44	18.620,00
IGUAL	31	60	17,91	
<b>Comparação</b>				53.406,00
<b>Comparação/Km</b>				2.036,00

A comparação dos custos obtidos a partir do modelo teórico e dos custos obtidos a partir dos dados de largura contidos no formulário de consulta (8 metros para as estradas principais e 6 metros para as estradas secundárias) mostrou que a diferença do custo por quilometro das Operações de Implantação 1 (Copi 1) passou de R\$ 373,18/Km (Tabela 8), para R\$ 1.962,65/Km, em favor do modelo teórico (Tabela 9). A observação comparativa do Custo de Implantação Total (Cit) para essas situações demonstrou que o emprego do modelo teórico possibilitaria uma economia de R\$ 2.036,00/km de estrada implantada. Vale salientar ainda que esses dados obtidos não foram constatados na prática e sim teoricamente.

## 5 CONCLUSÕES

- Verificou-se que os dados levantados em campo não eram compatíveis com o planejamento da empresa. A largura da pista de rolamento das estradas principais variou de 4 a 7 metros, entre sarjetas, sendo que pelo planejamento da empresa deveriam ter 8 metros. Já para as estradas secundárias, a largura da pista de rolamento deveria ser de 6 metros, entre sarjetas, no entanto, foi verificada uma variação de 4 a 7 metros.
- Comparando-se os custos do modelo teórico e dos dados reais, verificou-se que a adoção do modelo teórico significaria um investimento de R\$ 521,30/km a mais em relação aos custos obtidos a partir dos dados reais.
- Considerando os custos de implantação de estradas com largura de 8 metros verificou-se que o modelo teórico possibilitaria uma economia de R\$ 2.036,00/Km.
- Pode-se dizer que os custos na implantação de estradas cascalhadas foram altamente variáveis em função da largura e da espessura do revestimento, devendo esses custos ser dimensionados da melhor forma possível, de modo a permitir uma melhor aplicação dos recursos. Na área de realização da pesquisa, as estradas das classes 1, 2 e 3 apresentaram custo de construção mais elevados, em relação as demais devido ao seu

melhor padrão de qualidade, exigido pelo alto volume de tráfego de veículos leves, pesados e extrapesados, durante o ano todo.

- Os custos de implantação de uma estrada de pista dupla, com revestimento primário variaram de R\$ 27.090,00/km, R\$ 19.565,00/km e R\$ 8.600,00/km, dependendo da espessura da camada de revestimento, enquanto para uma estrada de pista simples, sem revestimento primário foram de R\$ 2.937,00 a 4.675,00/km.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

\_\_\_\_\_. **Pavimentação de estradas florestais: emprego do alcatrão de madeira de eucalipto.** Rev. da Madeira, n. 73, ano 13, julh./2003.

AGÊNCIA AMBIENTAL DE GOIÁS. **SETOR florestal brasileiro.** Disponível em: <[http://www.agenciaambiental.go.gov.Br/lei\\_flor/setor.php](http://www.agenciaambiental.go.gov.Br/lei_flor/setor.php)>. Acesso em: 8 març. 2005.

ANTONANGELO, A. **Avaliação do sistema de informações geográficas GRASS para predição dos riscos de erosão em estradas de uso florestal.** 2004. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

ALMEIDA, A.R. C. **Gerenciamento de custos baseados em atividades: uma proposta para o setor florestal.** 2002. 111 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção/Economia da Produção e Engenharia Financeira). Escola Politécnica de São Paulo, USP. São Paulo, 2002.

ALVARENGA, A. C.; NOVAES, A. G. N. **Logística aplicada: suprimento e distribuição física.** São Paulo: Pioneira, 1997. 268 p.

ALVES, M. R. P. A. **Logística agroindustrial**. São Paulo: Atlas, 1998. 573 p.

ANTOLA, A. **Forest road construction techniques**. Universit of Helsinki, Departament of logging and utilization of forest products. Research notes n. 50, 1988. 104 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS PRODUTORES DE MADEIRA. **OFERTA de madeira tende a ser menor**. Rev. da Madeira, n.20, 1995.

BERTOLINI, D. et al. **Controle de erosão em estradas rurais**. Bol. Téc. CATI, n. 207. Campinas. 1993. 37 p.

BRACCO, A. Corrida contra o relógio. **Celulose & Papel**, n.55, p.11-14, 1996.

BRAZ, E. M. **Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável de floresta tropical**. Circular Técnica, n.15/EMBRAPA. Rio Branco. 1997. 36 p.

BUENO, F. da S. **Minidicionário da língua portuguesa**. São Paulo: FTD: LISA, 1996. 703 p.

BYRNE, J. J. et al. **Logging road handbook: The effects of road design on hauling costs**. Portland, USDA, Forest Service, 1960. 85 p.

CARVALHO, L. A. **A rede viária e sua interação com o meio ambiente**. In: Seminar on harvesting and wood transportation, 11. Curitiba. Anais... Curitiba: 2000. p. 54-72.

CARVALHO, L. A. **Curso de estradas vicinais**. Klabin Fabricadora de Papel e Celulose S.A. Seção de Estradas. 1990. 126 p.

CARVALHO, L. A. **Plano diretor de estradas e definição da malha viária**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE ESTRADAS E A INTERFACE AMBIENTAL, 2002, Fóz do Iguaçu. Anais...Foz do Iguaçu: FUPEF, 2002.

CATERPILLAR. **Performance handbook**. 21 ed., Caterpillar, Peoria, 1990.

CEPEA (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA).  
**Informativo CEPEA**, n. 4. 2002. p. 1-2.

CHRISTOPHER, E.A. 2002. **Post Harvesting Evaluation of Best Management Practices for the Prevention of Soil Erosion in Virginia**. Blacksburg, Virginia. Disponível em:  
<<http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-04092002100746/unrestricted/thesis.pdf>>

CLARK, B.; CATTON, K. **GIS Identification of High Erosion Risk Roads**. 2002.  
Disponível em: <<http://scs.ucdavis.edu/Services/ClassSupport/PROJECTS/ABT1801f99projlbciarklproject.>>. Acesso em: 01 set. 2002.

COMASTRI, J. A.; CARVALHO, C. A. **Estradas (Traçado geométrico)**. Viçosa:  
Universidade Federal de Viçosa, 1981. 71 p. (Apostila 112).

DADALTO, G. G.; CARMO FILHO, O. G.; CASTRO, L. L. F. **Captação de águas pluviais das estradas vicinais**. Vitória – ES: EMCAPA, 1990. 22 p. (EMCAPA – Documentos, 63).

DEMARCHI, L. C. et al. **Adequação de estradas rurais**. Manual Técnico, n.77. Campinas, São Paulo: CATI. 2003. 64 p.

DIETZ, P. **Parâmetros da rede viária e sua otimização**. In: Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal, 4. FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. UFPR, Curitiba. 1983. P. 22-32.

DIETZ, P.; GRAMMEL, R.; MALINOVSKI, J. R. **In: Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal, 4**. FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. UFPR, Curitiba. 1983.



DIETZ, P.; KNIGGE, W.; LÖFFLER, H. **Walderschließung**. Hamburg, Berlin: Parey. 1984. 426 p.

DYSTRA, D. P. **Mathematical programming for natural resource management**. New York: McGraw-Hill, 1984. p. 16-37.

EGAN, A. F. Forest Roads: Mere Soil and Water Don't Mix. **Journal of Forest** , v. 97, n. 8, p.18-21. 1999.

ESTRAVIZ RODRIGUES, L. C. (coord.). **Estradas florestais**. IPEF. Disponível em: [http://www.ipef.br/mct/MCT\\_03.htm](http://www.ipef.br/mct/MCT_03.htm)>. Acesso em: 8 març. 2005.

FENNER, P. T. **Relações entre tráfego, solo e desenvolvimento florestal na colheita de madeira**. 1999. 135 f. Dissertação Livre Docência. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 1999.

FENNER, P. T. **Zur Entwicklung pfleglicher Holzerntesysteme in den Tropen, Auswirkungen der Befahrung auf gelbe Latosole (Xanthic Ferralsol) des Amazonasgebietes**.1996. 120 f. Tese-Universität Freiburg. 1996.

FRANSEN, P. J. B., PHILLIPS, W., & FAHEY, 13. D. 2001. **Forest Road Erosion in New Zealand: Overview**," *Earth Surface Processes and Landforms*, v. 26, n. 2, p. 165-174.

FRANSEN, P.J.B.; PHILLIPS, W.; FAHEY. **Forest Road Erosion in New Zealand: Overview, Earth Surface Processes and Landforms**, v. 26, n.2, p. 165 -174. 2001.

FULTON, S.; WEST. **Forestry Impacts on Water Quality**. 13 ed. 2002. Disponível em: <<http://www.srs.fs.usda.gov/sustain/report/aqua3/index-1.htm>>. Acesso em: 14 dez. 2002.

GARCIA, R. A. et al. **Volume de enxurrada e perda de solo em estradas florestais em condições de chuva natural**. *Rev. Árvore*, Viçosa, MG, v. 27, n. 4, p. 635-542, 2003.

GOMIDE, J. L. **Situação atual e perspectivas futuras do setor de celulose e papel no Brasil.** In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988, Curitiba, p. 296-302.

GRACE III, J. M. 2000. **Forest Road Sideslopes and Soil Conservation Techniques.** Journal of Soil and Water Conservation, v. 55, n.11, p. 96-101.

GRAMMEL, R. **Planejamento da rede viária florestal.** In: Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal, 4. FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. UFPR, Curitiba. 1983. p.36-47.

GRAMMEL, R. **Recentes desenvolvimentos na colheita de madeira e sua repercussão na rede viária florestal.** In: Curso de atualização sobre sistemas de exploração e transporte florestal, 4. FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. UFPR, Curitiba. 1983. p. 48-56.

HILDEBRAND, E. E. **Bodenerosion (Skript "Tropische Böden"),** 2001.

HILLEL, D. **Environmental Soil Physics.** San Diego, CA: Academic Press. 1998  
<http://www.gov.on.ca/OMAFRA/english/engineer/facts/87-040.htm>

ILLINOIS DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES; ILLINOIS FORESTRY DEVELOPMENT COUNCIL; UNIVERSITY OF ILLINOIS. **Forestry Best Management Practices for Illinois.** 2000. Disponível em: <<http://www.siu.edu/~ilbmp/roads.htm>>. Acesso em: 18 out. 2000.

INVESTIMENTO: **definição.** Disponível em:  
<<http://www2.ciesp.org.br/ascred/investimentos.asp>>. Acesso em: 17 mai. 2005.

KRETSCHEK, O. E. **Estudo de um sistema viário para a retirada de madeira, visando a minimização de danos ambientais, em regiões montanhosas.** In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 9. FUPEF, Curitiba. 1996.

LARL, R. **Soil Erosion Research Methods.** Ankeny, Iowa USA: Soil and Water Conservation Society Editor, 1988. 112 p.

Lei da balança. Disponível em: <<http://www.setcergs.com.Br/balança/balança.htm>>. Acesso em: 8 març. 2005.

LEITE, J. G. M. **A otimização dos custos do transporte rodoviário de madeira roliça oriunda de reflorestamento.** Tese (Doutorado em Ciências Florestais). Curitiba. 2002. 251 p.

LEITE, M. P. L. et al. **Terceirização na colheita florestal brasileira.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5. Viçosa. 2001. p.256-64.

LEITE, N. B. **Revisão do código florestal-questão de sobrevivência setorial.** Rev.Silvicultura, n. 83, p. 22-23, 2000.

LIMA, W. de P. **Impacto ambiental do eucalipto.** 2 ed. São Paulo: ed. da Universidade de São Paulo, 1996. 301 p.

LUCE, C. H.; BLACK, T. A. **Sediment production from forest roads in Western Oregon.** Moscow, USA, p. 1-15. 1993.

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

MACHADO, C. C., LOPES, E. S., SOUZA, A. P. **Classificação e custos de estradas florestais plantadas na região sudoeste do Brasil.** Rev. Árvore, Viçosa, v. 26, n. 3, mai./jun. 2002.

MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. B. **Elementos básicos do transporte rodoviário.** Viçosa: Universidade Federal Viçosa, 2000. 167 p.

MACHADO, C. C., CASTRO, P. S. **Exploração florestal (IV Parte).** Viçosa. 1985. 32p.

MACHADO, C. C., MALINOVSKI, J. R. **A planificação da rede rodoviária em reflorestamentos.** In: Simpósio sobre exploração, transporte, Ergonomia e segurança em reflorestamentos. Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Curitiba. 1987.

MACHADO, C. C., MALINOVSKI, J. R. **Rede viária florestal.** Curitiba. 1986. 157 p.

MACHADO, C. C. **Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF): Desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário.** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989. 188p. (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal do Paraná, 1989.

MACHADO, C. C.; SILVA, E. **Planejamento de estradas florestais ambientalmente corretas.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5., 2001, Viçosa: SIF, UFV, 2001. p. 28-43.

MALINOVSKI, J. R.; PERDONCINI, W. C. **Estradas florestais.** Iratí: 1990. 87 p.

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

MIRANDA, S. H. G. **Gargalos da logística agroindustrial brasileira**. In: CONGRESSO DE AGRIBUSINESS, 2, 1999. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro, 1999. p. 72-74.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do *Eucalyptus* no Brasil**. São Paulo: 2000. 111 p.

NILL, D. et al. **Soil erosion by water in Africa**. Germany: Deutsche Bibliothek, 1996. 292 p.

PEREIRA, D. R. A. C. M.; COSTA, R. **Terraplanagem** Tomo I. Ed. Educa. Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 1983.

PEREIRA, R. S. et al. **Análise econômica de investimento em estradas florestais**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5, 2001, Porto Seguro. Viçosa: SIF/UFV, 2001. 323-339.

RESSEL FILHO, E. H. **Estudo da influência do sistema viário no custo do frete no transporte rodoviário de madeira roliça em povoados de *Eucalyptus sp* na Klabin Riocell em Guaíba-RS**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 5, 2001. Viçosa. Anais ... Viçosa, 2001. p. 206-222.

RIBEIRO, B. A. **Coordenação vertical do transporte de madeira: análise empírica dos arranjos institucionais existentes na indústria brasileira de celulose**. 1998. 113 f. Dissertação (Economia Aplicada) Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

RODRIGUES, V. A.; STARZYNSKI, R. (coord.). In: Workshop em manejo de bacias hidrográficas, 8., 2004, Cunha. Anais... 2004. p. 7-18.

SCHACK-KIRCHNER, H. **GIS based calculation of erosion-potential indices of forest road networks**. Institut für Bodenkunde und Waldernährungslehre Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Germany. Nov. 2003. Notas de aula.

SOUSA, R. A. T. M. **Análise do fluxo de transporte rodoviário de toras curtas de *Eucalyptus* para algumas indústrias de celulose e de chapas de composição do Estado de São Paulo**. 2000. 115 f. Tese. Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

SOUZA, P. F. de. **Terminologia Florestal**: glossário de termos e expressões florestais. Guanabara, 1973. 302 p.

TABACOF, B. **Avaliação do setor de celulose e papel**. Disponível em: <<http://www.bracelpa.com.br>>. Acesso em: 22 de abr. 2001.

TOMASELLI, I.; DELESPINASSE, B. **Os reflorestamentos existentes vão garantir o suprimento das expansões industriais no Brasil?** Rev. STCP, n.4, p.16-17, Curitiba. 2000.

VIANA, G. A. Associação Nacional do Transporte de Cargas. Disponível em: <<http://www.ntc.org.br>>. Acesso em: 27 de fev. 2002.

VITRINE SERVIÇOS DE INFORMAÇÕES S/C LTDA. Marcos Valle Verlangieri. **Guia de logística**. Disponível em: <<http://www.guialog.com.br>>. Acesso em: 15 de fev. 2001.

WILLIAMS, H. P. **Model building in mathematical programming**. 3. ed. Chichester: John Wiley, 1993. 356 p.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting Rainfall Losses**: A Guide to Conservation Planning. UMA Agricultural Handbook, n. 537, 1978. 58 p.

WISCONSIN DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES. **Forestry Best Management Practices for Water Quality**. 2003. Disponível em: <<http://www.dnr.state.wi.us/org/iand/forestry/usesof/bmp/BMP.htm>>. Acesso em 01 fev. 2004.

YAMAMOTO, M. **Geometrical design of Forest roads in Japan**. IN: IUFRO WORLD CONGRESS, 17, 1981. Ibaraki. Forestry and Forest Products Research Institute, 1981. p. 81-93.

## **ANEXO 01: QUESTIONÁRIO DE CONSULTA**

1. Localização dos talhões estudados (número da quadra):
2. Estrada (primária ou secundária?):
3. Quantidade de segmentos (lombadas) numa mesma estrada:
4. Distância da estrada:
5. Declividade da estrada (%):
6. Tipo de estrada (cruzamento, curva, cruzamento de dreno, final da pista, entre outros):
7. Depressão da estrada (medida em cm):
8. Altura da vegetação na superfície da estrada (em cm):
9. Altura do barranco, nas laterais da estrada (em cm):
10. Tipo de revestimento na superfície da pista de rolamento (com cascalho ou sem cascalho):
11. Quantidade de vegetação na superfície da pista de rolamento (não tem, pouca, média ou muita):
12. Sinais de erosão (não=0, 0-5=1, 6-10=2, > 10=3) medidas em cm:
13. Largura da estrada, entre sarjetas (metros):
14. Qual a granulometria e qualidade do cascalho utilizado no revestimento da pista de rolamento?
15. Tipo de manutenção nas estradas (primárias e secundárias) e frequência?



## GLOSSÁRIO DE TERMOS TÉCNICOS

A seguir, alguns conceitos básicos de acordo com Malinovski e Perdoncini (1990) e Demarchi (2003).

**Abaulamento:** inclinação da seção transversal, a partir do eixo da estrada, para permitir o escoamento das águas superficiais que contribuem à pista de rolamento.

**Active:** é quando temos uma inclinação no terreno e a consideramos de baixo para cima.

**Acostamento:** faixa contígua à pista de rolamento e destinada à parada eventual de veículos ou trânsito de pedestres.

**Aderência:** é o resultado obtido da estabilidade ou firmeza do veículo sobre a pista de rolamento. Está relacionado com o coeficiente de atrito do solo, o tipo de pneus, o peso, velocidade e potência do veículo, em relação ao tipo de revestimento e padrões técnicos da estrada florestal.

**Aglutinante:** materiais cujas propriedades conferem melhores características quanto à capacidade de suporte das camadas dos pavimentos.

**Agulhamento:** técnica empregada para incorporação ao subleito de materiais granulares com o objetivo de elevar a capacidade de suporte e melhorar as condições de rolamento da pista.

**Aterro:** é quando, da construção da estrada, se faz necessário o acréscimo de material (terra ou rocha) para completar economicamente a base da estrada. Os aterros podem ser de duas formas: primeiro para levantar o leito da estrada ou lateralmente para completar a mesma com material oriundo de cortes.

**Bacia hidrográfica:** é toda uma área do terreno que, naturalmente, pelo relevo do solo, possui uma declividade tal que faz convergir para um canal de água oriundo de precipitações ou fontes naturais que escorrem superficialmente, ou mesmo dentro do corpo do solo, os quais formarão os cursos d'água. No caso de estradas florestais, para efeitos de locação de bueiros e pontilhões, é importante se observar as microbacias a fim de se posicionar os mesmos de tal forma que considerando um determinado ponto em um curso d'água, levamos em consideração toda a área de terreno nas redondezas, da qual pode

escorrer água superficialmente ou não, que possa influenciar no volume de vazão d'água naquele dado ponto.

**Barreiras vivas:** obstáculos alinhados constituídos de plantas ou arbustos plantados com o intuito de amenizar a ação da água ou do vento.

**Base da estrada:** considera-se a base da estrada o material rochoso, ou não, do próprio local ou resultante de aterro, que tem como função sustentar o revestimento final da pista de rolamento e, conseqüentemente, o peso dos veículos que pela estrada trafegarão.

**Base:** camada constituinte do pavimento das estradas.

**Bigode/segmento de terraço (sangradouro):** dispositivo utilizado para conduzir as águas superficiais oriundas da plataforma das estradas para as áreas marginais.

**Bueiros:** é um canal que se destina a conduzir a água de um lado a outro sob o leito da estrada e assim retirar a água para longe da base e da pista de rolamento da mesma.

**Bússola:** aparelho que nos dá a orientação de um alinhamento em relação a linha de fé Norte-Sul. Trabalha em relação ao norte magnético.

**Caixa de inspeção ou retenção:** é uma construção de pedra, concreto ou manilhas recortadas, ou simplesmente uma abertura que serve para direcionar a água na entrada do bueiro.

**Caminhos de máquinas:** são aqueles caminhos nos quais somente existe trânsito de máquinas florestais. São abertos dentro da floresta, muitas vezes, somente se rebaixando os tocos. Normalmente, caminho de máquina é sinônimo de trilhas de extração ou ramal. A diferença popular entre elas é que o caminho de máquina utiliza-se para exploração de florestas nativas, enquanto que trilhas ou ramais utilizam-se para florestas implantadas.

**Capacidade de suporte:** propriedades dos solos em manterem coesos frente a uma solicitação física repetitiva.

**Clinômetro:** aparelho destinado a nos dar através de leitura, a inclinação do terreno.

**Coesão:** propriedade apresentada pelas argilas.

**Compactação:** redução de vazios do solo ou outros materiais. Com auxílio de rolos compactadores, tipo placa ou sapos mecânicos.

**Compactadores:** são equipamentos para compactar a superfície das estradas. Podem ser vibratórios ou não. Existem rolos compressores lisos para a compactação da superfície da

estrada ou rolos compressores do tipo pé-de-carneiro, empregados para compactação da base da estrada.

**Corpo estradal:** faixa constituída pela plataforma da estrada.

**Corte:** é quando, da construção da estrada, se faz necessário a retirada de material de um ou ambos os lados, a fim de formar o leito da mesma.

**Cota:** é a altura de um ponto em relação a um outro ponto, com referência de nível.

**Curva de nível:** são linhas no terreno, as quais mantêm cada uma sempre a mesma altitude.

**Declive:** é quando temos uma inclinação no terreno e a consideramos de cima para baixo.

**Declividade:** é a diferença de altura entre dois pontos, expressa em porcentagem;

**Densidade de estradas:** é a quantidade em metros lineares (m/ha) de comprimento de estradas em relação à área de terreno onde está considerada.

**Densidade de tráfego:** é a quantidade de veículos que passam por uma estrada, por unidade de tempo. Ex: 50 veículos/dia.

**Divisor de água:** é, no terreno ou no mapa, a linha de maior altitude que divide bacias hidrográficas. São conhecidos como linhas de espigão.

**Dissipadores de energia:** barreiras construídas ao longo das sarjetas, com a finalidade de reduzir a velocidade das águas de escoamento superficial em estradas cujas plataformas são encaixadas e os perfis apresentam rampas extensas.

**Drenagem:** compreende o conjunto de serviços relativos à execução de dispositivos de escoamento das águas superficiais ou subterrâneas, para manter seca e sólida a infraestrutura da estrada.

**Dreno:** são valas fechadas (subterrâneas) com a função de captar o excesso de água na base da estrada.

**Eixo da estrada:** é a linha representada geometricamente à estrada, projetada no plano horizontal; em uma seção transversal. O eixo se resume a um determinado ponto.

**Eixo:** linha de referência, cujo alinhamento seqüencial projetado no plano horizontal define o traçado em planta, ou seja, a ele são referidos os elementos planialtimétricos da via.

**Entroncamento:** ocorre quando uma estrada recebe a inserção de outra ou se abre em duas ou mais, ou seja, recebe ou distribui o tráfego de duas ou mais estradas auxiliares, ou não.

**Erosões:** alterações na superfície causadas pelo vento ou água, geralmente através do transporte de materiais finos.

**Escarificador:** equipamento acoplado na traseira do trator que serve para fazer a ruptura das camadas do solo a uma determinada profundidade. A escarificação é a desagregação do material a ser trabalhado.

**Espigão:** são construções oblíquas destinadas a desviar uma corrente; divisores de água.

**Estabilização:** é o fato de modificar o estado físico da base da estrada com o uso de métodos mecânicos ou químicos como: compactação, drenagem ou uso de aglutinante.

**Estrada encaixada:** estrada cuja seção transversal apresenta forma de “U”, resultante do repetido rebaixamento do seu leito através do uso indiscriminado da motoniveladora.

**Estradas primárias:** são estradas de ligação entre o centro consumidor e a área de produção. Devem possuir melhor qualidade que as outras da região, possibilitando assim o tráfego pesado durante o ano todo.

**Estradas secundárias:** são aquelas de menor qualidade, normalmente implantadas nas áreas de produção e devem dar condições de tráfego para áreas de produção específicas, até se chegar às estradas primárias. Muitas vezes, não possibilita o tráfego normal o ano todo.

**Estradas terciárias:** não possuem revestimento algum e podem ser encontradas somente nas áreas de produção. Por serem de menor qualidade, normalmente são estradas de uso sazonal. Muitas vezes se confundem com os caminhos de máquina. A diferença básica é que neste tipo de estradas existe movimentação de terra, enquanto que nos caminhos de máquinas não há.

**Faixa de insolação:** é a faixa lateral a cada margem das estradas florestais que, normalmente, são desmatadas, a fim de possibilitar a penetração de raios solares no leito da estrada. Ela tem como função básica secar rapidamente a estrada após precipitações pluviométricas.

**Faixa intermediária:** é constituída pelo espaço existente entre as trilhas de roda.

**Fresagem:** desbaste da camada asfáltica por meios mecânicos.

**Greide encaixado:** é o greide da estrada que sofreu um afundamento da sua condição original por razões de uso inadequado dos equipamentos rodoviários, ou por condições

altimétricas de projeto, visando ao alcance de rampas em declividades enquadradas em determinados padrões.

**Greide:** perfil do eixo da pista referido à superfície acabada da estrada. Quando o perfil do eixo for referido à plataforma terraplanada, é especificado como greide de terraplanagem.

**Jusante:** o sentido para o qual correm as águas de uma corrente fluvial.

**Montante:** o sentido da nascente das águas.

**Motoniveladora (Patrola):** máquina destinada a efetuar a moldagem final da estrada (abaulamento, rampas, entre outros).

**Muro de arrimo:** é uma construção de blocos de pedra ou cimento, com a finalidade de reter um possível deslizamento do terreno acima do mesmo.

**Passagem molhada:** passagem de pequena profundidade executada no leito das estradas rurais e florestais, constituída por calha de concreto ou colchão drenante composto de pedra-de-mão sob a forma de enroscamento, no qual a função é conduzir as águas superficiais de um lado para outro da estrada.

**Pedra de mão:** pedra bruta quebrada à marrão, pedra que pode ser manuseada.

**Perfil:** linha que representa de forma contínua a situação altimétrica de um alinhamento sobre uma superfície plana.

**Pista de rolamento:** é a banda de rodagem por onde passam os pneus das composições dos veículos.

**Plasticidade:** é a capacidade de moldagem dos solos em relação a sua composição e teor de umidade.

**Plataforma:** parte da estrada compreendida entre os pés de corte e cristas de aterro, incluindo os dispositivos necessários à drenagem da pista (sarjetas, dissipadores de energia, bigodes, entre outros).

**Projeto geométrico:** é aquele que define detalhadamente o traçado de uma via.

**Raio de curvatura:** é o raio de cada curva a ser implantada na estrada florestal. O mesmo depende basicamente da composição veicular (largura, comprimento, distância entre eixos, entre outros) a ser utilizada na ocasião do transporte florestal.

**Rampa:** superfície lateral (geralmente inclinada) que resulta da conformação de uma seção de corte. A interseção dessa superfície com a plataforma denomina-se “pé-de-corte”.

**Rede viária florestal:** conjunto de estradas, interligadas entre si, com o objetivo de possibilitar o escoamento de matéria-prima produzida, sem levar em consideração a má qualidade.

**Retro-escavadeira:** é um equipamento hidráulico adaptado a um trator, que funciona com um braço móvel e tem por finalidade fazer escavações para drenagem.

**Revestimento:** tem a função de reduzir a rugosidade natural da estrada, assim como melhorar a capacidade de sustentação da mesma. É o material que recobre a base da estrada. Pode ser constituído de uma ou mais camadas. Normalmente, no Brasil, é usado rocha em decomposição ou pedra com granulometria fina.

**Saibro:** produto resultante da decomposição incompleta de rochas graníticas, formando uma mistura de material fino e grosseiro.

**Sarjeta:** área relativa aos bordos da pista de rolamento das estradas e destinada à condução das águas superficiais que contribuem à sua plataforma. É um rebaixamento nas laterais das estradas, normalmente pavimentado, através de pedras ou meias manilhas, que tem a função de retirar pequenas porções de água da estrada.

**Seção de vazão:** área útil de escoamento dos dispositivos de drenagem, superficiais, correntes ou especiais (pontes e pontilhões).

**Sedimentos:** depósitos formados por detritos carreados por um fluxo de água ou vento.

**Separação entre estradas:** é a distância encontrada entre duas estradas que podem ser da mesma categoria ou não. Ela é a medida perpendicular entre as estradas consideradas e sobre o terreno, levando-se em consideração a topografia do mesmo.

**Subleito:** maciço teoricamente infinito que serve de fundação a uma estrada.

**Superfície da estrada:** é a rugosidade existente na pista de rolamento.

**Talude:** é o barranco resultante nas laterais de base da estrada quando se fazem cortes ou aterros. A inclinação ideal do talude é calculada em função do material básico que é constituído (areia, saibro, rocha, entre outros).

**Terraceamento:** patamar construído em terreno inclinado, destinado a proteger o solo da ação das águas pluviais.

**Terraço:** porções de solo dispostas adequadamente em relação ao declive do terreno, cuja finalidade consiste em parcelar o comprimento de rampa, possibilitando a redução da velocidade da água e subdividindo o volume de deflúvio superficial para possibilitar sua

infiltração no solo, ou disciplinar o seu escoamento até um leito estável de drenagem natural.

**Terraplanar:** tornar um terreno plano, desaterrar.

**Terraplenagem:** conjunto de escavações, transporte e remoção de terra necessária para se construir em um terreno.

**Terraplenar:** é o ato de preparar um terreno.

**Traçado:** é a demarcação no terreno da linha mestra da futura estrada florestal.

**Trena:** instrumento que nos dá condições de medir distâncias diretamente. Deve ser graduada em metros e seus submúltiplos. Ela pode ser de metal, fibra de vidro, plástico ou tecido.

**Valeta:** é o canal aberto ao lado do leito das estradas, o qual tem a função de direcionar a água oriunda de precipitações e nascentes.