

CLASSIFICAÇÃO E CUSTOS DE ESTRADAS EM FLORESTAS PLANTADAS NA REGIÃO SUDESTE DO BRASIL¹

Eduardo da Silva Lopes², Carlos Cardoso Machado³ e Amaury Paulo de Souza³

RESUMO - A classificação de estradas florestais é essencial, pois permite o diálogo sem problemas de terminologia, dando subsídios ao planejamento que visa a implantação, conservação e avaliação das estradas existentes. Os objetivos deste trabalho foram elaborar uma classificação de estradas florestais, estimar seus respectivos custos de construção e aplicar esta classificação em uma empresa florestal brasileira. Através da combinação de índices de qualidade foram obtidos, de forma hierarquizada, 20 diferentes classes de estradas com a respectiva velocidade operacional do veículo de transporte e 120 diferentes tipos de estradas com seus respectivos custos de construção. Na região onde se realizou esta pesquisa, observaram-se três categorias de estradas: principais, secundárias e terciárias, cuja estimativa de custos de construção foi R\$ 9.050,00, R\$ 4.050,00 e R\$ 2.937,00/km, respectivamente.

Palavras-chave: Estradas florestais, classificação, custos e construção.

CLASSIFICATION AND COSTS OF FOREST ROADS

ABSTRACT - *The classification of forest roads is essential because it allows communication without terminology problems, providing subsidies to the planning, implementation, conservation and evaluation of the existing roads. The objective of this work was to elaborate a classification of forest roads and their respective construction costs and apply this classification to a Brazilian forest company. Through the combination of quality indexes, 20 different classes of roads were obtained with their respective transport vehicle operational speed and 120 different types of roads were obtained with their respective construction costs. In the area where this work was conducted, three categories of road were observed: main, secondary and tertiary, with construction cost estimate of R\$9050.00, R\$4050.00 and R\$2937.00/km, respectively.*

Key words: *Forest roads, classification, costs, construction.*

1. INTRODUÇÃO

As estradas florestais são as mais importantes vias de acesso às florestas, servindo para viabilizar o tráfego de mão-de-obra e os meios de produção, necessários para implantação, proteção, colheita e transporte dos produtos florestais (Machado, 1989). 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.

Na década de 80, estimava-se a extensão da malha rodoviária florestal brasileira em 600 mil quilômetros (Machado & Malinovski, 1986), podendo este número ter aumentado consideravelmente com o decorrer das novas ampliações das empresas florestais. Também, aumentaram nos últimos anos as exigências em termos de solicitações dessas estradas, devido ao aumento do volume de tráfego de veículos de alta tonelagem; ao aumento das distâncias de transporte em rodovias de baixa qualidade; à necessidade de trafegabilidade durante todo o ano; e à necessidade de estradas com maior vida útil. Por isto, o setor de estradas tem adquirido grande

¹ Recebido para publicação em 28.3.2001.

Aceito para publicação em 20.6.2002.

² Prof. da Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO, BR 153, Km 7, Riozinho, Caixa Postal, 21, 84500-000 Irati-PR. ³ Prof. do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, 36571-000 Viçosa-MG.

importância dentro do empreendimento florestal, uma vez que os custos do binômio estrada-transporte incidem, significativamente, sobre o valor final da madeira.

Comastri & Carvalho (1981) relataram que as estradas podem ser classificadas de acordo com a sua importância, o modo de construção e o material empregado. Segundo Machado (1989), existem 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 ele influencia os custos de construção, de manutenção e de transporte, especialmente através de suas geometrias horizontal e vertical, da qualidade da superfície da pista de rolamento e da largura. O padrão também influencia o desempenho energético dos veículos, a durabilidade dos pneus e a eficiência operacional dos veículos (Machado, 1989). Portanto, torna-se importante estabelecer um sistema de classificação de forma a permitir o diálogo sem problemas de terminologia e dar subsídios ao planejamento, visando a implantação, conservação e avaliação das estradas existentes.

Este trabalho teve como objetivos elaborar uma classificação com diferentes classes e tipos de estradas em florestas plantadas para a Região Sudeste do Brasil, estimar os seus respectivos custos de construção e aplicar esta classificação em uma empresa florestal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado com dados obtidos no mercado e em literaturas especializadas e os resultados foram posteriormente aplicados na Duratex S.A., empresa que produz madeira serrada para *Pallets*, *MDF* e *Flooring*, situada no município de Agudos, Estado de São Paulo. O projeto estudado está localizado entre as coordenadas 22°15' e 22°30' S e 48°45' e 49°00', em uma área total de 13.593 ha, dos quais em torno de 11.800 ha de efetivo plantio (Figura 1).

2.1. Critérios de Classificação de Estradas Florestais

Os critérios adotados para classificação das estradas florestais foram a combinação de alguns parâmetros de

qualidade que influenciam o desempenho dos veículos de transporte e os custos de construção, as quais foram subdivididas quanto à classe e quanto ao tipo de estrada.

Foram combinados os seguintes parâmetros de qualidade para identificação das estradas quanto à classe: geometria horizontal, largura e tipo de revestimento da superfície da pista de rolamento. As classes de estradas obtidas foram hierarquizadas da melhor para a pior, utilizando como referência o desempenho do veículo de transporte. Para tal, utilizou-se o sistema TRANSROAD, desenvolvido por Machado (1991), para simulação da velocidade média de um veículo 6X4 com 200 cv de potência e carregado com 20 toneladas de peso bruto total (PBT).

a) Geometria Horizontal

O índice de geometria horizontal (GH) é um fator calculado pela razão do raio médio de curvas de concórdância horizontal de um segmento variável de estrada e o número de curvas por quilômetro, através da seguinte expressão:

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

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

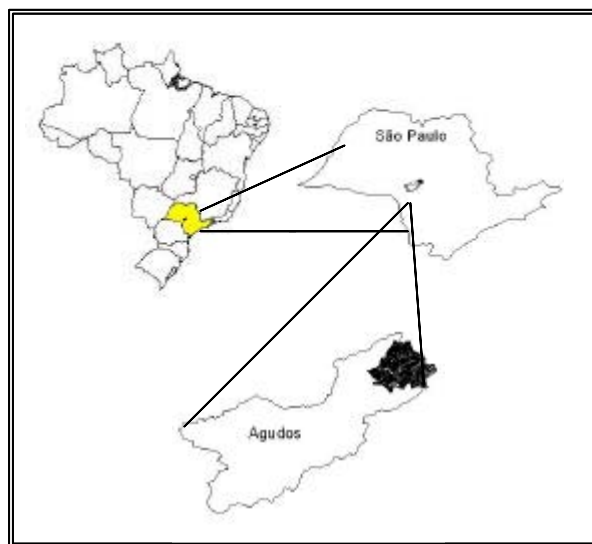


Figura 1 – Localização da região de estudo.
Figure 1 – Study area location.

Para classificar as estradas quanto ao índice de GH, utilizou-se a classificação subjetiva de Sessions & Sessions (1992), transformada para o sistema métrico (Quadro 1).

Quadro 1 – Classes de geometria horizontal
Table 1 – Subjective alignment classification

Classificação Subjetiva	Valor
Excelente	≥ 48
Boa	25 – 47
Média	10 – 24
Ruim	< 10

b) Largura

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

c) Superfície da Pista de Rolamento

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

Os critérios adotados para classificação, visando a obtenção dos custos de construção, foram a combinação dos seguintes parâmetros de qualidade: geometria horizontal, largura, tipo de superfície da pista de rolamento, relevo e tipo de solo do subleito da estrada. Os três primeiros foram os mesmos descritos anteriormente, enquanto para o greide e o tipo de solo de subleito procedeu-se da seguinte forma:

a) Greide

Os critérios de classificação quanto ao relevo foram convencionados em três tipos:

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

b) Solos de Subleito

Adotou-se a classificação “Highway Research Board” (HRB), dividindo-se os solos em dois grandes grupos (Senço, 1997):

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

2.2. Custo de Construção de Estrada Florestal

O custo de construção foi estimado para cada tipo de estrada, por meio do somatório dos custos das atividades envolvidas na construção: levantamento topográfico; limpeza e terraplanagem; drenagem; e pavimentação (revestimento primário ou asfáltico). As informações foram obtidas nas empresas prestadoras de serviços de construção de rodovias vicinais no Estado de Minas Gerais e no Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais (DER-MG).

a) Levantamento Topográfico

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

b) Limpeza e Terraplanagem

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

c) Drenagem

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

d) Pavimentação

Estes custos foram subdivididos em: pavimentação com revestimento primário (cascalho) obtido em jazida a uma distância média de 5 km e com 10 cm de espessura; e pavimentação com revestimento asfáltico, com espessura de 3 cm e base de 20 cm. Os custos de pavimentação

asfáltica foram estimados a partir de informações do DER-MG, considerando as seguintes atividades: regularização do subleito, escavação de material de jazida, revestimento primário, imprimação, pintura de ligação e concreto betuminoso usinado a quente, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Custos de pavimentação asfáltica
Table 2 – Asphalt pavement costs

Atividade	Unidade	Preço Unitário (R\$)
Regularização do subleito	m ²	0,59
Escavação de material de jazida	m ³	2,82
Revestimento primário	m ³	4,00
Imprimação	m ²	0,09
Pintura de ligação	m ²	0,26
Concreto betuminoso usinado a quente (CBUQ)	m ³	114,44

Fonte: DER-MG (1999).

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

2.3. Classificação das Estradas: Um Estudo de Caso

Foram consideradas todas as estradas da área de realização da pesquisa, sendo estas previamente agrupadas em três categorias: estradas principais, secundárias e terciárias. O procedimento para obtenção dos valores de GH, largura, tipo de superfície da pista de rolamento, greide e tipo de solo de subleito dentro de cada categoria foi:

a) Geometria Horizontal

Os índices de GH foram determinados pelo raio médio das curvas e o número de curvas por quilômetro, através de levantamento de campo. Para tal, foram utilizados de teodolito, mira e trena.

b) Largura

A largura foi obtida através de informações do banco de dados da empresa e por meio de levantamento de campo, para aferição.

c) Superfície de Rolamento

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

d) Greide

O greide das estradas foi determinado mediante informações obtidas na empresa.

e) Solo de Subleito

A determinação do tipo de solo de subleito foi feita através de ensaios geotécnicos, obedecendo às recomendações da NBR 6457/86. Para tal, efetuou-se a coleta de amostras, utilizando a carta de solos da empresa, que estava estratificava em seis perfis. Procedeu-se então à coleta de uma amostra dentro de cada categoria de estrada situada em cada perfil. Os ensaios geotécnicos foram realizados conforme descrito por Fernandes (2000):

- **Análise granulométrica conjunta:** Foi realizada na porção do solo que passou na peneira de número 10, obedecendo à norma NBR 7.181/82 - Solos.
- **Massa específica do solo:** Foi realizada em todas as amostras de solos, seguindo a norma NBR 6.508/80 - Determinação da massa específica dos grãos de solo.
- **Limites de Atterberg:** As determinações dos limites de liquidez (LL) e de plasticidade (LP) seguiram às normas NBR 6.459/84 e 7.180/94.
- **CBR:** A capacidade de suporte dos solos foi determinada através do índice de CBR, conforme procedimento recomendado pela norma NBR 9895/87.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Classificação das Estradas Florestais

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

3.1.1. Quanto à Classe

Mediante a combinação dos parâmetros de qualidade, foram obtidas, de forma hierarquizada, com base no desempenho do veículo de transporte (velocidade operacional), 20 diferentes classes de estradas florestais, as quais foram compiladas no Quadro 3, da melhor combinação para a pior.

Quadro 3 – Classes de estradas florestais
Table 3 – Forest road classes

Classe (n ^o)	Parâmetro de Qualidade		Velocidade (km/hora)
	GH	Largura/Superfície da Pista Rolamento	
1	Excelente	Pista dupla pavimentação asfáltica	80,0
2	Boa	Pista dupla pavimentação asfáltica	67,0
3	Média	Pista dupla pavimentação asfáltica	62,3
4	Ruim	Pista dupla pavimentação asfáltica	58,4
5	Excelente	Pista dupla revestimento primário	41,0
6	Excelente	Pista simples revestimento primário	38,8
7	Boa	Pista dupla revestimento primário	38,6
8	Média	Pista dupla revestimento primário	37,0
9	Boa	Pista simples revestimento primário	36,5
10	Ruim	Pista dupla revestimento primário	35,6
11	Média	Pista simples revestimento primário	34,3
12	Excelente	Pista dupla sem revestimento	33,0
13	Ruim	Pista simples revestimento primário	30,8
14	Boa	Pista dupla sem revestimento	30,3
15	Excelente	Pista simples sem revestimento	29,0
16	Média	Pista dupla sem revestimento	28,7
17	Ruim	Pista dupla sem revestimento	27,4
18	Boa	Pista simples sem revestimento	26,6
19	Média	Pista simples sem revestimento	24,3
20	Ruim	Pista simples sem revestimento	20,9

Nessa classificação não foram consideradas as estradas florestais que apresentam pista simples revestida com pavimentação asfáltica, por serem elas de difícil ocorrência no setor florestal.

3.1.2. Quanto ao Tipo

Através da combinação dos parâmetros de qualidade que influenciam a construção, obteve-se uma classificação com 120 tipos diferentes de estradas de possível ocorrência no setor florestal, conforme apresentado no Quadro 4. Como pode ser observado, as estradas com pista simples e pavimentação asfáltica não foram contempladas, em função de serem de difícil ocorrência.

3.2. Custos de Construção de Estradas Florestais

Com base nas atividades que fazem parte da construção: levantamento topográfico, limpeza e terraplanagem

da faixa estradal, drenagem e pavimentação, foram obtidos os valores de custos de construção para cada tipo de estrada obtida na classificação do Quadro 4. A variação nos valores de custos de construção ocorreu, principalmente, em função do greide, da largura e do tipo de revestimento da pista de rolamento.

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

Quadro 4 – Tipos de estradas florestais e respectivos custos de construção
Table 4 – Types of forest roads type and their respective construction costs

Tipo	Parâmetro de Qualidade				Atividade da Construção						Custo Total (R\$/km)
	GH	Solo Subleito	Greide	Largura/Tipo Pavimento	Lev. topog. (R\$/km)	Limp+ terrap. (R\$/km)	Drenagem (R\$/km)	Pavimentação (R\$/km)			
								Rev. Primário	Rev. Asfáltico	Sem Rev.	
1	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla pavimentada	720,00	1.530,00	1.800,00		40.160,40		44.210,40
2	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário	720,00	1.530,00	1.800,00	5.000,00	-	-	9.050,00
3	Excelente	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento	720,00	1.530,00	1.800,00	-	-	-	4.050,00
4	Excelente	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário	720,00	957,00	1.260,00	3.125,00	-	-	6.062,00
5	Excelente	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento	720,00	957,00	1.260,00	-	-	-	2.937,00
6	Boa	Finos	Plano	Pista dupla pavimentada	720,00	1.530,00	1.800,00		40.160,40		44.210,40
7	Boa	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário	720,00	1.530,00	1.800,00	5.000,00	-	-	9.050,00
8	Boa	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento	720,00	1.530,00	1.800,00	-	-	-	4.050,00
9	Boa	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário	720,00	957,00	1.260,00	3.125,00	-	-	6.062,00
10	Boa	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento	720,00	957,00	1.260,00	-	-	-	2.937,00
11	Média	Finos	Plano	Pista dupla pavimentada	720,00	1.530,00	1.800,00		40.160,40		44.210,40
12	Média	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário	720,00	1.530,00	1.800,00	5.000,00	-	-	9.050,00
13	Média	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento	720,00	1.530,00	1.800,00	-	-	-	4.050,00
14	Média	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário	720,00	957,00	1.260,00	3.125,00	-	-	6.062,00
15	Média	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento	720,00	957,00	1.260,00	-	-	-	2.937,00
16	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla pavimentada	720,00	1.530,00	1.800,00		40.160,40		44.210,40
17	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla revestimento primário	720,00	1.530,00	1.800,00	5.000,00	-	-	9.050,00
18	Ruim	Finos	Plano	Pista dupla sem revestimento	720,00	1.530,00	1.800,00	-	-	-	4.050,00
19	Ruim	Finos	Plano	Pista simples revestimento primário	720,00	957,00	1.260,00	3.125,00	-	-	6.062,00
20	Ruim	Finos	Plano	Pista simples sem revestimento	720,00	957,00	1.260,00	-	-	-	2.937,00
21	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentada	720,00	1.530,00	1.800,00		40.160,40		44.210,40
22	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário	720,00	1.530,00	1.800,00	5.000,00	-	-	9.050,00
23	Excelente	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento	720,00	1.530,00	1.800,00	-	-	-	4.050,00
24	Excelente	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário	720,00	957,00	1.260,00	3.125,00	-	-	6.062,00
25	Excelente	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento	720,00	957,00	1.260,00	-	-	-	2.937,00
26	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentada	720,00	1.530,00	1.800,00		40.160,40		44.210,40
27	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário	720,00	1.530,00	1.800,00	5.000,00	-	-	9.050,00
28	Boa	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento	720,00	1.530,00	1.800,00	-	-	-	4.050,00
29	Boa	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário	720,00	957,00	1.260,00	3.125,00	-	-	6.062,00
30	Boa	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento	720,00	957,00	1.260,00	-	-	-	2.937,00
31	Média	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentada	720,00	1.530,00	1.800,00		40.160,40		44.210,40
32	Média	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário	720,00	1.530,00	1.800,00	5.000,00	-	-	9.050,00
33	Média	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento	720,00	1.530,00	1.800,00	-	-	-	4.050,00
34	Média	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário	720,00	957,00	1.260,00	3.125,00	-	-	6.062,00
35	Média	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento	720,00	957,00	1.260,00	-	-	-	2.937,00
36	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla pavimentada	720,00	1.530,00	1.800,00		40.160,40		44.210,40
37	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla revestimento primário	720,00	1.530,00	1.800,00	5.000,00	-	-	9.050,00
38	Ruim	Granulares	Plano	Pista dupla sem revestimento	720,00	1.530,00	1.800,00	-	-	-	4.050,00
39	Ruim	Granulares	Plano	Pista simples revestimento primário	720,00	957,00	1.260,00	3.125,00	-	-	6.062,00
40	Ruim	Granulares	Plano	Pista simples sem revestimento	720,00	957,00	1.260,00	-	-	-	2.937,00
41	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentada	720,00	2.295,00	1.800,00		40.160,40		44.975,40
42	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	720,00	2.295,00	3.600,00	5.000,00	-	-	11.615,00
43	Excelente	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	720,00	2.295,00	3.600,00	-	-	-	6.615,00
44	Excelente	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário	720,00	1.435,00	2.520,00	3.125,00	-	-	7.800,00
45	Excelente	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento	720,00	1.435,00	2.520,00	-	-	-	4.675,00

Continua...
Continued...

Quadro 4, Cont.
Table 4, Cont.

Tipo	Parâmetro de Qualidade				Atividade da Construção						Custo Total (R\$/km)
	GH	Solo Subleito	Greide	Largura/Tipo Pavimento	Lev. topog. (R\$/km)	Limp+ terrap. (R\$/km)	Drenagem (R\$/km)	Pavimentação (R\$/km)			
								Rev. Primário	Rev. Asfáltico	Sem Rev.	
46	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentada	720,00	2.295,00	1.800,00		40.160,40		44.975,40
47	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	720,00	2.295,00	3.600,00	5.000,00	-	-	11.615,00
48	Boa	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	720,00	2.295,00	3.600,00	-	-	-	6.615,00
49	Boa	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário	720,00	1.435,00	2.520,00	3.125,00	-	-	7.800,00
50	Boa	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento	720,00	1.435,00	2.520,00	-	-	-	4.675,00
51	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentada	720,00	2.295,00	1.800,00		40.160,40		44.975,40
52	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	720,00	2.295,00	3.600,00	5.000,00	-	-	11.615,00
53	Média	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	720,00	2.295,00	3.600,00	-	-	-	6.615,00
54	Média	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário	720,00	1.435,00	2.520,00	3.125,00	-	-	7.800,00
55	Média	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento	720,00	1.435,00	2.520,00	-	-	-	4.675,00
56	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla pavimentada	720,00	2.295,00	1.800,00		40.160,40		44.975,40
57	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	720,00	2.295,00	3.600,00	5.000,00	-	-	11.615,00
58	Ruim	Finos	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	720,00	2.295,00	3.600,00	-	-	-	6.615,00
59	Ruim	Finos	Ondulado	Pista simples revestimento primário	720,00	1.435,00	2.520,00	3.125,00	-	-	7.800,00
60	Ruim	Finos	Ondulado	Pista simples sem revestimento	720,00	1.435,00	2.520,00	-	-	-	4.675,00
61	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentada	720,00	2.295,00	1.800,00		40.160,40		44.975,40
62	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	720,00	2.295,00	3.600,00	5.000,00	-	-	11.615,00
63	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	720,00	2.295,00	3.600,00	-	-	-	6.615,00
64	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário	720,00	1.435,00	2.520,00	3.125,00	-	-	7.800,00
65	Excelente	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento	720,00	1.435,00	2.520,00	-	-	-	4.675,00
66	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentada	720,00	2.295,00	1.800,00		40.160,40		44.975,40
67	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	720,00	2.295,00	3.600,00	5.000,00	-	-	11.615,00
68	Boa	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	720,00	2.295,00	3.600,00	-	-	-	6.615,00
69	Boa	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário	720,00	1.435,00	2.520,00	3.125,00	-	-	7.800,00
70	Boa	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento	720,00	1.435,00	2.520,00	-	-	-	4.675,00
71	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentada	720,00	2.295,00	1.800,00		40.160,40		44.975,40
72	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	720,00	2.295,00	3.600,00	5.000,00	-	-	11.615,00
73	Média	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	720,00	2.295,00	3.600,00	-	-	-	6.615,00
74	Média	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário	720,00	1.435,00	2.520,00	3.125,00	-	-	7.800,00
75	Média	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento	720,00	1.435,00	2.520,00	-	-	-	4.675,00
76	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla pavimentada	720,00	2.295,00	1.800,00		40.160,40		44.975,40
77	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla revestimento primário	720,00	2.295,00	3.600,00	5.000,00	-	-	11.615,00
78	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista dupla sem revestimento	720,00	2.295,00	3.600,00	-	-	-	6.615,00
79	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista simples revestimento primário	720,00	1.435,00	2.520,00	3.125,00	-	-	7.800,00
80	Ruim	Granulares	Ondulado	Pista simples sem revestimento	720,00	1.435,00	2.520,00	-	-	-	4.675,00
81	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	720,00	3.060,00	1.800,00		40.160,40		45.740,40
82	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	720,00	3.060,00	5.400,00	5.000,00	-	-	14.180,00
83	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	720,00	3.060,00	5.400,00	-	-	-	9.180,00
84	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	720,00	1.913,00	3.780,00	3.125,00	-	-	9.538,00
85	Excelente	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	720,00	1.913,00	3.780,00	-	-	-	6.413,00
86	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	720,00	3.060,00	1.800,00		40.160,40		45.740,40
87	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	720,00	3.060,00	5.400,00	5.000,00	-	-	14.180,00
88	Boa	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	720,00	3.060,00	5.400,00	-	-	-	9.180,00
89	Boa	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	720,00	1.913,00	3.780,00	3.125,00	-	-	9.538,00
90	Boa	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	720,00	1.913,00	3.780,00	-	-	-	6.413,00

Continua...
Continued...

Quadro 4, Cont.
Table 4, Cont.

Tipo	Parâmetro de Qualidade				Atividade da Construção						Custo Total (R\$/km)
	GH	Solo Subleito	Greide	Largura/Tipo Pavimento	Lev. topog. (R\$/km)	Limp+ terrap. (R\$/km)	Drenagem (R\$/km)	Pavimentação (R\$/km)			
								Rev. Primário	Rev. Asfáltico	Sem Rev.	
91	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	720,00	3.060,00	1.800,00	-	40.160,40	-	45.740,40
92	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	720,00	3.060,00	5.400,00	5.000,00	-	-	14.180,00
93	Média	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	720,00	3.060,00	5.400,00	-	-	-	9.180,00
94	Média	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	720,00	1.913,00	3.780,00	3.125,00	-	-	9.538,00
95	Média	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	720,00	1.913,00	3.780,00	-	-	-	6.413,00
96	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	720,00	3.060,00	1.800,00	-	40.160,40	-	45.740,40
97	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	720,00	3.060,00	5.400,00	5.000,00	-	-	14.180,00
98	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	720,00	3.060,00	5.400,00	-	-	-	9.180,00
99	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	720,00	1.913,00	3.780,00	3.125,00	-	-	9.538,00
100	Ruim	Finos	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	720,00	1.913,00	3.780,00	-	-	-	6.413,00
101	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	720,00	3.060,00	1.800,00	-	40.160,40	-	45.740,40
102	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	720,00	3.060,00	5.400,00	5.000,00	-	-	14.180,00
103	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	720,00	3.060,00	5.400,00	-	-	-	9.180,00
104	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	720,00	1.913,00	3.780,00	3.125,00	-	-	9.538,00
105	Excelente	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	720,00	1.913,00	3.780,00	-	-	-	6.413,00
106	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	720,00	3.060,00	1.800,00	-	40.160,40	-	45.740,40
107	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	720,00	3.060,00	5.400,00	5.000,00	-	-	14.180,00
108	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	720,00	3.060,00	5.400,00	-	-	-	9.180,00
109	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	720,00	1.913,00	3.780,00	3.125,00	-	-	9.538,00
110	Boa	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	720,00	1.913,00	3.780,00	-	-	-	6.413,00
111	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	720,00	3.060,00	1.800,00	-	40.160,40	-	45.740,40
112	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	720,00	3.060,00	5.400,00	5.000,00	-	-	14.180,00
113	Média	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	720,00	3.060,00	5.400,00	-	-	-	9.180,00
114	Média	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	720,00	1.913,00	3.780,00	3.125,00	-	-	9.538,00
115	Média	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	720,00	1.913,00	3.780,00	-	-	-	6.413,00
116	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla pavimentada	720,00	3.060,00	1.800,00	-	40.160,40	-	45.740,40
117	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla revestimento primário	720,00	3.060,00	5.400,00	5.000,00	-	-	14.180,00
118	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista dupla sem revestimento	720,00	3.060,00	5.400,00	-	-	-	9.180,00
119	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista simples revestimento primário	720,00	1.913,00	3.780,00	3.125,00	-	-	9.538,00
120	Ruim	Granulares	Montanhoso	Pista simples sem revestimento	720,00	1.913,00	3.780,00	-	-	-	6.413,00

3.3. Classificação e Custos de Construção de Estradas: Estudo de Caso

A Figura 2 mostra uma visão geral de todas as estradas da área de estudo, distribuídas segundo a categoria: estradas principais, secundárias e terciárias.

Utilizando a classificação de estrada elaborada, procedeu-se à sua aplicação em todas as categorias de estradas na região de realização da pesquisa. Devido à semelhança das estradas dentro de cada categoria, os resultados foram generalizados por meio de um valor médio para todas as estradas.

A classificação de estradas da região da pesquisa encontra-se no Quadro 5. De acordo com os resultados,

pode-se constatar que as estradas principais foram aquelas de melhor padrão de qualidade, devido, principalmente, às exigências de tráfego de veículos leves, pesados e extra-pesados. As estradas secundárias apresentaram um padrão de qualidade intermediário, onde a superfície de rolamento pôde ser considerada como parâmetro comprometedor, podendo impedir o tráfego de veículos em determinadas épocas do ano.

As estradas terciárias apresentaram um padrão de qualidade inferior, pois apresentam superfície da pista de rolamento sem qualquer tipo de revestimento e pista simples, podendo comprometer a trafegabilidade em determinadas épocas do ano, bem como o desempenho dos veículos de transporte.

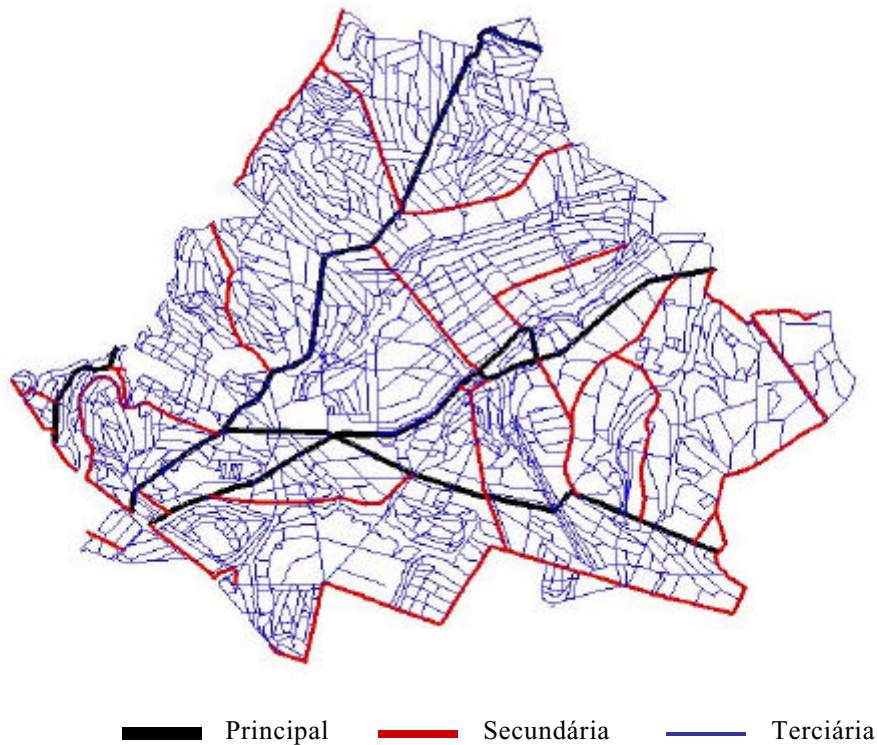


Figura 2 – Categorias de estrada florestal da área de estudo.
Figure 2 – Forest road categories in the study area.

Quadro 5 – Classificação das estradas florestais da área de estudo
Table 5 – Forest road classification in the study area

Fatore de Qualidade	Categoria de Estrada		
	Principal	Secundária	Terciária
Geometria horizontal	Excelente	Boa	Média
Superfície de rolamento	Revestimento primário	Sem revestimento	Sem revestimento
Solo de subleito	Granulares	Granulares	Granulares
Largura	Dupla	Dupla	Simple
Greide	Plano	Plano	Plano

O Quadro 6 apresenta os resultados da estimativa dos custos de construção para as categorias de estradas florestais de ocorrência na área de estudo.

Como pode ser observado, o custo de construção para as estradas principais foi mais elevado, pelo fato de elas receberem revestimento primário em toda a sua extensão, garantindo o tráfego de veículos de alta tonelage. As estradas secundárias apresentaram um custo

Quadro 6 – Custos de construção das estradas da área de estudo

Table 6 – Forest road construction costs in the study area

Categoria de Estrada	Custo de Construção (R\$/km)
Principal	9.050,00
Secundária	4.050,00
Terciária	2.937,00

Quadro 7 – Classes de estradas florestais e desempenho dos veículos de transporte na área de estudo
Table 7 – Forest road classes and transport vehicle performance in the study area

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

intermediário, uma vez que elas recebem revestimento em pontos específicos somente quando houver necessidade. As estradas terciárias apresentaram menor custo devido ao seu baixo padrão de construção e nível de tráfego, requerendo apenas reparos em pontos críticos quando do período chuvoso.

Quanto ao desempenho dos veículos de transporte nas três categorias de estradas encontradas, constata-se através do Quadro 7, que a velocidade média do veículo decresceu com o padrão de qualidade das estradas, o que pode contribuir para o aumento dos custos de transporte.

4. CONCLUSÕES

- A elaboração de um sistema de classificação de estradas florestais é importante para o planejamento do transporte, pois possibilita prever o desempenho dos veículos de transporte e os custos de construção, conservação e avaliação das estradas existentes.

- Na área de realização do estudo, as estradas principais apresentaram custo de construção mais elevado, fato este devido ao seu melhor padrão de qualidade, exigido pelo elevado volume de tráfego de veículos leves, pesados e extra-pesados durante todo o ano.

- De acordo com a classificação elaborada, as estradas principais, secundárias e terciárias da área estudo permitem uma velocidade média do veículo de transporte de 41,0 30,3 e 24,3 km/hora, respectivamente.

- Os custos de construção de uma estrada de melhor padrão (GH excelente, topografia plana, pista dupla e revestimento asfáltico) foram de R\$ 44.210,00/km, enquanto para uma estrada de pior qualidade (GH ruim, topografia montanhosa, pista simples e sem revestimento) foram de R\$ 6.413,00/km.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

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.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. **Elementos Básicos do Transporte Florestal Rodoviário**. Viçosa, MG. Editora UFV, 2000. 167 p.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. **Rede viária florestal**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1986. 157 p.

MACHADO, C. C. **TransRoad**. Viçosa, MG: 1991. (Software).

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

SESSIONS, J.; SESSIONS, J. B. **Scheduling and network analysis program: user's guide**. Seattle: University of Washington, 1992. 610 p.