

JOSÉ GERALDO MADERNA LEITE

A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE MADEIRA ROLIÇA ORIUNDA DE REFLORESTAMENTO

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Florestais, Área de Concentração Manejo Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Celso Carnieri

CURITIBA

2002



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias – Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Av. Lothário Meissner, 3400 – Jardim Botânico – CAMPUS III
80210-170 – CURITIBA – Paraná
Tel. (41) 360.4212 - Fax (41) 360.4211 – <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>
e-mail: pinheiro@floresta.ufpr.br

PARECER

Defesa nº 494

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o doutorando *JOSÉ GERALDO MADERNA LEITE* em relação ao seu trabalho de tese intitulado “A OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS DO TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE MADEIRA ROLIÇA ORIUNDA DE REFLORESTAMENTO”. É de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do acadêmico, habilitando-o ao título de *Doutor em Ciências Florestais*, na área de concentração em Manejo Florestal.

Dr. Celso Camieri

Curso de Pós-Graduação de Métodos e Numéricos em Engenharia da UFPR
Orientador e presidente da banca examinadora

Dr. Paulo Torres Fenner

Departamento de Recursos Naturais UNESP-Botucatu
Primeiro examinador

Dr. Eduardo Ratton

Departamento de Transportes da UFPR
Segundo examinador

Dr. Blás Enrique Caballero Nuñez

Departamento de Economia da UFPR
Terceiro examinador

Dr. Jorge Roberto Malinowski

Departamento de Ciências Florestais da UFPR
Quarto examinador

Curitiba, 13 de novembro de 2002.

Nivaldo Eduardo Rizzi

Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Franklin Galvão

Vice-coordenador

Aos meus pais Ismael e Saura, à
minha esposa Sílvia e aos nossos
filhos Alessandro, José Gustavo,
Patricia e Tassio.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Celso Carnieri, meu orientador, pelo constante apoio, incentivo, correções e orientações.

Ao Professor Dr. Jorge Roberto Malinovski, meu co-orientador, pelos ensinamentos tanto em sala de aula, seminários e simpósios como também no campo.

Ao Professor Dr. Blas Enrique Caballero Nuñez, também meu co-orientador, pelos inúmeros ensinamentos e orientações.

Aos Professores Dr. Dr. h.c. Gero Becker e Dr. Dr. h.c. Rolf Grammel diretores do Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft da Universidade de Freiburg, Alemanha, por todo apoio durante nossa estadia nesta universidade.

Aos professores Dr. Anadalvo Juazeiro dos Santos, Dr. Antonio Carlos Nogueira, Dr. Dartagnan Baggio Emerenciano, Dr. Flávio Felipe Kirchner, Dr. João Carlos Garzel Leodoro da Silva, Dr. Ricardo Berger, Dr. Roberto Tuyoshi Hosokawa, Dr. Sidon Keinert Junior, Dr. Sylvio Péllico Netto, Dra. Luzia Zamboni e Dra. Maria Terezinha Arns Steiner; das disciplinas cursadas, pelos inúmeros conhecimentos transmitidos.

Aos Professores Dr. Ivo Brandt, diretor do Setor de Tecnologia, pelo constante incentivo; Ms. Hamilton Costa Junior, Coordenador do Curso de Engenharia Civil, Ms. Lúcia Regina Montanhini, José Thomaz Mendes Filho e Gilza Fernandes Blasi Chefes do Departamento de Transportes durante o período do curso e a todos os demais professores do Departamento de Transportes pelo constante incentivo e apoio.

A todos os colegas, Ivan Crespo Silva, Nirlene Fernandes Cechin, Rafael e Ricardo Malinovski, Pedro Giovanni Lacowicz, Carla Camargo, Jorge Eduardo Wekerlin, Johannes Ressmann, Dagmar von Janowsky, Isabela Mehlin, Valquíria Celestino de Oliveira, José Sawinski Junior, Márcio Coraiola, Roberto Rochadelli, Márcio Torreão Interamnense, Nabor da Siveira Pio, Paulo de Tarso de Lara Pires, Ricardo Santos Filho, José de Lima Albuquerque, Paulo Ricardo Bittencourt Guimarães, Carlos Pacheco, Ramón Alejandro Friedl, José Beethoven Figueiredo Barbosa, Nei S. Braga Gomes, Nilton José Souza, Angélica Maria de Lima Cortês, Patricia Wielewski, Barbará Rocha Pinto Bonnet, Elisabeth Hildebrand, Ricardo Kureski, Ingrid Raquel Nielsen, Luiz Carlos Balcewicz, Eduardo Coutinho da Cruz, Alba Valéria, Debora Cristina, José Hilário, Sérgio Aparecido, Fabiano, Adilson, Paixão, Rómulo, Tania, Estefan, Alexandra

e vários outros, cujos nomes de momento me faltam, pela contribuição nos trabalhos escolares e convivência durante o curso.

Aos secretários do Curso de Pós-Graduação e do Departamento de Transportes, Reinaldo, Elionor, Soraia, Mariza, Antônio e Sinue sempre bastante atenciosos e prontos para colaborar em tudo.

As bibliotecárias Tania, Ester e Marlene do Curso de Engenharia Florestal, Eliane e Milena do setor de Tecnologia, Moema e Ester do Setor de Ciências Econômicas, pelas orientações e apoio na obtenção das referências bibliográficas.

Aos diretores, gerentes, engenheiros e demais funcionários das empresas florestais e de consultoria, pelos inúmeros dados e experiências práticas, sobretudo de campo que me foram repassadas.

A todos os que colaboraram direta ou indiretamente para a conclusão das disciplinas do curso e para que este trabalho pudesse ser concluído.

SUMÁRIO

		Pág.
	LISTA DE SIGLAS.....	viii
	LISTA DE ENTIDADES.....	x
	LISTA DE FIGURAS.....	xii
	LISTA DE GRÁFICOS.....	xiii
	LISTA DE QUADROS.....	xiii
	LISTA DE TABELAS	xiv
	RESUMO.....	xviii
	ABSTRACT.....	xix
1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	PROBLEMA.....	3
1.2	JUSTIFICATIVA.....	4
1.3	HIPÓTESES.....	5
1.4	OBJETIVOS.....	6
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1	DEMANDA DOS TRANSPORTES FLORESTAIS.....	8
2.2	ASPECTOS DE PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES E LOGÍSTICA.....	10
2.3	CONSIDERAÇÕES SOBRE OS VEÍCULOS DE TRANSPORTE.....	14
2.3.1	Características dos Veículos de Carga no Brasil.....	14
2.3.2	Características dos Veículos utilizados no Transporte Florestal.....	16
2.4	METODOLOGIAS PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DOS VEÍCULOS CONSIDERANDO CARACTERÍSTICAS DA VIA.....	22
2.4.1	Metodologia do HDM III.....	22
2.4.2	Outras metodologias de cálculo do custo de operação.....	33
2.5	CONSIDERAÇÕES SOBRE SISTEMA VIÁRIO - PLANEJAMENTO, CONSTRUÇÃO E CONSERVAÇÃO.....	35
2.5.1	Planejamento.....	35
2.5.2	Construção	40
2.5.3	Práticas de Conservação.....	47
2.6	ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE ESTRADAS CONSIDERANDO OS CUSTOS DE OPERAÇÃO DOS VEÍCULOS.....	50
2.6.1	Método do Custo Anual.....	54
2.6.2	Método do Valor Atual.....	55
2.6.3	Método da Taxa Interna de Retorno.....	56
2.6.4	Método de Benefício-Custo (B-C).....	57
2.6.5	Método da Relação Benefício-Custo (B/C).....	58
2.6.6	Método da Relação Incremental de Benefício-Custo ($\Delta B/\Delta C$).....	58
2.6.7	Método de Técnicas ou Critérios de Classificação.....	59
2.6.8	Método do Custo – Eficácia.....	60

2.7	ASPECTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS.....	61
2.7.1	Aspectos ambientais e sociais relacionados com a melhoria da rede viária florestal.....	64
2.7.2	Educação sócio-ambiental.....	73
3	MÉTODOS E MATERIAL.....	75
3.1	MÉTODO DO ESTUDO DE DEMANDA PROPOSTO COM BASE NO MODELO DE QUATRO ETAPAS.....	75
3.1.1	Fase de pesquisa.....	75
3.1.2	Fase de análise e elaboração de modelos.....	78
3.2	DEFINIÇÃO DO VEÍCULO DE TRANSPORTE.....	86
3.2.1	Definição e caracterização detalhada do problema.....	87
3.2.2	Identificação das diversas soluções possíveis.....	89
3.2.3	Avaliação de alternativas.....	96
3.2.4	Método Proposto para Dimensionamento da Frota de Veículos para o Transporte Florestal com Base no Conceito Econômico de Função de Produção.....	98
3.3	MÉTODO DE CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DOS CAMINHÕES CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS DA VIA.....	104
3.4	MÉTODOS PARA ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DAS MELHORIAS DE ESTRADAS FLORESTAIS.....	110
3.4.1	Considerações sobre Aspectos Financeiros, Ambientais e Políticos nos Estudos de Viabilidade.....	115
3.5	METODOLOGIA PARA CONTROLE DE ACIDENTES EM CRUZAMENTOS EM VIAS PRINCIPAIS.....	115
3.6	ESTUDO DE CASO - VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE ESTRADA FLORESTAL NO EXTREMO SUL DA BAHIA.....	120
3.6.1	Caracterização da Empresa.....	120
3.6.2	Projetos do Sistema Viário.....	120
3.6.3	Estudo de Viabilidade Técnica-Econômica.....	123
3.7	ESTUDO DE CASO - MELHORIA DA INFRAESTRUTURA VIÁRIA E DA OPERAÇÃO DOS TRANSPORTES EM FAZENDAS DE EMPRESA LOCALIZADA NO PLANALTO CATARINENSE.....	127
3.7.1	Caracterização das Fazendas e dos Trabalhos Executados.....	127
3.7.2	Dados da Malha Viária Estudada.....	129
3.7.3	Caracterização dos Transportes.....	132
3.7.4	Dados das Vias e dos veículos de transporte e cálculos gerais dos Custos de Operação.....	134
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	143
4.1	RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE ESTRADA FLORESTAL DE EMPRESA NO SUL DA BAHIA.....	143
4.2	RESULTADO DO ESTUDO DE CASO DE MELHORIA DA INFRAESTRUTURA VIÁRIA E DA OPERAÇÃO DOS TRANSPORTES EM EMPRESA DO PLANALTO CATARINENSE.....	149
4.2.1	Determinação dos Custos de Operação dos Veículos para os Segmentos da Malha Viária Considerada.....	149
4.2.2	Determinação dos Caminhos Mínimos.....	150

4.2.3	Alocação das Cargas na Malha Viária.....	157
4.2.4	Alocação de Viagens na Malha Viária.....	159
4.2.5	Custos de Operação Total da Malha Viária.....	168
4.2.6	Estudo de Viabilidade Técnica-Econômica de um segmento isolado.....	171
4.3	RESULTADOS DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO CONSIDERANDO A VARIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS ESTRADAS, TIPOS DE VEÍCULOS E CONDIÇÕES DE CARGA.....	181
5	CONCLUSÕES.....	199
6	RECOMENDAÇÕES.....	204
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	208
	ANEXOS.....	216
01	TABELAS PARA CÁLCULO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO.....	216
02	TABELAS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 1.....	220
03	TABELAS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 2.....	223

LISTA DE SIGLAS

AET – Autorização Especial de Trânsito.

CA ou CAUE – Custo anual uniforme equivalente.

DAP – Diâmetro das árvores, medido à “altura do peito”.

EIA – Estudo de Impacto Ambiental.

ELV – Empresa Locadora de Veículos . Classificação do RTB.

ETC – Empresa de Transporte de Carga. Classificação do RTB.

GPS -

HDM – The Highway Design and Maintenance Standards Model. (Modelo para Projeto de Rodovias e Padrões de Manutenção).

IPA – Instruções de proteção ambiental para o sistema viário.

IRI – Índice de Irregularidade Internacional ou Índice de Rugosidade Internacional.

LI – Licença de instalação.

LO – Licença de operação.

LP – Licença prévia.

MFS – Manejo de florestas sustentável (SFM-Sustainable forest management)

PBAR – Projeto básico ambiental rodoviário.

PBTC – Peso bruto total carregado da composição.

PCA – Plano de controle ambiental.

PICR – Pesquisa sobre o Inter-relacionamento dos Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias.

PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento.

PRAD – Plano de recuperação de áreas degradadas.

PROBRAL – Projeto de Avaliação e Reestruturação de Sistemas Viários Florestais (em realização pelas Universidades Albert-Ludwigs-Universität

Freiburg – Alemanha, Universidade Federal do Paraná e Universidade Estadual Paulista).

PROVIAL – Programa para melhoria de rodovias do IPC.

QSB – Quantitative Systems for Business.

RCNT – Regulamento do Código Nacional de Trânsito.

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental.

RTB – Registro de Transportadores de Bens do DNER.

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

TCA – Transportador de Carga Autônomo. (Classificação do RTB).

TCP – Transportador de Carga Própria. (Classificação do RTB).

TIR – Taxa Interna de Retorno. (Usada para avaliação econômica de projetos).

TMA – Taxa de Juros de Mínima Atratividade.

TNET – Conjunto de programas de computador usados para projeção da demanda de tráfego de veículos nas redes viárias. Programas desenvolvidos pelo ITTE . A primeira versão dos programas foi apresentada como “Traffic Estimation Computer Programs for Educational Purposes” (Programas de Computador para Previsão de Tráfego com Finalidade Educativa), em Curso ministrado por Wolfgang S. Homburger, na Universidade da Califórnia, Berkeley, Estados Unidos, 1972.

VAUE – Valor anual uniforme equivalente.

VPL – Valor presente líquido. Usado para avaliação econômica de projetos.

ENTIDADES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres (Ex-GEIPOT).

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente.

CONTRAN - Conselho nacional de trânsito.

BID – Banco Interamericano de Desarrollo. (Banco Interamericano de Desenvolvimento).

BIC – Battistella Indústria e Comércio Ltda. (Empresa do Conglomerado Battistella). Rio Negrinho, Santa Catarina.

BIRD – World Bank. International Bank for Reconstruction and Development (Banco Mundial).

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior.

CNT – Confederação Nacional dos Transportes.

DAER/RS – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Rio Grande do Sul.

DER/PR – Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná.

DNER – Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (atual DNIT).

DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. (Ex- DNER).

FESA – Forest Engineering Working Group (Grupo de Trabalho em Engenharia Florestal).

FUPEF – Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná.

FAO – “Food and Agriculture Organization of The United Nations”. (Organismo das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura).

FHA – “Federal Highway Administration” (Administração Federal de Rodovias) “U.S. Department of Transportation” (Departamento de Transportes dos Estados Unidos).

FSC – Forest Stewardship Council (Conselho de Manejo Florestal).

GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (atual ANTT).

IAP – Instituto Ambiental do Paraná.

IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IDAQ – Instituto de Desenvolvimento, Assistência Técnica e Qualidade em Transporte.

IFFA - Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft – (Instituto para Uso Florestal e Ciência do Trabalho Florestal) Universidade Albert-Ludwigs, Freiburg im Breisgau, na Alemanha.

IPEA – Instituto de Pesquisa Socio-Econômica Aplicada.

IPC -Instituto Panamericano de “Carreteras” ou Instituto Pan-americano de Rodovias.

ISO – International Standard Organization (Organização de padrões internacionais).

ITE – Institute of Transportation Engineers. (Instituto dos Engenheiros de Transportes).

ITTE - Institute of Transportation and Traffic Engineering. (Instituto de Transportes e de Engenharia de Tráfego).

OEA - Organization of American States (Organização dos Estados Americanos).

SAE - Secretariat d’Etat Aux Affaires Etrangeres Charge de la Cooperation. (Secretaria de Estado das Atribuições no Exterior Encarregada da Cooperação) .

TRB – Transportation Research Board. (Entidade de Pesquisa em transportes).

TRDF - Texas Research and Development Foundation (Fundação de Pesquisa e Desenvolvimento do Texas).

UFPR – Universidade Federal do Paraná.

SAF – Society of American Foresters (Sociedade dos Proprietários de Florestas Americanas).

SENAT - Serviço Nacional de Aprendizagem do Transporte.

SEST - Serviço Social do Transporte.

LISTA DE FIGURAS

Figura No.	Título	Página
1	Atividades da Otimização dos Transportes.....	7
2	Seqüência do Planejamento da Rede Viária.....	40
3	Fluxograma do Processo de Planejamento do Sistema Viário.....	71
4	Processo de Planejamento de Vias de Transporte.....	76
5	Mapa da Área Florestal estudada com o Sistema Viário existente, principais Obstáculos Naturais e Áreas Homogêneas.....	77
6	Sistema Viário Estilizado Mostrando o “Caminho Mínimo” entre a Área “1” e todas as demais interseções.....	85
7	Tipos de Veículos de Transporte Florestal Considerados.....	94
8	Mapa Rodoviário da empresa da Bahia.....	122
9	Foto do Veículo de Transporte Tipo Previsto para uso na empresa da Bahia.....	125
10	Veículo de Transporte tipo previsto para uso na empresa da Bahia.....	126
11	Mapa das Fazendas do Planalto Catarinense.....	128
12	Sistema Viário Considerado (no. de vias).....	133
13	Foto do Veículo de Transporte usados nas fazendas da empresa do Planalto Catarinense.....	137
14	Caminhos Mínimos considerando Custos de Operação	156

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico No.	Título	Página
1	Função de Produção Aplicada ao Transporte Florestal.....	103
2	Resultados Gráficos do Método de Curvas Isoquantas	114
3	Perfil Longitudinal Parcial da Estrada P7-T3 (Bahia)....	123
4	Perfil e Alternativas de Greide entre nós 26 e 29.....	174
5	Variação do Custo de Operação com o IRI.....	188
6	Variação do Custo de Operação por "t" com o IRI.....	189
7	Variação do Custo de Operação com a Rampa Positiva.	190
8	Variação do Custo de Operação por "t" com a Rampa Positiva.....	191
9	Variação do Custo de Operação com Rampa Negativa..	192
10	Variação da Velocidade dos Veículos com Variação da Rampa Positiva.....	198

LISTA DE QUADROS

Quadro No.	Título	Página
1	Frota de Caminhões por Tipo.....	15
2	Características Técnicas de Estradas Florestais.....	39
3	Critérios para Avaliação de Alternativas.....	59
4	Exemplo dos Componentes de um Sistema de Gestão Ambiental	72
5	Código de Conduta – Dez Mandamentos do Colaborador.....	73
6	Crachá para encarregados e operadores de Equipamentos	74

LISTA DE TABELAS

Tabela No.	Título	Página
1	Origem e Destino dos Volumes Médios Diários Atuais de Viagens conforme Áreas Homogêneas, Indústrias de Destino e Instalações da Empresa.	80
2	Produção Futura em Termos de Volumes Médios Diários de Viagens das Áreas Homogêneas.	80
3	Fatores de Crescimento das Áreas Consideradas.	82
4	Origem e destino dos Volumes Médios Diários Futuros de Viagens conforme Áreas Homogêneas, Indústrias de Destino e Instalações da Empresa - 1a. iteração.	82
5	Origem e destino dos Volumes médios Diários Futuros de Viagens conforme Áreas Homogêneas, Indústrias de Destino e Instalações da Empresa - 2a. iteração.	83
6	Algoritmo de Moore para obtenção do "Caminho Mínimo" a partir do Centróide da área "1" para todas as demais interseções.	86
7	Pesos Máximos por eixo dos Veículos para efeito de Cobrança de Multas e Transbordo no caso de excesso de Carga – Lei da Balança.....	90
8	Características de Tipos de Veículos utilizados no Transporte Florestal.....	91
9	Variação da Utilização do Veículo em Função da Velocidade Operacional e do Percurso.....	92
10	Características atribuídas às Vias para Cálculo dos Custos de Operação.....	106
11	Características dos Veículos para Cálculo dos Custos de Operação.....	108
12	Coefficientes Adicionais atribuídos pelo Modelo HDM III no Cálculo dos Custos de Operação.....	110
13	Relação Prioritária de Vias Principais e Secundárias conforme Meta Desejada (toneladas x km/dia).....	113
14	Distância de Visibilidade Mínima em Interseção em Função da Velocidade Diretriz da Via Principal para Caminhões Pesados.....	117
15	Coefficiente de Atrito para Pavimento em Asfalto Molhado (ITTE).....	118
16	Distância de Visibilidade de Parada para Caminhões Pesados considerando variações de Greide.....	118
17	Resumo dos Alinhamentos Vertical e Horizontal da P-7-T3 E Orçamento Total - Projeto Original.....	124
18	Resumo dos Alinhamentos Vertical e Horizontal da P-7-T3 E Orçamento Total - Projeto Nova Alternativa....	125
19	Custos de Operação em Rampa Positiva para Veículo Carregado, Veículo Tipo 7 – Carreta C.....	138
20	Custos de Operação em Rampa Negativa para Veículo	

	Carregado, Veículo Tipo 7 – Carreta C.....	139
21	Custo de Operação em Rampa Positiva, para Veículo Vazio, Veículo tipo 7 – Carreta C..	140
22	Custo de Operação em Rampa Negativa, para Veículo Vazio, Veículo tipo 7 – Carreta C.....	141
23	Custos de Operação por Veic.Km para o Projeto 7 – Trecho 3, variando Traçado e Carga do Veículo Tipo....	143
24	Diferença de Custos de Construção conforme Traçados Projeto 7 Trecho3.....	144
25	Estudo de Viabilidade (Valor Presente) devido a Novo Greide – Projeto P-7 Trecho T-3.....	144
26	Custos de Operação por Veic.Km para o Projeto 7 – Trecho 3, Variando o “IRI” e Carga do Veículo Tipo	145
27	Estudo de Viabilidade Econômica (Valor Presente) com a Melhoria da Superfície de Rolamento - Projeto P 7 – Trecho T 3.....	146
28	Variação dos Custos de Operação conforme a Idade em Km do Veículo Tipo – Projeto P-7, Trecho 3. (Veículo Carregado)	146
29	Variação dos Custos de Operação por Km, conforme a Rampa Média de Subida, para o Veículo Tipo – Projeto P-7, Trecho 3. (Veículo Carregado)	147
30	Benefícios em Valor Atual devido às Reduções de Custo de Operação obtidas com a melhoria do IRI para veículo carregado em função da taxa de juros.....	148
31	Rampas das Estradas das Fazendas 1 e 2 e Custos de Operação para o Veículo Usado (tipo 7 – Carreta 3), Carregado e Vazio.....	151
32	Distâncias e Custos de Operação mínimos, para o Veículo Carregado e Vazio de Cada um dos Nós até a Fábrica.....	155
33	Nós para os quais existe diferenças de Percurso ao Considerar-se as Distâncias Mínimas ou os Custos de Operação Mínimos para o Veículo Considerado (Carreta 3) Carregado e/ou Vazio.....	157
34	Relação dos Nós com Fazenda, Talhão e Número de Viagens carregadas com origem no Nó Considerado correspondentes ao 2º desbaste.....	160
35	Produções Estimadas para as Fazendas em Toneladas	161
36	Produções Estimadas para as Fazendas (número de viagens só carregadas).....	162
37	Viagens Acumuladas nos Nós para todos os Desbastes e corte raso nas Fazendas 1 e 2 para Veículos Carregados e Vazios.....	164
38	Viagens Acumuladas nos Nós para todos os Desbastes e corte raso nas Fazenda 1 – Talhões 9 e 10 (plântio 1995) para Veículos Carregados e Vazios.....	165
39	Viagens Acumuladas nos Nós para todos os Desbastes e corte raso incluindo as viagens geradas pelas áreas	

	plantadas em 1995 nas Fazendas 1 e 2 para Veículos Carregados e Vazios.....	167
40	Resumo dos Custos de Operação Totais-Veículos Vazios e Carregados para toda a Malha Viária Estudada,.....	170
41	Valor Presente dos Custos de Operação Totais em 2000,.....	171
42	Dados do Perfil do Terreno Natural – Estrada Principal no. 5.....	172
43	Número de Viagens Acumuladas de Veículos Carregados e Vazios passando no Trecho em estudo conforme Anos de Colheita.....	172
44	Custos Unitários dos Serviços para Alteração do Greide entre os Nós 26 e 29.....	173
45	Alternativas de Perfil para Trecho da Estrada Principal no. 5 entre Nós 26 (T1) e 29 (X).....	174
46	Volumes de Aterros conforme Alternativas de Greide...	177
47	Custos de Construção de Terraplenagem.....	177
48	Inclinações de Rampas consideradas e Custos de Operação do Veículo Carregado e Vazio.....	178
49	Custos de Operação no Trecho, conforme Alternativas para uma Viagem (ida e volta).....	179
50	Resumo dos Custos de Operação de Implantação de Terraplenagem e Operação Unitária conforme a alternativa.....	179
51	Custos de Operação Total dos Veículos para Alternativa “b”.....	179
52	Custos de Operação Totais dos Veículos Alternativa “f”	180
53	Valor Presente para os Custos de Operação Totais, conforme a Taxa de Juros adotada.....	180
54	Variação dos Custos de Operação com a Variação do IRI (m/km).....	188
55	Variação dos Custos de Operação por Tonelada conforme Tipos de Veículos e IRI	189
56	Variação dos Custos de Operação com a Variação da Rampa Positiva (+%).....	190
57	Variação dos Custos de Operação por Tonelada com a Variação da Rampa Positiva (+%).....	191
58	Variação dos Custos de Operação com a Variação da Rampa Negativa (-%).....	192
59	Variação dos Custos de Operação conforme a Variação das Curvas Horizontais (Graus/km).....	193
60	Variação dos Custos de Operação do Veículo 1 (Caminhão 4 x 2) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	193
61	Variação dos Custos de Operação do Veículo 2 (Caminhão 6x2) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	194
62	Variação dos Custos de Operação do Veículo 3 (Biminhão) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa	

	Positiva(+%).....	194
63	Varição dos Custos de Operação do Veículo 4 (Treminhão) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	194
64	Varição dos Custos de Operação do Veículo 5 (Carreta 1) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	195
65	Varição dos Custos de Operação do Veículo 6 (Carreta 2) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	195
66	Varição dos Custos de Operação do Veículo 7 (Carreta 3) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	195
67	Varição dos Custos de Operação do Veículo 8 (Bitrem) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	196
68	Varição dos Custos de Operação do Veículo 9 (Tritrem) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	196
69	Varição dos Custos de Operação do Veículo 10 (Rodotrem) com Variação do IRI (m/km) e da Rampa Positiva(+%).....	196
70	Varição da Velocidade dos Tipos de Veículos com a variação da Rampa Positiva.....	197
71	Valores dos Custos de Operação por Tonelada segundo Machado (1989) e HDM III.....	197

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo principal minimizar os custos dos transportes na colheita de reflorestamentos, dando ênfase aos aspectos operacionais para a definição das características técnicas das estradas. Para isso, são abordados tanto particularidades referentes aos veículos como às estradas. Na revisão da literatura e métodos são considerados sete itens principais: 1) definição dos volumes de transporte, ou seja, da demanda; 2) aspectos operacionais; 3) escolha do veículo de transporte; 4) cálculos de custos de operação dos veículos de carga; 5) planejamento, construção e conservação das vias; 6) estudos de viabilidade econômica e 7) aspectos ambientais e sociais incluindo características dos motoristas. Estes itens são utilizados para se obter a minimização dos custos de transporte, definindo o tipo de veículo mais apropriado; percursos mínimos a serem realizados pelos veículos carregados e vazios como também as melhorias construtivas e de conservação do sistema viário que proporcionem os maiores ganhos econômicos. A escolha das alternativas de melhorias do sistema viário é relacionada com a realização do transporte florestal de forma otimizada. As metodologias e práticas selecionadas são aplicadas na redução dos custos totais de transporte, existentes na colheita de madeira, em dois estudos de caso, em áreas reflorestadas situadas no sul da Bahia e na região do planalto norte catarinense. Verifica-se a aplicação da Metodologia HDM III (Modelo para Projeto de Rodovias e Padrões de Manutenção) calculado-se custos de operação para dez tipos de composições de veículos de carga, utilizadas no transporte de toras de madeira reflorestada; são simuladas diferentes condições para inclinações de rampas, raios de curvas horizontais e condições de superfície das vias dadas pelo IRI (Índice de Irregularidade Internacional). No estudo da demanda, é considerada a metodologia do modelo de quatro etapas (geração, distribuição, divisão modal e alocação); aplicando-se aos transportes florestais métodos utilizados para transportes em geral. As características construtivas das vias definem os custos de operação dos tipos de veículos; desta forma é possível otimizar tanto a escolha do veículo como o percurso para o transporte. As técnicas de realização dos transportes, incluindo a definição dos segmentos viários a serem melhorados, tipos de veículos e aspectos de vida econômica são considerados tendo em vista sua importância nos custos totais. Constata-se que os benefícios da utilização das metodologias propostas pelas empresas florestais consistem em 1) definição da demanda do transporte de toras reflorestadas, 2) cálculo dos custos de operação dos veículos, 3) escolha entre alternativas de tipos de veículos, 4) definição de percursos otimizados e 5) definição dos locais prioritários para implantação de melhorias nas estradas florestais. Utilizando-se as metodologias propostas, as atividades de transporte florestal em reflorestamentos, apresentam custos totais menores, desde que os custos de operação sejam considerados em conjunto com os custos de construção e de conservação. Além disso, o setor de transportes florestais passa a conhecer os ganhos possíveis de suas atividades, o que facilita a obtenção de recursos e a valorização de seus trabalhos.

ABSTRACT

This work has as main objective to minimize the costs of the transports in the crop of reforestations, giving emphasis to the operational aspects for the definition of the characteristics techniques of the highways. For that, so much referring particularities are approached to the vehicles as to the highways. In the revision of the literature and methods seven main items are considered: 1) definition of the transport volumes, in other words, of the demand; 2) operational aspects; 3) definition of the transport vehicle; 4) costs of operation of load vehicles; 5) planning, construction and conservation of the roads; 6) studies of economical viability and 7) environmental and social aspects including the drivers' characteristics. These items are used to obtain the minimum transport costs, defining the type of more appropriate vehicle; minimum path to be accomplished by loaded and empty vehicles as well as the constructive improvements and of conservation of the road system that provide the largest economical earnings. The choice of the alternatives of improvements of the road system is related with the accomplishment of the forest transport in an optimized way. The methodologies and selected practices are applied in the reduction of the total costs of transport, existent in the wood crop, in two case studies, in areas reforested located in the south of Bahia and in the area of the plateau north catarinense. The application of the HDM III (The Highway Design and Maintenance Standards Model) Methodology is verified by the calculation of operation costs for ten types of compositions of load vehicles, used in the transport of reforested wood; different conditions are simulated for inclinations of ramps, rays of horizontal curves and conditions of surface of the roads given by IRI (International Roughness Index). In the study of the demand, the methodology of the model of four stages is considered (generation, distribution, modal split and allocation); being applied to the transports forest methods used in general for transports. The constructive characteristics of the roads define the costs of operation of the types of vehicles, in this way it is possible to optimize the choice of the vehicle and the route for the transport. The techniques of accomplishment of the transports, including the definition of the road segments to be improved, the types of vehicles and aspects of economical life are considered due to their importance in the total costs. It is verified that the benefits of the use of the methodologies proposed by the forest companies consist of 1) definition of the demand of the transport of reforested wood, 2) calculation of the costs of operation of the vehicles, 3) choice among alternatives of types of vehicles, 4) definition of optimized routes and 5) definition of the priority places for implantation of improvements in the forest highways. Being used the proposed methodologies, the activities of forest transport in reforestations, present smaller total costs, since the operation costs are considered together with the construction costs and of conservation. Besides, the section of transports forest can know the possible earnings of their activities, what facilitates the obtaining of resources and the valorization of their works.

1 INTRODUÇÃO

A malha viária brasileira, segundo o Anuário Estatístico dos Transportes, elaborado pelo GEIPOT (2000), considerando somente as rodovias federais, estaduais e municipais, corresponde a um total de 1.658.677 km de rodovias, dos quais, a grande maioria, 1.507.841 km não possui pavimento definitivo.

Segundo MACHADO e MALINOVSKI (1987) as estradas florestais tem extensão superior a 600 mil quilômetros em cerca de 6,6 milhões de hectares de florestas plantadas, com densidade média de 90,9 metros lineares de estradas por hectare. A racionalização da construção, conservação e manutenção das estradas florestais é considerada fundamental por estes autores.

Neste trabalho procurou-se conceitos e metodologias que se aplicassem à melhoria dos transportes florestais de forma integrada, considerando a operação dos veículos conforme as características físicas das estradas florestais. Desta forma procura-se minimizar o custo total da madeira entregue nos destinos. Neste custo total consideram-se os custos pagos ou despendidos no transporte e os custos para a construção de melhorias e manutenção das vias.

Considera-se as estradas já implantadas, em reflorestamentos e examina-se as melhorias recomendadas para a fase de colheita das toras de madeira.

Para alcançar os objetivos propostos, o trabalho desenvolve-se segundo os sete itens seguintes: demandas, aspectos de planejamento e logística, os veículos, custo de operação, sistema viário, estudos de viabilidade e aspectos sociais e ambientais.

Para cada um destes itens, analisa-se além das metodologias e aspectos do transporte florestal outras metodologias e aspectos do transporte urbano urbano, de transporte de cargas e da melhoria de estradas em geral, que quando ajustados, auxiliam nas decisões do setor florestal. São aplicados modelo de Quatro Etapas para estudos de demanda, problema de Transporte de pesquisa operacional, Função de Produção, metodologias de cálculo de custo de operação, práticas construtivas, método de avaliação de investimentos de Curvas de Indiferença e estudos de acidentes.

As aplicações práticas correspondem a dois estudos de casos um em segmento isolado e outro em uma¹ malha viária completa. A escolha dos segmentos das estradas a serem melhorados para facilitar o transporte da colheita, com a definição das características físicas desejáveis, é feita considerando-se alternativas viáveis sob aspectos: técnicos, econômicos, ambientais e sociais.

Os custos das melhorias das estradas florestais são tomados como investimentos, ou seja, visando lucros. Os custos de melhoria e conservação das estradas devem proporcionar reduções ou ganhos nos custos operacionais dos veículos.

Considera-se custos e benefícios incrementais, ou seja, a implantação das melhorias físicas poderá custar mais cara, desde que ocorram reduções ainda maiores nos custos de operação dos veículos.

Complementa-se o conceito de que “o greide mais conveniente é o que acarreta o menor movimento de terra”, conforme COLÉGIO FLORESTAL DE IRATI¹ (1986). Este conceito é válido para as estradas de baixo volume de tráfego, caso bastante comum nas estradas florestais, mas que não pode ser generalizado para as estradas principais onde ocorra uma concentração dos volumes de tráfego, o que é encontrado nas proximidades dos destinos das toras de madeira reflorestada.

A definição da melhoria da rede viária inicia-se com a previsão, em cada um dos segmentos, dos volumes de madeira e da época em que esses volumes serão transportados, de forma a determinar-se os custos operacionais que juntamente com os custos de construção e manutenção das vias, formarão o fluxo de caixa do projeto.

A rede viária já implantada na época do plantio é melhorada na fase de início da colheita considerando melhorias do traçado e do revestimento da superfície. Inclinações de rampas e raios de curvas que proporcionam os menores custos totais para as empresas são adotados. São considerados também os custos e benefícios da conservação obtidos na redução das irregularidades superficiais.

O conhecimento dos custos totais previstos para as diferentes alternativas de melhorias de cada segmento das vias, por parte das empresas, justificará as características técnicas de construção e conservação dos mesmos.

¹ Colégio Florestal de Irati. **Manual do Técnico Florestal**. Irati, 1986, volume II, pág. 386

1.1 PROBLEMA

A SAAB-SCANIA (1993) em sua publicação sobre os custos operacionais, comenta que grande parte do transporte rodoviário nacional é feito com custos acima do desejável, principalmente devido as condições inadequadas de operação dos veículos e das vias.

As metodologias de previsão dos volumes de tráfego e de cálculo dos custos de operação dos veículos, por segmento de via, são utilizadas para estudar projetos de melhoria de vias urbanas e rurais, visando sobretudo a eliminação dos congestionamentos. Estas mesmas metodologias não poderiam ser aplicadas para a definição dos projetos de melhoria da malha viária de reflorestamentos?

Estradas florestais implantadas e melhoradas nas épocas de colheita da madeira, sem um adequado estudo de viabilidade técnico-econômico que leve em conta a minimização dos custos totais encarecem os custos finais das toras de madeira reflorestada entregues nas indústrias?

O custo operacional dos caminhões pesados usados na colheita de madeira apresentam elevada variação em função das condições da estrada?

O abastecimento de uma fábrica de papel, pode necessitar de mais de 5.000 toneladas diárias de madeira, ou seja, cerca de 200 viagens de caminhões pesados por dia, cerca de 70.000 viagens por ano. Neste caso, uma redução de R\$ 2,00 por km nos custos operacionais dos veículos, representaria cerca de R\$ 140.000,00 por km, por ano (valores de 09/2000). Estes números não justificariam até mesmo a pavimentação definitiva da via principal de acesso à fábrica? Este investimento não teria uma elevadíssima taxa interna de retorno?

As reduções dos custos de operação para veículos pesados devido às melhorias viárias são muito significativas. O conhecimento destes benefícios não justificaria gastos adicionais, tanto na melhoria como na manutenção das vias usadas para o transporte da colheita de madeira nos reflorestamentos?

Uma via com superfície regularizada, com baixo valor do IRI (Índice de Irregularidade Internacional), conduz a elevada redução dos custos de operação dos veículos pesados. Nos reflorestamentos o patrolamento e a melhoria da superfície das estradas principais na época certa, não poderia gerar altos benefícios, principalmente nas vias percorridas por muitos veículos?

Determinar onde é mais econômico aplicar recursos financeiros para reduzir a inclinação das rampas, aumentar o raio das curvas e/ou construir um pavimento melhor, definir os tipos de veículos e as vias a serem utilizadas pelos mesmos quando carregados e quando vazios, constituem-se em tarefas do responsável pelos transportes florestais. Segundo ARCE (1997), o administrador florestal tem enormes dificuldades na hora de tomar decisões e não pouco freqüente escolhe alternativas questionáveis do ponto de vista técnico e econômico.

Vias melhores, embora mais caras, permitem reduções nos custos de operação dos veículos, permitem a operação em condições adversas de tempo e mesmo o uso de veículos maiores com custos de operação por tonelada transportada menores. O problema é definir corretamente o tipo de melhoria a adotar em cada caso.

1.2 JUSTIFICATIVA

Considerando os custos da madeira como matéria prima do setor florestal, os custos envolvidos no transporte desde a floresta até as indústrias ou clientes podem atingir 44% do custo total de abastecimento (WEINTRAUB et al., 1996, citado por ARCE, 1997). O transporte rodoviário florestal 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 (BERGER & DUARTE, 1988, citado por LACOWICZ, 2000).

No custo final dos produtos florestais, os custos de transporte representam parcela significativa; reduções, nestes custos, podem representar valores de ganhos elevados pelo que é importante medir e avaliar estes custos.

A melhoria de vias e dos transportes florestais permitirá obter-se o maior lucro possível, dado pela diferença entre as receitas totais e os custos totais.

No caso dos transportes, definem-se as demandas ou volumes de carga a serem transportados, que estarão ligados diretamente com as receitas a serem obtidas e, em seguida, estudam-se os custos totais que incluirão os custos de construção das vias e sua conservação e os custos de operação envolvidos nos deslocamentos das cargas.

Faz-se uma relação de tipos de veículos com suas características operacionais, visando determinar a escolha otimizada do tipo de veículo conforme as características físicas da via e o tipo de carga a ser transportada.

A otimização dos transportes depende das formas como o mesmo é efetuado; neste caso, a própria utilização da madeira é importante. O transporte de toras curtas ou longas, a disposição dos pátios de carga e descarga e as eventuais formas de baldeio de cada situação particular.

A implantação das estradas florestais observando-se critérios técnicos-econômicos de forma concomitante conduzirá a melhores projetos.

A economia obtida nos custos operacionais, devido a melhoria das estradas, sobretudo quando o número de viagens de veículos é elevado, pode representar, muitas vezes, o valor do custo de implantação destas melhorias.

A obtenção de financiamento para a construção das estradas em geral, é facilitada quando se dispõe de estudos de viabilidade técnico e econômico, exigido por agentes financeiros, para garantir seu investimento.

Os investimentos na construção e melhoria das estradas florestais devem ser avaliados economicamente e comparados com os investimentos possíveis nos outros setores da empresa, para o estabelecimento de prioridades.

As economias de tempos de viagem, proporcionadas pelas estradas melhores, também proporcionam consideráveis reduções nos custos de operação, já que possibilitam ao mesmo veículo uma quantidade maior de viagens.

1.3 HIPÓTESES

- Metodologias utilizadas em outros tipos de vias e tipos de transporte aplicam-se, com os devidos ajustes, para a melhoria das vias e do transporte florestal.
- O acréscimo dos custos operacionais dos veículos de transporte florestal quando em estradas ruins, pode assumir valores muito mais altos que os custos de implantação das melhorias da via.
- As empresas florestais recuperam, com a operação dos veículos, em pouco tempo, os gastos adicionais de melhoria de suas estradas.
- As decisões entre que segmentos melhorar, que características técnicas adotar, quando iniciar as melhorias em cada local da malha viária florestal e qual o tipo de

melhoria que melhor se adapta a uma via existente, depende dos custos e benefícios (estes últimos muitas vezes considerados como custos poupados).

- O conhecimento dos custos totais de transporte permitirá às empresas florestais justificar e viabilizar investimentos no sistema viário.

- Os percursos dos veículos carregados e vazios usados no transporte de toras de madeira reflorestada variam conforme as características das estradas e são até mesmo diferentes.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desta pesquisa é minimizar os custos de transporte nas atividades de reflorestamentos, utilizando aspectos operacionais para definição das características técnicas das estradas.

1.4.2 Objetivos Específicos

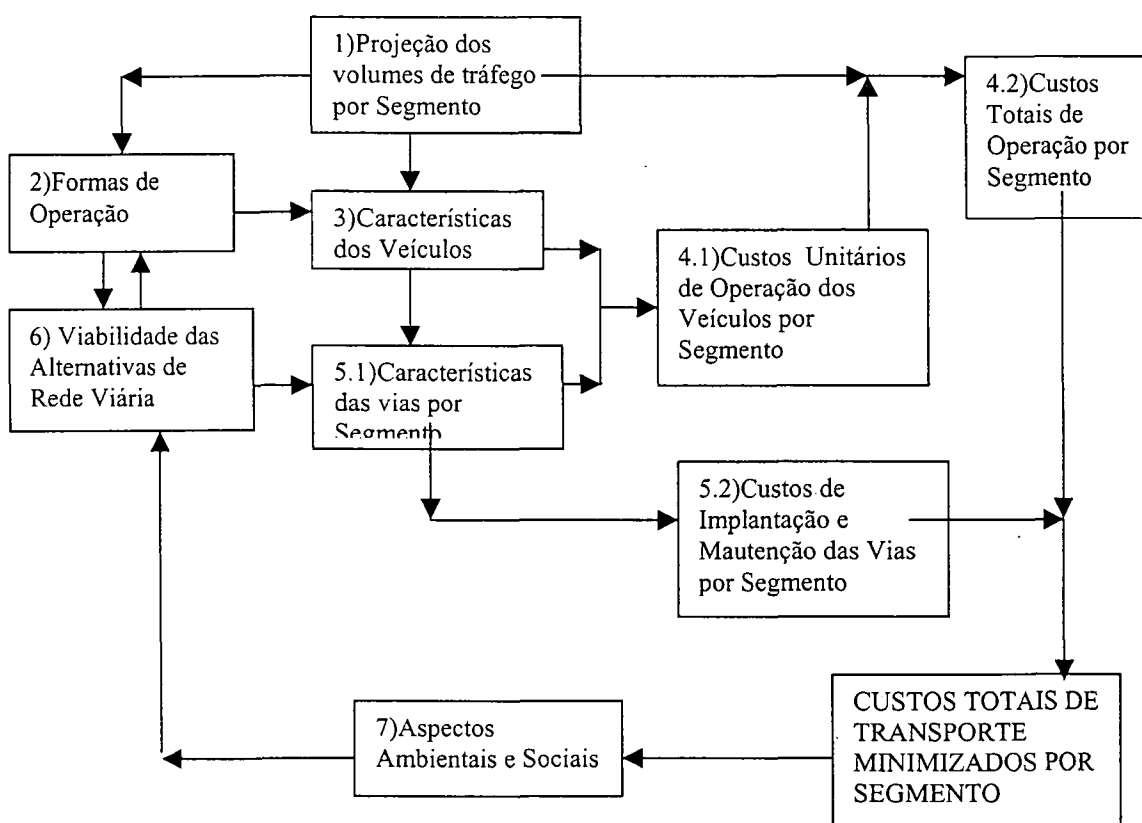
- . Analisar e aplicar uma metodologia de demanda para previsão dos volumes de transporte em reflorestamentos;
- . Analisar e aplicar uma metodologia para cálculo dos custos de operação dos veículos de transporte florestal;
- . Obter custos de operação de veículos de transporte florestal considerando variações na condição da superfície da via, rampas e curvas horizontais;
- . Realizar estudo de viabilidade técnico-econômica para melhoria de segmento de estrada florestal em reflorestamento;
- . Determinar segmentos de malha viária a serem melhorados, considerando custos de construção, conservação e de operação.
- . Definir percursos realizados pelos veículos de transporte florestal quando vazios e carregados utilizando algoritmos de programação linear.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os aspectos principais estudados neste trabalho para obter a otimização dos transportes, são os recomendados pelo Manual de Transportes e Engenharia de Tráfego elaborado pelo Instituto de Transportes, dos Estados Unidos - ITE, (1976), ou seja: 1) Projeções dos Volumes de Tráfego por segmento ; 2) Formas de Operação; 3) Características dos Veículos e Composições de veículos; 4) Custos Unitários e de Operação dos Veículos por Segmento e no Sistema Viário; 5) Características e Custos de Implantação e Manutenção das Vias por Segmento e 6) Viabilidade das Alternativas de Rede Viária objetivando a minimização dos Custos Totais de Transporte. Além disso são introduzidos os 7) Aspectos Ambientais e Sociais.

As interdependências entre estes itens são apresentadas na Figura 1.

FIGURA 1: ATIVIDADES DA OTIMIZAÇÃO DOS TRANSPORTES.



Fonte: ITE (1976), introduzindo-se os aspectos ambientais e sociais

2.1 DEMANDA DOS TRANSPORTES FLORESTAIS

As características técnicas de uma estrada dependem da demanda ou volumes de tráfego previstos. Os estudos de tráfego são relacionados com as características geométricas e pavimentos utilizados.

SESSIONS (1987) desenvolveu uma metodologia usando conceitos heurísticos para definir uma malha ótima de vias, considerando tanto os custos fixos (custos de construção) quanto os custos variáveis (custos de transportes). SESSIONS elaborou, inclusive, já em 1987 um programa de computador NETWORK, para este trabalho.

Segundo MELLO (1975) os volumes de tráfego previstos para as estradas públicas são classificados em tráfego normal, tráfego gerado, tráfego desviado e tráfego derivado.

O tráfego normal é aquele que já ocorre na estrada existente e que é projetado considerando dados de tráfego passados que, através de modelos, são relacionados com características socio-econômicas das áreas atendidas cujas projeções em geral, já estão disponíveis.

O tráfego gerado é o que surge com novas atividades econômicas que ocorrem ao ser construída ou melhorada a estrada, tendo em vista, sobretudo, a redução dos tempos de viagem e dos custos de operação.

O tráfego desviado corresponde às viagens que antes utilizavam outras vias e que passam a usar a via considerada, devido às melhorias realizadas.

O tráfego derivado ocorre quando algumas viagens trocam de modo de transporte. Com a melhoria ou construção da via, os custos modais de transporte neste caso são invertidos.

No caso de estradas exclusivamente florestais, a demanda de tráfego depende do manejo das áreas atendidas.

O manejo adequado de uma floresta necessita de diferentes conhecimentos de forma a poder ser preparado um plano único e abrangente, com orientações consistentes para todos os aspectos da operação florestal. Com base nestes dados é prevista a demanda de transportes. BUONGIORNO e GILLESS (1987) apresentam diversos modelos para o manejo florestal.

CARNIERI (1989) desenvolveu em sua tese de doutorado, um modelo para o “Planejamento Florestal Otimizado Via Redes de Manejo” em que, com base nas técnicas de pesquisa operacional, são consideradas alternativas para as diversas fases do manejo.

Segundo o ITTE (1971), as dimensões e complexidades do sistema florestal são tantas que se torna necessário o uso de modelos analíticos para o planejamento do manejo florestal.

Os estudos do ITTE, consideram que os modelos de previsão das demandas de tráfego nas vias florestais, são divididos em quatro etapas ou seja, podem ser compostos de sub-modelos de geração, distribuição, divisão modal e alocação.

Estes modelos também são apresentados por MELLO (1975), para o estudo da demanda dos transportes urbanos.

Os sub-modelos de geração são elaborados com as características das áreas que geram o tráfego e estimam as quantidades de carga a serem transportadas.

Os sub-modelos de distribuição prevêm qual o destino das cargas, analisando muitas vezes o tipo de sortimento e a atratividade das indústrias e centros de consumo.

Os sub-modelos de divisão modal estudam qual o meio de transporte a ser utilizado. Neste trabalho é dada ênfase ao transporte rodoviário, sendo nesta fase, estudados os veículos a serem usados no transporte florestal para toras de reflorestamentos.

Finalmente, os sub-modelos de alocação definem o tráfego previsto para cada um dos segmentos do sistema viário.

Os volumes de tráfego alocados são relacionados com os custos de operação dos veículos que serão considerados na minimização dos custos totais.

Os modelos de previsão de demanda, para o tráfego em geral, principalmente urbano, considerando as quatro etapas são apresentados em livros clássicos de engenharia de tráfego como o Manual de Engenharia de Transportes e Tráfego do Instituto dos Engenheiros de Transportes dos Estados Unidos ITE (1976) e no livro de Fundamentos de Engenharia de Tráfego do Instituto de Engenharia de Transportes e Tráfego também dos Estados Unidos ITTE (1973). Em

1972 já haviam inclusive vários programas de computador para os cálculos de demanda para o tráfego em geral, como aqueles apresentados por HOMBURGER (1972).

Segundo estes autores, no caso do modelo de quatro etapas, na fase de alocação são necessários os “caminhos mínimos” que são obtidos de forma aproximada, considerando-se as distâncias percorridas. A determinação mais correta dos mesmos, no entanto, é feita com custos de operação ou tempos de viagem em cada um dos segmentos. É possível fazer simulações com respeito às condições do pavimento das vias (em épocas de chuvas, por exemplo), definindo modificações dos percursos. Dependendo dos resultados, evita-se certas viagens ou certos percursos nos dias em que as vias não se encontrem em condições adequadas.

A obtenção dos caminhos mínimos é efetuada em pequenos sistemas viários, sem o auxílio de computadores, através do uso de algoritmos como os de Dijkstra ou Floyd, STEINER (2000) ou de Moore. Para sistemas viários maiores (mais de 20 segmentos) é preferível usar os programas de computador desenvolvidos para a solução dos problemas da área de Pesquisa Operacional, como o QSB (Quantitative Systems for Business), LINDO (Linear, Interactive and Discrete Optimizer) ou GAMS (General Algebraic Modeling System).

Para o caso dos transportes urbanos, existem programas como os apresentados por HOMBURGER (1972) desenvolvidos na Universidade de Berkeley, nos Estados Unidos, que efetuam em conjunto ou em separado, as várias fases do modelo de quatro etapas.

Para estimar o tráfego gerado a princípio são utilizados dados de produtividade média. RODIGHERI (1997) apresenta, valores médios de produtividade para Eucalipto e Pinus, sem distinguir as espécies e sítios. Estes quadros são apresentados no Anexo I (Quadros A1 e A2).

2.2 ASPECTOS DE PLANEJAMENTO DOS TRANSPORTES E LOGÍSTICA

A definição otimizada dos percursos dos veículos envolvendo os aspectos de logística foram aprimorados sobretudo durante os períodos de guerra. A palavra

“logística” vem do francês “leger”, usada inicialmente na arte militar, correspondendo à arte de administrar o transporte de materiais, produtos e pessoas, (JABOT, 1968). Envolve o planejamento, organização e controle (meios de comunicação) de todas as operações de movimento/estoque, que facilitem o transporte de produtos, desde o ponto de obtenção de matéria prima até o consumidor final.

NEUFVILLE e STAFFORD (1971), ACKOFF e SASIENI(1971) e HILLIER e LIEBERMAN (1973), mostram aplicações na área dos transportes por meio da resolução de sistemas de inequações lineares, usando nas resoluções tanto métodos matemáticos como o Método Simplex, como também algoritmos.

No Brasil, os primeiros trabalhos referentes aos estudos operacionais do planejamento e logística diretamente aplicado aos transportes por caminhões, foram apresentados por UELZE R. (1974), (1978). Estas referências são utilizadas pelas administrações das empresas de transporte de carga em geral.

Mais recentemente, ALVARENGA e NOVAES (1994), apresentaram aplicações das técnicas de logística na otimização das atividades de transporte. Estas atividades requerem a observação dos seguintes aspectos:

- 1 – O processo de avanço é iterativo.
- 2 – Distinguir tipos de custos.
- 3 – Aplicar a classificação ABC (Lei de Pareto) para definir a importância dos percursos.
- 4 – Usar conhecimentos de estatística.
- 5 – Avaliar os investimentos (capital).
- 6 – Decisão em grupo.

O Método de Delphi, por exemplo, permite a análise de aspectos qualitativos e quantitativos nas decisões de logística.

- 7 – Enfoque sistêmico.

Vital em logística, há necessidade de que as partes sejam coordenadas para que o conjunto funcione. Observar que: os componentes interagem entre si para formar o sistema; nem sempre a otimização do sistema é obtida com a otimização isolada de cada um dos componentes; definir objetivos (lucros, tempos,

cotas do mercado, prazos, etc.); definir medidas de rendimento (nível de serviço, produtividade, qualidade, eficácia, eficiência, etc.); avaliar alternativas; manter controle permanente e ver as interações com o ambiente.

A característica principal da logística é sua integração sistêmica indo além do transporte, coleta/entrega, armazenagem, etc.

Na análise dos transportes, há necessidade de estudar as causas de atrasos em viagens, necessidades de prazos de entrega, pontos de estoque, avarias na carga e descarga, necessidade de equipamentos especiais para a carga e descarga.

Segundo ALVARENDA e NOVAES (1994), o planejamento dos transportes incluindo estudos de logística, depende dos seguintes dados:

- Fluxos nas diversas ligações da rede;
- Nível de serviço atual;
- Nível de serviço desejado;
- Características da carga;
- Tipos de equipamentos disponíveis;
- Aplicação dos conhecimentos de forma sistêmica.
- Planilha de custos;
- Renovação da frota e de equipamentos;
- Características dos depósitos;
- Operações de carga e descarga;
- Formas de armazenagem das cargas;
- Roteirização dos veículos;

Os transportes florestais, valem-se de recomendações da área de logística utilizada pelas empresas industriais e comerciais em geral, sendo utilizada uma série de técnicas para economia de custos operacionais de coleta e distribuição conforme apresentada por BOLLOU, (1993).

A minimização dos custos totais de transporte ou caso hajam dados de valor de venda, a maximização das receitas totais depende dos destinos da carga de madeira. Nestes casos, aplica-se técnicas estudadas em Pesquisa

Operacional. Utiliza-se o “problema de transportes” para encontrar os destinos que minimizem os custos dos transportes ou maximizem as receitas líquidas, NOVAES (1978).

Monta-se um sistema de inequações lineares, com a função objetivo de minimização do custos totais ou maximização das receitas. As inequações são resolvidas pelos métodos de Programação Linear, como o Método Simplex. Pode-se também utilizar programas de computador já disponíveis, como o QSB – “Quantitative System for Business”, CHANG e SULLIVAN (1986).

Alguns aspectos gerais a considerar, no planejamento de melhorias do sistema viário apresentados por NEUENSCHWANDER (1998) são:

- Os custos de transporte são muito expressivos na área florestal, além das cargas serem muito pesadas, não ocorre carga de retorno e as vias, em geral, não são pavimentadas.
- A grande maioria das indústrias da madeira recebem e expedem suas cargas através de caminhões dos mais variados tipos.
- Os custos de transporte tem sido crescentes e as regulamentações cada vez mais exigentes.
- Ocorre tendência de serem empregados caminhões cada vez maiores.

As dificuldades do setor de transportes segundo VALENTE (1997) são:

- Procedimentos empíricos e intuitivos são adotados.
- Avanços da informática, telecomunicações e sensoriamento remoto são pouco usados.
- Insegurança e resistência para incluir novas técnicas.
- Carência de ferramentas ou sistemas computacionais a custos acessíveis para planejar as operações de transporte, a nível dos transportadores autônomos e pequenas empresas.

O transporte de cargas no Brasil opera em um mercado altamente concorrencial, sendo a eficiência na gestão de frotas fator decisivo para a sobrevivência, VALENTE (1997).

Segundo VALENTE (1997) as principais atividades ligadas a operação dos transportes são:

- Avaliação do desempenho da frota.
- Avaliação do índice de produtividade dos transportes.
- Avaliação e investigação da ocorrência de faltas, sobras e avarias.
- Contratação de veículos de terceiros (autônomos ou não).
- Despacho de veículos.
- Determinação dos padrões de operação da empresa.
- Dimensionamento da frota.
- Contratação de serviços de manutenção não disponíveis na empresa.
- Operações de carregamento.
- *Lay out* de pátios.
- Programação e controle dos veículos.
- Solução em caso de acidentes.

Outras atividades de operação, por VALENTE (1997) são:

- Especificação e avaliação de veículos.
- Previsão e controle de custos operacionais.
- Planejamento da manutenção.
- Substituição de frotas.
- Acomodação de cargas e de passageiros.
- Acompanhamento de inovações tecnológicas.

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS VEÍCULOS DE TRANSPORTE

2.3.1 Características dos Veículos de Carga no Brasil

Segundo o Anuário Estatístico dos Transportes, GEIPOT (2000), a frota brasileira de caminhões era constituída em 1999 por 1.150.000 caminhões, sendo a maioria veículos médios (42,3%), conforme quadro a seguir:

QUADRO 1: FROTA DE CAMINHÕES POR TIPO

Classe	Percentual da Frota	Carga Útil
Leves	23,3	<10t
Médios	42,3	10 a 20t
Semipesados	22,8	20 a 30t
Pesados	6,7	30 a 40t
Extrapesados	4,9	>40t

Fonte: Anuário Estatístico dos Transportes (1999)

A Confederação Nacional de Transportes (CNT,1999), apresenta a idade média da frota de caminhões como sendo de 9,6 anos.

Verifica-se portanto, que a frota brasileira de caminhões, além de ser constituída na sua maioria por veículos leves e médios, os quais apresentam um maior custo operacional por tonelada transportada também, encontra-se bastante envelhecida.

No Salão Internacional do Transporte (Fenatran – 15/10/2001 – São Paulo), os fabricantes mostraram seus últimos modelos de caminhões, podendo-se verificar o surgimento de modelos cada vez mais potentes, como a seguir:

A SCANIA apresentou seu novo modelo chamado de “Rei da Estrada” com motor V8 de 16 litros, gerenciamento eletrônico de injeção de combustível e com potência de 480 CV, oferecido na forma de cavalo mecânico com tração 4x2 e 6x4. Torque máximo de 2.300 Nm obtido entre 1.100 e 1.200 rpm. Ao preço inicial de R\$ 226,000,00. Os modelos anteriores mais potentes da SCANIA eram equipados com motores de 420 CV.

A MERCEDES-BENZ apresentou o 1944 S equipado com motor turbodiesel com intercooler de 12 litros com 435 CV e torque de 204 kgfm, o modelo mais pesado anterior da marca, o 1938 S tem 380 CV e torque de 189 kgmf.

A VOLVO apresentou os caminhões “Top Class 2001” e o FM12 340 E-truck com motor turbodiesel com intercooler de 12 litros e 340 CV. Este contudo

não é o caminhão de maior potência fabricado pela VOLVO, os caminhões VOLVO NH12 e FH12 apresentam potência de 380 CV ou 420 CV com torques respectivamente de 1850 Nm (189 kgfm) ou 2000 Nm (204 kgfm) ambos entre 1.100 e 1.300 rpm.

A VOLKSWAGEN apresentou o VW 18.310 Tractor com motor também turbodiesel com intercooler da Cummins de 8,3 litros com 303 CV e 122 kgfm.

A VOLKSWAGEN fabrica caminhões para o transporte deste 7 toneladas até 40 toneladas. O veículo mais potente, antes do Salão Internacional de Transporte (15/10/2001) era o cavalo mecânico 40.300, equipado com motor Cummins 6CTAA turboalimentado e Intercooler de 291 CV especialmente desenvolvido para tracionar semi-reboques de 3 eixos e 40 toneladas de carga.

A IVECO apresentou o EuroCargo Tector equipado com motor eletrônico de 210 CV e torque de 69 kgfm.

A RANDON apresenta seu semi-reboque bitrem graneleiro, com comprimento total de 15,20 metros e largura total de 2,60 m. A capacidade de carga líquida do primeiro semi-reboque é de 18.600 quilos e a do segundo de 18.750 quilos o que representa no total a carga líquida de 37.350 quilos; a tara do primeiro semi-reboque (com 9 pneus) é de 5.700 quilos e do segundo (com 8 pneus) de 4.950 quilos sendo a tara total do conjunto (sem o cavalo mecânico) de 10.650 quilos. No total o semi-reboque bitrem carregado chega aos 48.000 quilos de peso bruto total carregado (PBTC), contando mais 15.000 quilos para o cavalo mecânico tem-se um peso total para a composição rodante de 63.000 quilos.

2.3.2 Características dos Veículos utilizados no Transporte Florestal

Nos transportes florestais, são mais usados os veículos semipesados e pesados porém, em muitos casos, como para os veículos de carga em geral, bastante envelhecidos.

O transporte de toras no Brasil é realizado por diversos tipos de veículos; durante a fase de implantação das estradas e retirada da bordadura, são usados veículos mais leves. Após a estrada implantada, nas atividades de

colheita, ocorre tendência de uso de veículos pesados, sendo que os pesos totais muitas vezes ultrapassam os valores da Lei da Balança. Nestes casos, a circulação só pode se dar nas vias públicas mediante uma AET – Autorização Especial de Trânsito.

Para o setor florestal a RANDON fabrica o tritrem composto de 2 semi-reboques de 2 eixos com quinta-roda e 1 semi-reboque de 2 eixos cujo PBTC pode ultrapassar os 75.000 quilos.

As empresas KRONE (Curitiba) e RANDON (Caxias do Sul) fabricam grande número dos reboques e semi-reboques utilizados no transporte de madeira no Brasil.

A RANDON (1989) considera importantes os aspectos a seguir, para o planejamento dos transportes e, sobretudo, definição dos equipamentos:

- 1 – Topografia e tipos de estrada, rampas, dimensões.
- 2 - Forma de carregamento (manual, ou mecanizado).
- 3 – Dimensões das toras (diâmetros e comprimentos; para os maiores comprimentos o custo total de movimentação é menor).
- 4 – Distância de transporte (do local de extração até o local de descarga; para distâncias maiores permitir remonte da combinação e elevação de eixo para trânsito vazio).
- 5 – Capacidade dos equipamentos (capacidade técnica e legislação).
- 6 – Condições climáticas e relação de tração.
- 7 – Planos de médio e longo prazo de crescimento da empresa e de melhorias da infra-estrutura de transportes.
- 8 – Segurança, equipamentos exigidos pelo Código Nacional de Trânsito.
- 9 – Aspectos gerais, incluindo a qualidade da mão-de-obra disponível, a manutenção das rodovias e dos equipamentos e a habilidade dos motoristas.
- 10 – Quanto aos aspectos técnicos do equipamento são considerados: capacidade de carga, tipo de suspensão, pneus (diferentes conforme tipo de vias e eixo com e sem tração), freios, estabilidade (a altura do centro de gravidade do veículo carregado deve ser menor que 1,15 vezes o comprimento do eixo; reduzir

este índice para 1,0 no caso de madeira nativa) , amarração das cargas (com reaperto contínuo automático ou não dos cabos de aço), caixa de carga (tipos de fueiros), iluminação, pintura, engates.

Segundo NEUENSCHWANDER(1998), "na escolha do tipo de caminhão a empregar, somente um aumento da produtividade não significa, necessariamente, uma redução dos custos totais de transporte". As condições particulares de tipo de via, da carga e as características operacionais dos veículos são também importantes.

Sobretudo para a atividade de colheita da madeira, as atividades florestais exigem veículos robustos, capazes de movimentar as cargas com eficiência, economia e segurança.

Os veículos devem obedecer nas vias públicas, as normas legais quanto ao peso máximo e por eixo admissível, dimensões máximas quanto a altura, comprimento e largura, além da necessidade de fueiros e amarras adequadas. No item 3.3 são apresentadas as cargas máximas admissíveis pela Lei da Balança.

Para cargas maiores e configurações diferentes há necessidade de AET – Autorização Especial de Trânsito. Encontram-se, atualmente nas rodovias, muitos caminhões do tipo Bi-trem, que com a AET podem transportar até o máximo de 57 toneladas. Uma das dificuldades encontradas são os prazos de validade das AET, no caso do DNER (estradas federais) a validade é de um ano, no caso do DER/PR (estradas estaduais no Estado do Paraná) a validade é de 6 meses e no caso do DER/SP (estradas estaduais no Estado de São Paulo) a validade é de um mês. Os custos para obter as AET também devem ser considerados, pois atingem cerca de R\$ 500,00. Nas estradas florestais próprias são utilizados veículos com cargas e configurações bastante superiores às apresentadas na Lei da Balança.

Para o caso dos treminhões e combinações de mais de duas unidades, incluindo a unidade tratora, a resolução no. 631/84 do CONTRAN fixa o comprimento máximo em 30m e o peso bruto total com carga (PBTC) máximo de 73t, estes veículos só podem circular por vias públicas com AET.

Segundo NEUNSCHWANDER (1998) a escolha do veículo depende sobretudo, dos seguintes aspectos:

- Restrições legais.
- Tamanho, forma, quantidade e peso da madeira que deverá ser transportada.
- Distância de transporte.
- Características das vias que formam a rota a ser percorrida. A capacidade de suporte de cargas das vias e pontes são restrições consideradas básicas.
- Aspectos (características) da carga e descarga.

Para NEUNSCHWANDER (1998), os caminhões considerados ideais são aqueles capazes de transportar o máximo de carga com os mínimos custos de operação e manutenção e que sejam baratos. Em geral com tara (peso próprio) menor a capacidade de transporte será maior. Portanto é conveniente aos transportistas:

- Ter o menor peso de tara.
- Ter a maior capacidade de carga.
- Ter o menor custo de capital.
- Ter o menor custo de operação.
- Ter o menor custo de manutenção.
- Utilizar as melhores vias.
- Utilizar as vias no melhor estado de conservação.

Segundo MACHADO, LOPES E BIRRO (2000), a unidade de transporte constituída pelo caminhão ou unidade tratora, semi-reboque e/ou reboque, possui uma enorme variedade de alternativas disponíveis no mercado. As características de potência, número de marchas, tipo de tração, relação de engrenagens da caixa de câmbio e do diferencial são também inúmeras.

A unidade tratora que poderá ser um caminhão normal com carroceria ou do tipo "cavalo mecânico" (sem carroceria), podendo dispor de 2, 3 ou mais eixos. Estes eixos poderão dispor ou não de tração e ter rodas simples ou duplas

em suas extremidades. Além disso, os eixos poderão dispor de suspensão independentes ou conjugadas (eixos em tandem).

Para estes autores, a escolha do caminhão, reboque ou semi-reboque é feita a partir de uma grande variedade disponível no mercado quanto as características de potência, número de marchas, tipo de tração, eixos, rodas, etc..

- Eixos da unidade tratora: 2; 3 ou mais.
- Eixos com tração: 1; 2 ou mais.
- Rodas: simples, duplas ou em tandem (bogies).
- Carga: diretamente sobre o caminhão; em semi-reboque, no caminhão e em reboque ou mesmo só com uso de par de eixos isolado do veículo.

Considerando somente a unidade de tração, as configurações são dadas por dois números, sendo que, o primeiro, representa o número total de pontos de apoio (as rodas simples ou duplas constituem um único ponto de apoio) e o segundo os pontos de apoio com tração. Por exemplo:

$4 \times 2 = 4$ pontos de apoio (2 eixos), 2 com tração (um eixo).

$4 \times 4 = 4$ pontos de apoio (2 eixos), todos com tração (2 eixos).

$6 \times 2 = 6$ pontos de apoio (3 eixos), 2 com tração (um eixo).

$6 \times 4 = 6$ pontos de apoio (3 eixos), 4 com tração (2 eixos).

$6 \times 6 = 6$ pontos de apoio (3 eixos), todos com tração (3 eixos).

$8 \times 2 = 8$ pontos de apoio (4 eixos), 2 com tração (um eixo).

Segundo NEUENSCHWANDER (1998), o caminhão simples com 6 pneus transporta cerca de $8 \times 2,44$ metros stereo, mesmo em terrenos com rampas pronunciadas.

O caminhão simples, com 8 pneus, tendo um eixo traseiro de tração com 4 pneus e um eixo morto atrás com 2 pneus, é mais adequado para terrenos planos, tendo uma capacidade de cerca de $10 \times 2,44$ metros stereo.

O caminhão simples com dois eixos de tração e 10 pneus trabalha bem em terrenos acidentados e possui uma capacidade de carga de cerca de $12 \times 2,44$ metros stereos.

Os caminhões com semi-reboques e reboques devem ter uma potência mínima de 220 HP.

Os aspectos operacionais, específicos de caminhões, em estradas florestais foram estudados pelo professor Carlos Cardoso MACHADO (1989) quando desenvolveu o SIBRACEF – Sistema Brasileiro de Classificação de Estradas Florestais. Neste trabalho são calculados custos de operação dos veículos considerando as treze classes de estradas propostas.

MACHADO (1989) em sua tese de doutorado pela UFPR considerou as seguintes classes de veículos de carga para o transporte florestal:

1 – Caminhão (capacidade de carga superior a 1.500 kg).

Representado por um veículo da marca Mercedes-Benz tipo 1313, com motor aspirado, tração 4x2.

2 – Conjugado (ou Biminhão, composto de veículo mais reboque)

Representado por um caminhão trator da marca Volvo tipo N10 33, turboalimentado, com intercooler, com tração 6 x 4 com reboque de 2 eixos.

3 – Treminhão (unidade tratora simples 6x4 mais 2 reboques).

Representado por um caminhão trator da marca Scania tipo 112H, turboalimentado, com intercooler, com tração 6 x 4, com 2 reboques de 2 eixos cada um.

4 – Rodotrem (carreta ou composição articulada mais um reboque)

Veículo articulado, composto por um caminhão do tipo trator (cavalo-mecânico) da marca Volvo tipo N10 33, com motor turboalimentado, com intercooler, com tração 4 x 2, com um semi-reboque de 2 eixos e um reboque de 3 eixos.

MACHADO (1989) também classifica os caminhões em:

- Leves: veículos simples 4 x 2 e 4 x 4.
- Médios: veículos simples 6 x 2 e 6 x 4.
- Semi-pesados: veículos articulados (carreta) e conjugados.
- Pesado: rodotrem e treminhão.

MACHADO, LOPES e BIRRO (2000) classificam as unidades de transporte nas seguintes classes:

- 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.

2.4 METODOLOGIAS PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DOS VEÍCULOS CONSIDERANDO CARACTERÍSTICAS DA VIA

Neste item apresentam-se algumas metodologias de cálculo dos custos de operação dos veículos que consideram as características das vias, dando ênfase à metodologia HDM III.

2.4.1 Metodologia do HDM III

2.4.1.1 Origem e Funcionamento do HDM

O Banco Mundial, em 1969, iniciou o trabalho denominado “Highway Design and Maintenance Standards- HDM” (Padrões de Projeto e Conservação de Rodovias) para definir prioridades em termos de financiamentos de rodovias. Este trabalho que se tornou um grande programa de pesquisas, envolvendo inúmeras instituições técnicas de muitos países, desenvolveu uma nova metodologia que considera os custos operacionais para a tomada de decisão no setor rodoviário.

Para a comprovação dos modelos que compõem a metodologia do Banco Mundial, foram feitas pesquisas de campo inicialmente no Kenia, Índia e Caribe. WORLD BANK, (1987). Estes modelos foram aprimorados, com novo estudo realizado no Brasil e formam a metodologia conhecida pelo nome de HDM III. WORLD BANK (1994).

A análise de viabilidade técnica-econômica das rodovias pode ser efetuada para um trecho isolado, por exemplo: um trecho em rampa ou para toda a rodovia. Os tipos de rodovia variam de estradas em leito natural até rodovias pavimentadas, com velocidades de projeto de 30 a 100 km/h.

A seguir apresentam-se as equações utilizadas para os diferentes itens que compõem o custo de operação. Lembra-se que na prática, os cálculos são efetuados com o auxílio de programas de computador, apresentados na referência WORLD BANK (1994).

2.4.1.2 Cálculo da Velocidade de Operação do Veículo

O cálculo da velocidade de operação do veículo, segundo WORLD BANK (1994), é baseado no cálculo de cinco tipos de velocidades (VDRIVE; VBRAKE; VCURVE; VROUGH E VDESIR).

a) VDRIVE – velocidade limite baseada nas rampas e potência do motor.

$$VDRIVE \text{ (m/s)} = (736 \text{ HPDRIVE}) / (\text{Força de Deslocamento})$$

Força Deslocamento = (Resistência ao Rolamento) + (Resistência de Grade) + (Resistência do Ar) ou

$$\text{Força Desl. (dada em Newtons)} = (g \times 1000 \times PT \times CR) + (g \times 1000 \times PT \times CG) + (0,5 \times DEA \times CA \times AF \times VDRIVE^2)$$

Sendo:

736 = número de "watts" em um hp.

PT = peso total do veículo em toneladas (tara + carga)

g = constante gravitacional = 9,81 m/s²

CR = coeficiente adimensional de resistência ao rolamento.

O valor de "CR" é obtido de forma empírica, como sendo uma função do índice de rugosidade; as seguintes relações foram desenvolvidas pela metodologia HDM III; WORLD BANK (1994):

$$CR = 0,0218 + 0,0006071 \times IRI \quad \text{para carros e utilitários}$$

$$CR = 0,0139 + 0,0002574 \times IRI \quad \text{para ônibus e caminhões}$$

CG = coeficiente de resistência de greide = rampa expressa em números decimais

DEA = densidade específica do ar em "kg/m³"

O valor da "DEA" é calculado em função da altitude do local, pela seguinte relação:

$$DEA = 1,225 \times [1 - 2,26 \times ALT / 100.000]^{4,255}$$

ALT = altitude em relação ao nível do mar em metros.

CA = coeficiente adimensional aerodinâmico de arraste.

O valor do coeficiente aerodinâmico de arraste é especificado pelo usuário da metodologia, ou é obtido a partir dos valores de tabela apresentada pelo HDM III (Anexo I, Tabela A1.1). Pode-se também usar valores mais precisos indicados pelos fabricantes de veículos, como os recomendados pela empresa SAAB-SCANIA (1993). (Anexo I, Tabela A1.2).

Veículos sobretudo pesados, quando usando defletores no teto e ao lado da cabine, apresentam coeficientes de arraste menores. Valores recomendados para estes casos pela SAAB-SCANIA (1993) são também apresentados na tabela anterior.

A área frontal projetada dos veículos em m² (AF) é medida em cada veículo ou é usado o valor indicado pelo HDM III (Anexo I, Tabela A1.3).

Verifica-se através dos cálculos que as rampas exercem maior influência na VDRIVE dos veículos pesados que as condições da superfície, dadas pelo IRI.

b) VBRAKE – velocidade limite baseada nas rampas e capacidade de freiar.

Esta velocidade é considerada no caso de rampas negativas (descidas), onde sobretudo para os veículos pesados, esta é a velocidade restritiva.

$$VBRAKE = 736 \text{ HPBRAKE} / [g \times PT \times 1000 (CR - CG)]$$

A resistência do ar é desprezada já que em baixas velocidades seu valor é muito pequeno.

O valor da capacidade de freio (HPBRAKE) é fornecido pelo fabricante ou é adotado o valor proposto pela metodologia (Anexo I, Tabela A1.4).

Verifica-se que para as rampas muito acentuadas, a velocidade máxima de descida é até menor que a velocidade máxima de subida.

c) VCURVE – velocidade limite determinada pelas curvas.

A tendência à derrapagem nas curvas limita também as velocidades dos veículos.

Um bom indicador da tendência a derrapar é dado pela RF (relação de fricção) obtida pela divisão entre a força lateral (FL) no veículo e a força normal (FN).

A força lateral é dada por:

Força Lateral = Força Centrífuga - Força Gravitacional

$$FL = (1000 \times PT \times V^2 / R) \cos sp - (1000 \times PT \times g) \operatorname{seno} sp$$

R = raio da curva em metros

sp = ângulo da superelevação

A força normal (em Newtons) é dada por:

$$FN = (1000 \times PT \times g \times \cos sp) + (1000 \times PT \times V^2 / R) \operatorname{seno} sp$$

Como a superelevação nunca chega a exceder 20% adota-se $\cos sp =$

1 e $\operatorname{sen} sp = SP$

SP = superelevação expressa como uma fração.

Portanto têm-se:

$$FL = (1000 \times PT \times V^2 / R) - (1000 \times PT \times g) \times SP$$

$$FN = (1000 \times PT \times g) + (1000 \times PT \times V^2 / R) \times SP$$

A relação de fricção (RF) é dada por FL/FN ou :

$$RF = [(V^2/R) - (g) \times SP] / [(g) + (V^2/R) \times SP] = (V^2/R) / [(g) + (V^2/R) \times SP] - - [(g) \times SP] / [(g) + (V^2/R) \times SP]$$

O termo $(V^2/R) \times SP$ é desprezado resultando:

$$RF = [(V^2/R) / (g)] - SP$$

Isolando o valor de "V" resulta:

$$VCURVE = [(RF + SP) \times g \times R]^{0.5}$$

O valor da resistência de fricção (RF) depende do tipo de veículo e do tipo de superfície da via e da carga do veículo

O HDM III, WORLD BANK(1994) recomenda adotar valor inferior à $RF=0,02$. Os pesquisadores que formularam a metodologia, obtiveram valores de RF para vários tipos de veículos tanto para vias pavimentadas como para vias não pavimentadas. É considerada uma redução no valor de RF caso o veículo esteja carregado. (Anexo I, Tabela A1.5).

Caso não seja apresentado o valor da superelevação, a mesma é dada por $SP = 0,012xC$ para vias pavimentadas e $0,017x C$ para vias não pavimentadas.

O valor "C" corresponde a curvatura horizontal, dada em graus por km.

d) VROUGH – velocidade limite baseada na rugosidade e corresponde severidade de deslocamento.

A VROUGH é inversamente proporcional ao valor do IRI (Índice Internacional de Rugosidade) e diretamente proporcional ao máximo valor prático da chamada "Velocidade Média Retificada" (ARVMAX).

$$VROUGH = ARVMAX/1,1466/IRI$$

Os valores de ARVMAX são calculados pela metodologia. (Anexo I, Tabela A1.6).

e) VDESIR – velocidade desejada sem as restrições de rampas, curvas e condições da superfície

Esta velocidade é definida pelo usuário considerando aspectos psicológicos, econômicos e de segurança.

O modelo também pode atribuir valores para a velocidade desejada em função do tipo do veículo e considerando as vias pavimentadas e sem pavimento.

Para rodovias estreitas com uma única faixa de tráfego no total, os valores são corrigidos através da multiplicação das velocidades tabelas por um coeficiente (BW).

A metodologia também sugere valores para esta velocidade. (Anexo I, Tabela A1.7).

O modelo calcula a velocidade prevista com base nas velocidades restritivas. O usuário pode também através de medições no campo, fornecer o valor da velocidade média em um dado trecho ou em pontos específicos (uma rampa, por exemplo).

O modelo calcula a velocidade de operação do veículo considerando cada uma das velocidades anteriores como limites máximos. Para um dado percurso, composto de vários segmentos, cada uma das velocidades limites é considerada como uma variável aleatória e a velocidade operacional resultante é o valor mínimo destas variáveis aleatórias. O modelo de probabilidade usado é o da distribuição de Weibull, que é uma das distribuições padrões para valores extremos. As fórmulas usadas são:

$$V_u = E_o / [(1/V_{DRIVEu})^{1/\beta} + (1/V_{BRAKEu})^{1/\beta} + (1/V_{CURVE})^{1/\beta} + (1/V_{ROUGH})^{1/\beta} + (1/V_{DESIR})^{1/\beta}]^\beta$$

$$V_d = E_o / [(1/V_{DRIVEd})^{1/\beta} + (1/V_{BRAKEd})^{1/\beta} + (1/V_{CURVE})^{1/\beta} + (1/V_{ROUGH})^{1/\beta} + (1/V_{DESIR})^{1/\beta}]^\beta$$

$$V = 3,6 / [(LP/V_u) + (1 - LP)/V_d]$$

Sendo:

V_u = velocidade operacional para o segmento em subida em m/s.

V_d = Velocidade operacional para o segmento em descida em m/s.

V = velocidade operacional final em km/hora.

LP = proporção de subidas dado como uma fração.

E_o = fator de correção.

β = parâmetro da distribuição de Weibull.

Os valores de “ E_o ” e “ β ”, variam conforme os tipos de veículos. A metodologia sugere valores para estes coeficientes (Anexo I, Tabela A1.8).

2.4.1.3 Cálculo dos Recursos Consumidos durante a Operação dos Veículos

a) Combustível

O custo do combustível é calculado para 1000 km, por veículo, sendo dado pelo consumo calculado para 1000 km (FL) multiplicado pelo preço do litro de combustível.

O consumo, em litros, de combustível para 1000 km (FL) é dado para um segmento como sendo:

$$FL = 1000 \times \alpha_1 \times \alpha_2 \times (UFCu \times LP / Vu + UFCd \times (1-LP) / Vd)$$

Sendo:

$$UFCu = (UFCo + a_3 \times HPu + a_4 \times HPu \times RPM + a_5 \times HPu^2) \times 10E-5$$

Se $HPd > 0$:

$$UFCd = (UFCo + a_3 \times HPd + a_4 \times HPd \times RPM + a_5 \times HPd^2) \times 10E-5$$

Se $NH0 \leq HPd < 0$:

$$UFCd = (UFCo + a_6 \times HPd + a_7 \times HPd^2) \times 10E-5$$

Se $HPd < NH0$:

$$UFCd = (UFCo + a_6 \times NH0 + a_7 \times NH0^2) \times 10E-5$$

α_1 = fator de eficiência de energia.

α_2 = fator de ajuste relativo ao combustível.

LP = proporção de subidas, expressa como uma fração.

Vu = velocidade operacional estimada para subidas em m/s.

Vd = velocidade operacional estimada para descidas em m/s.

UFCu = Consumo unitário de combustível em subida, dado em ml/s.

UFCd = Consumo unitário de combustível em descida, dado em ml/s.

UFCo = é o consumo com o veículo parado, sendo dado por:

$$UFCo = a_0 + a_1 \times RPM + a_2 \times RPM^2$$

RPM = velocidade do motor em rpm, sendo igual aproximadamente a 0,75 da velocidade máxima do motor (MRPM).

HPu = potência do veículo em subida em hp

HPd = potência do veículo em descida em hp

$$HPu = [(CR + PG)GVWgVu + 0,5RHO CD AR Vu^3]/736$$

$$HPd = [(CR - NG)GVWgVd + 0,5RHO CD AR Vd^3]/736$$

A metodologia sugere valores para as constantes das equações de consumo de combustível e de lubrificantes. (Anexo I, Tabela A1.9).

b) Lubrificantes

O custo do consumo de lubrificantes é dado pelo consumo, em litros, por 1000 km (AOIL) multiplicado pelo preço do litro de lubrificante.

$$AOIL = CO_o + 0,151RI$$

AOIL = Consumo de lubrificantes, em litros, por 1.000 km

CO_o = Constante de consumo de lubrificantes. (Valores apresentados na tabela 9, do item anterior)

RI = Valor do Índice Internacional de Rugosidade (IRI em m/km)

c) Pneus

O custo de pneus é dado pelo preço de um pneu novo multiplicado pelo número de pneus novos equivalentes consumidos, por 1000 km. (EQNT)

Para carros de passeio (pequenos, médios e grandes) e utilitários:

$$EQNT = NT \times (0,0114 + 0,001781 RI) \quad \text{para } 0 < RI \leq 15$$

$$EQNT = NT \times 0,0388 \quad \text{para } RI > 15$$

EQNT = Número de pneus novos equivalentes consumidos, por 1000 km.

NT = Número de pneus do veículo.

RI = IRI (m/km)

Para demais veículos (ônibus e caminhões):

$$EQNT = CTV / CN$$

CTV = Custo de uso de pneus por 1000 veículo-km.

CN = Custo de um pneu novo.

$$CTV = NT \times (CN + CRT \times NR) / DISTOT$$

CRT = Custo de um recapeamento.

NR = Número de recapeamentos.

DISTOT = Duração do pneu novo com os recapes em termos da distância total percorrida em 1000 km.

O número de recapeamentos (NR) é calculado em função do Índice de Irregularidade (IRI) e da curvas horizontais pela expressão:

$$NR = NRO \times \exp(-0,03224 \times IRI - 0,00118 \min(C, 300)) - 1$$

NRO = número básico de recapeamentos para os veículos pesados.

(Anexo I, Tabela A1.10).

C = curvatura horizontal em graus por km. O efeito da curvatura horizontal é limitada a um máximo de 300 graus por km.

d) Tempo da Tripulação

$$CRH = 1000 / V$$

CRH = Número de horas gastas no percurso de 1000 km

V = Velocidade em km/h

e) Tempo de Passageiros

$$PXH = 1000 \text{ PAX} / V$$

PXH = Número de passageiros-horas gastas por 1000 veículo-km

PAX = Número de passageiros por veículo

f) Tempo de Retenção da Carga

$$VCH = 1000 / V$$

VCH = Número de horas gastas por 1000 veículo-km

g) Peças de Manutenção

Custo de peças de manutenção por 1000 veículo-km = PC/100 x preço do veículo novo.

O consumo de peças de manutenção depende (PC) da rugosidade e da idade do veículo.

Para os caminhões:

$$PC = 100 \times CKM^{KP} (a_0 + a_1 \times IRI \times 13)$$

Sendo:

CKM = idade do veículo em quilômetros de uso.

KP = expoente da idade, parâmetro atribuído pelo modelo (Anexo I,

Tabela A1.11).

$$a_0 = CP_0 \exp(CP_q \text{ QIPo}) (1 - CP_q \text{ QIPo})$$

$$a1 = C_{Po} C_{Pq} \exp(C_{Pq} QIPo)$$

C_{Po} = constante da relação entre o consumo de peças de manutenção e a irregularidade (Anexo I, Tabela A1.11).

C_{Pq} = constante da rugosidade da relação exponencial entre o consumo de peças de manutenção e a rugosidade (Anexo I, Tabela A1.11).

$QIPo$ = constante que representa o valor do IRI, além do qual a relação entre o consumo de peças de manutenção e a rugosidade (dado pelo IRI) se torna linear.

IRI = Índice de Irregularidade Internacional, dado em m/km.

A metodologia apresenta valores do IRI em função de uma avaliação preliminar das condições da superfície das vias (Anexo I, Tabela A1.12).

h) Trabalho de Manutenção

São calculadas as horas gastas pelo pessoal de manutenção dos veículos para 1000 veículoxkm (LH), as quais são multiplicadas pelo custo horário do pessoal de manutenção.

A fórmula obtida, nos estudos do HDM III, é dada por:

$$LH = C_{Lo}x(PC/100)^{C_{Lp}}\exp(C_{Lq}xIRI \times 13)$$

Sendo:

PC = representa o custo das peças de manutenção expresso como uma fração do custo de um veículo novo.

C_{Lo} = constante da relação entre os custos das horas de trabalho e das peças.

C_{Lp} = constante usada como expoente na relação entre os custos das horas de trabalho e das peças.

C_{Lq} = constante relacionada com o IRI da relação entre os custos das horas de trabalho e das peças.

O HDM III apresenta valores obtidos para estas constantes. (Anexo I, Tabela A1.11).

i) Depreciação

A depreciação dos veículos expressa para 1000 km (DEP) é dada como um percentual do valor do veículo novo.

Custo de depreciação por 1000 veíc.-km = $DEP/100 \times \text{Preço do veículo novo}$.

$$DEP = 1000 \text{ ADEP/AKM}$$

ADEP = depreciação média anual, dada como uma porcentagem do custo do veículo novo.

$$\text{ADEP} = (1/\text{VIDA})/\text{AKM}$$

VIDA = vida média de serviço do veículo dada em anos.

AKM = quilometragem média anual.

j) Juros

Os custos dos juros para 1000 veíc.-km é dado por:

Custo dos juros para 1000 veíc.-km = $\text{INT}/100 \times \text{preço do veículo novo}$

$$\text{INT} = 1000 \text{ AINT/AKM}$$

AINT = juros médios anuais em %

$$\text{AINT} = \text{AINV}/2$$

AINV = valor dos juros anuais em % para a compra do veículo novo.

l) Custos Administrativos - Overhead

O valor estimado por km deve ser especificado pelo técnico ao fazer os cálculos.

2.4.1.4 Irregularidade (IRI)

Segundo WORLD BANK (1994), a irregularidade é um item bastante importante para o cálculo da velocidade e dos custos de operação; a mesma é definida como os desvios da superfície em relação a uma superfície plana, que afetam a dinâmica do veículo, a qualidade de deslocamento, cargas dinâmicas e a própria drenagem da via.

O valor do IRI é obtido observando o número de ondulações por quilômetro, ou usando-se instrumentos de precisão que registram os deslocamentos na vertical (socos) que um veículo sofre. As fórmulas usadas são:

$$IRI = QI/13 \quad \text{ou} \quad QI = 13 \times IRI$$

$$IRI = BI/715 \quad \text{ou} \quad BI = 55 \times QI$$

QI = irregularidade em número de ondulações/km

BI = rugosidade em socos do veículo ao trafegar em um km (Medida por instrumentos de precisão instalados em veículos especiais, como o "Bump Integrator Trailer" (Veículo tipo Trailer dotado de instrumento que soma as irregularidades da superfície).

Uma primeira estimativa da irregularidade pode ser feita com base numa avaliação local adotando-se valores sugeridos pela metodologia (Anexo I, Tabela A1.12).

A irregularidade afeta diretamente a VDRIVE, VBRAKE, VROUGH, consumo de combustível, consumo de lubrificantes, pneus, peças mão-de-obra de manutenção.

2.4.2 Outras Metodologias de Cálculo do Custo de Operação

2.4.2.1 Metodologia apresentada por Sílvio Dias Pereira Neto

PEREIRA NETO (1995), estuda a densidade ótima das estradas e o tamanho ideal dos talhões para plantios de Eucalyptus. Para as operações de extração e de transporte florestal, considera o trator com guincho, o trator autocarregável e o caminhão tanto para o transporte direto (o caminhão é carregado dentro do talhão e descarregado somente na fábrica ou em pátio de estocagem, não havendo descarregamento na fase de extração) como para o transporte primário (caminhão é descarregado na fase de extração, na estrada).

Os custos de extração e a produtividade dos caminhões em transporte direto e primário são obtidos através das fórmulas apresentadas por PEREIRA NETO (1995), nos anexos 3 e 5 de sua tese.

2.4.2.2 Metodologia apresentada pela Empresa SCANIA

A Empresa SAAB-SCANIA DO BRASIL através de seu Departamento de Desenvolvimento e Vendas, apresenta como os demais fabricantes de veículos pesados, publicações com orientações para o cálculo dos custos de operação dos veículos, SAAB-SCANIA (1993).

Esta empresa considera os custos de operação dos veículos como custos fixos, variáveis e administrativos.

Os custos fixos independem do veículo estar operando e são expressos em unidades monetárias por mês. Fazem parte dos custos fixos dos veículos os seguintes itens:

- Depreciação
- Custo do investimento ou remuneração do capital (juros)
- Salários fixos de motoristas
- Licenciamento e seguro.

Os custos variáveis são obtidos em unidades monetárias por km e só ocorrem quando o veículo é colocado em movimento. São considerados custos variáveis de operação:

- Combustível
- Óleo Lubrificante do Motor
- Óleo Lubrificante da Transmissão
- Lavagem e Lubrificação
- Peças de Reposição
- Mão de Obra de Oficina
- Pneus, Câmaras e Recapagens.

2.4.2.3 Metodologia Apresentada por Lionel Odier

ODIER (1970), apresenta os resultados de vários estudos experimentais para a determinação dos custos de operação dos veículos em rampas, curvas e condições de superfície.

Nas rampas em declive, segundo ODIER (1970), o consumo de combustível pode ser um pouco menor que nos trechos em nível, porém sobretudo para os veículos comerciais, o consumo devido a necessidade de redução de marchas, começa novamente a crescer após os 3 ou 4% negativos.

No caso das curvas de raios menores, existe além de maior consumo de combustível maior desgaste de pneus.

2.4.2.4 Manual de Custos de Operação do DNER

Segundo a metodologia do Manual de Custos de Operação do DNER (1976) e DNER (1994), calcula-se inicialmente o custo de operação do veículo em uma rodovia ideal (em nível, tangente, pavimentada, com o veículo trafegando na velocidade mais econômica).

O custo de operação total é dado pela soma dos custos por km de combustível, óleos, lubrificação e lavagem, manutenção, desgaste de pneus, depreciação, juros, licenciamento e seguro obrigatório, administração e eventuais.

2.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE O SISTEMA VIÁRIO

2.5.1 Planejamento

Segundo MACHADO E MALINOVSKI (1987) o planejamento das estradas florestais é elaborado considerando aspectos técnicos, econômicos, ecológicos, silviculturais e jurídicos. Entre estes aspectos, consideram-se:

- 1) Parâmetros técnicos: 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, compressibilidade e permeabilidade), a microtopografia (irregularidade da superfície e obstáculos naturais) e a topografia (relacionada com a rede de drenagem natural).
 - As condições de tráfego são representadas pela: velocidade diretriz (que 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) e pelas características dos veículos, definidas pela Lei da Balança (peso por eixo e peso bruto total, comprimento, largura e altura), podendo haver permissões especiais.
- 2) Considerações econômicas, cujos fatores essenciais são: densidade e padrão da malha rodoviária florestal, padrão do planejamento e da construção das rodovias florestais, organização da utilização e manutenção.

Influenciam na parte econômica custos de capital, de transporte, de manutenção, o volume de madeira a ser transportado, tipo e densidade de tráfego, segurança, condições climáticas e ambientais e os padrões rodoviários.
- 3) Considerações ecológicas. Neste caso, são minimizados os efeitos negativos trazidos ao meio ambiente. Evitar, por exemplo, as erosões que podem afetar a produtividade da floresta, deteriorar a qualidade da água e trazer grandes perdas nos valores estéticos e paisagísticos.

MALINOWSKI e MACHADO(1986) desenvolveram para FUFPEF material bastante completo sobre a rede viária florestal. São apresentados os

parâmetros técnicos com vários sistemas de classificação das vias (Jari, Austríaco, Americano e Canadense), elementos do ante-projeto, projeto, locação do projeto, construção e algumas considerações sobre a utilização e conservação das estradas florestais.

Não são abordados de forma específica os aspectos relativos aos custos de operação dos veículos para a definição das características de construção e melhoria das estradas. Nesta referência apresentam-se padrões das vias segundo DIETZ(1983), com base nos custos de construção e manutenção.

Diversos outros 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 têm-se:

1 – Conhecimento da “Base Física”, constando de :

- Localização da área, em relação a 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 revestimentos e controle de erosão

2 – Ferramentas de trabalho, constando de:

- Cartas geográficas do Serviço Geográfico do Exército ou IBGE em escalas de 1:50.000 ou maior.
- Mapas plani-altimétricos na escala de 1:10.000 com equidistâncias de 10 metros entre as curvas de nível.
- Material de escritório.
- Inventário dos talhões de florestas plantadas e naturais.

- Sistemas geográficos informatizados.
- Material de campo (clinômetro, trenas, balizas, GPS)

3 – Parâmetros de Projeto, tais como:

- Em função dos equipamentos de transporte: rampas máximas (10% com tolerância até 12,5% em trechos curtos e no sentido de saída); raios mínimos de curvas e larguras de estradas principais, secundárias e de viradores.
- Em função dos equipamentos de extração: distâncias máximas de arraste, distâncias entre duas estradas em uma mesma encosta e tamanho de estaleiros.
- Em função da geologia, estabelecer taludes de corte e aterro.
- Em função do meio ambiente: grau de interferência nas matas nativas, forma de transposição de cursos d'água, declividade máxima de encostas para construção de estradas, forma de drenagem evitando erosão e reduzindo o assoreamento de riachos e rios, locais de botafora e caixas de empréstimo, características dos estaleiros.

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.

Diversas referências bibliográficas, entre as quais ANTOLA (1988), MALINOVSKI e PERDONCINI (1990) e MACHADO E MALINOVSKI (1986), apresentam formas de classificação das estradas florestais e suas características técnicas. Em geral, as estradas são classificadas em três ou quatro classes: principal, secundária, ramal ou acesso e ainda em principal, secundária, terciária ou de extração e ramais ou vicinais.

Observando as várias classificações adotadas (MACHADO E MALINOVSKI, 1986) verifica-se 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 larguras de quatro a cinco metros e nos ramais até menos de quatro metros. Na aproximação das indústrias, os transportes florestais utilizam estradas até mesmo pavimentadas de características em geral, bem melhores.

No Quadro 2, a seguir, são apresentadas algumas das características técnicas recomendadas por WENGER (1984):

QUADRO 2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE ESTRADAS FLORESTAIS

Classificação	Primária	Secundária	Ramal
Greide – Máximo	8% - 300 m	10% - 450 m	16% - 300 m
- Desejável	6% - 300 m	8% - 450 m	12% - 300m
Raio de Curva – Mínimo	27 m	21 m	15 m
Grau de Curvatura - Máximo	40°	60°	100°

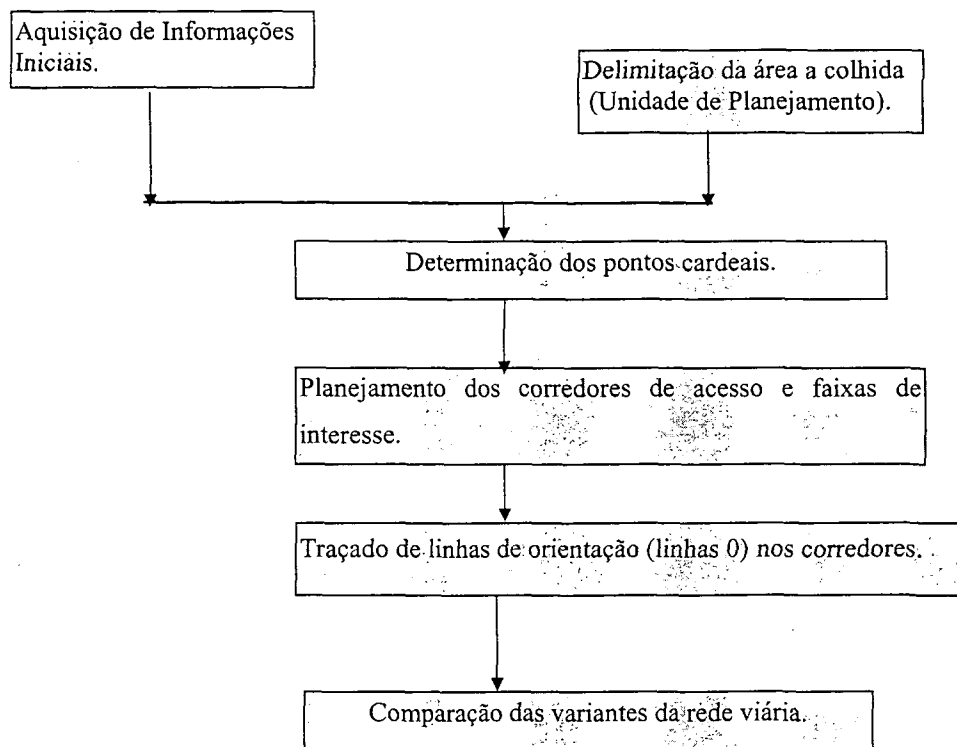
Fonte: WENGER (1984)

O Manual Florestal da Sociedade Americana de Florestais (1984) menciona que “um requisito primário para as operações florestais é o acesso”, o qual é ditado pelas operações de manejo. São mencionados como determinantes da rede viária os seguintes fatores: custo de construção, custo de manutenção, tráfego, tipo de veículo, velocidade e volume. Os cálculos dos custos de operação dos veículos não são apresentados e a classificação viária não faz menção aos elementos que caracterizam o tráfego (tipo de veículo, velocidade e volume).

MACHADO(1989) desenvolveu sua tese de doutorado propondo o SIBRACEF - Sistema Brasileiro de Classificação de Estradas Florestais; 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. São calculadas médias de rendimento energético bruto (t.km/l) para veículos do tipo rodotrem, treminhão, biminhão e caminhão simples, em cada uma das classes de estradas propostas. São apresentados os custos de operação destes veículos.

Para o planejamento da rede viária, DIETZ, GRAMMEL, MALINOVSKI (1983) propõem a seqüência de etapas expostas na Figura 2 a seguir:

FIGURA 2: SEQÜÊNCIA DO PLANEJAMENTO DA REDE VIÁRIA.



Fonte. DIETZ, GRAMMEL, MALINOVSKI (1983)

2.5.2 Construção

Os órgãos públicos rodoviários, como o DER/PR, DNER e GEIPOT, apresentam inúmeras referências com orientações para a construção de estradas. No caso das estradas florestais, sobretudo para aquelas de uso temporário, há necessidade de alguns ajustes nas recomendações, sobretudo quando os custos forem elevados.

Entre as referências por sua importância devem ser mencionadas as seguintes:

DER/PR (1996) – Especificações de serviços rodoviários.

DER/PR(1996) - Álbum de projetos-tipo – drenagem, obras de arte correntes, pontilhões e obras complementares.

DNER (2000) - Especificações gerais para obras rodoviárias do DNER.

Nestas referências são apresentadas orientações para a construção das melhorias viárias, tais como as especificações de terraplanagem, drenagem, pavimentação, sinalização, obras complementares, obras de arte especiais e de materiais utilizados na construção.

ANTOLA (1988) apresenta pela Universidade de Helsinque, várias técnicas construtivas especificamente para as estradas florestais, incluindo desde contratos, trabalhos preliminares, terraplanagem (na qual é dada grande importância às valetas laterais), pontos de encontro dos veículos (aumento da largura da pista para 6,6m), drenagem (mencionando já os tubos plásticos), pavimento e havendo ênfase especial na construção de pontes em madeira, de concreto e madeira, incluindo também, muitos tipos de proteção dos encontros, inclusive com gabiões.

Este autor apresenta também, uma observação importante para o caso da construção de estradas simples, quando 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.

2.5.2.1. Terraplanagem

Segundo PEREIRA e COSTA (1983) a terraplanagem 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.

Os requisitos de terraplanagem devem estar relacionados com os custos de operação, considerando tipos e volumes de veículos.

Nesta fase, dispõe-se do projeto geométrico da melhoria da via, contendo as dimensões desejadas através da "planta", "perfil longitudinal" e "seções transversais".

Além do volume de tráfego, 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.

Também é importante observar as características dos materiais que estão envolvidos nas operações de terraplanagem. São definidas condições e mesmo restrições ao aproveitamento dos materiais e, estimadas as dificuldades por ocasião das escavações.

As publicações do DER/PR (1996) e DNER (2000) apresentam orientações para aspectos da terraplanagem, incluindo: Serviços Preliminares; Caminhos de Serviço; Cortes; Empréstimos; Aterros; Bota Fora e Serviços Especiais.

Segundo PEREIRA e COSTA (1983), para a definição do projeto de terraplanagem 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:

$$\text{Fator de Empolamento} = (\text{Volume Solto}) / (\text{Volume de Corte})$$

$$\text{Empolamento (\%)} = [(\text{Volume Solto} - \text{Volume de Corte}) / (\text{Volume de Corte})] \times 100$$

Tanto o fator de empolamento como o empolamento são usados para definir os volumes necessários de transporte ao conhecer os volumes dos cortes.

$$\text{Fator de Contração} = (\text{Volume Compactado}) / (\text{Volume de Corte})$$

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 terraplanagem que são classificados em unidades: Tratoras, Escavo-empurradoras, Escavo-transportadoras, Escavo-carregadoras, Aplainadoras, Transportadoras, Compactadoras e Equipamentos Diversos.

O projeto de terraplanagem é elaborado conhecendo-se as particularidades locais.

Para avaliação da dificuldade extrativa dos materiais a serem escavados são efetuadas sondagens que são classificadas em: Manuais Diretas, Mecânicas Diretas e Indiretas.

Segundo CATERPILLAR (1990) para os materiais de 2a. e 3a. categoria, as velocidades de propagação das ondas sísmicas são correlacionadas com a possibilidade de escarificação, pela utilização dos diversos modelos de equipamentos.

PEREIRA e COSTA, (1983) apresentam a qualificação do material e utilização possível em função do CBR.

Segundo estes autores define-se na fase de projeto, toda a origem e destino dos materiais envolvidos na terraplanagem, considerando-se os volumes, classificação e as distâncias médias de transporte. Para a compensação entre o material de corte e de aterro é utilizado o "Diagrama de Brückner".

Para a seleção dos equipamentos de terraplanagem 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.

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 em 4 rodas ou empurrados, rampas até 30%

Motorscraper convencionais com rebocador de 1 eixo, rampas até 15%

Motorscraper convencionais com rebocador de 2 eixos, rampas até 10%

Caminhões e vagões, rampas até 15%

Caminhões fora-de-estrada, rampas até 25%

Como fatores de projeto são considerados o volume a ser movido e a distância de transporte.

Segundo estudos do HRB (SOUZA E CATALANI, 1978):

- Maquinas de esteira são recomendadas para distâncias menores que 50m

- Scraper rebocado entre 50 e 200m

- Motoscrapers de tamanho pequeno a médio, com rebocadores de um eixo entre 100 a 400m
- Motoscrapers com rebocadores de dois eixos de 300 a 750m
- Caminhões acima de 900m

O custo dos equipamentos é calculado por hora de utilização, muito embora os pagamentos tenham a tendência de serem feitos pela quantidade de serviço realizada.

Inicialmente são utilizados os dados fornecidos pelos fabricantes que irão sendo ajustados com a experiência.

Os custos totais são separados em custos de propriedade, custos de operação e custos de manutenção.

Nos custos de propriedade são consideradas a depreciação e os juros.

Os custos com combustíveis podem ser estimados considerando-se consumos específicos para os motores diesel, com fator de carga a 100% por:

$$C = 0,267 \text{ l/h.HP (motores de 4 tempos)}$$

Considerando as condições de trabalho leve, médio e pesado, os fatores de carga (f) são respectivamente de 40%, 55% e 75% da plena potência.

Manuais elaborados por fabricantes de equipamentos, como CATERPILLAR (1990) apresentam os consumos específicos médios por tipo de equipamento.

Na falta de dados mais precisos, sobre o consumo de lubrificantes SOUZA E CATALANI (1978) recomendam o uso da fórmula geral a seguir:

$$Cl = 0,0036 \text{ l/HP.f} + C/H$$

Sendo:

F = fator de carga do motor

C = capacidade dos reservatórios de óleo em litros

H = período de troca em horas

Cl = consumo de lubrificantes em l/h

SOUZA e CATALANI, (1978) apresentam o consumo médio de graxa lubrificante em função do tipo de equipamento. Na falta de dados, recomendam adotar como custo dos filtros a metade das despesas com lubrificantes.

Subtrair o custo dos pneus do custo de aquisição do equipamento e considerá-los onerando os custos de operação.

Na falta de dados mais precisos utilizar a vida dos pneus, apresentada por SOUZA e CATALANI (1978).

2.5.2.2 Drenagem

O DER/PR (1996) apresenta os principais dispositivos para a drenagem das estradas e inúmeras recomendações construtivas.

2.5.2.3 Pavimentação

MELO (1981) 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.

Este autor refere-se a países com melhores condições econômicas que as brasileiras que utilizam a pavimentação em alguns trechos, de somente uma faixa de tráfego. Entre estes países tem-se: Austrália, México, Estados Unidos, França, Portugal e Alemanha.

1) A Experiência em Pernambuco

Com base em MELO (1981), apresenta-se um resumo da experiência, em pavimentos estreitos, de rodovias no Estado de Pernambuco.

As características principais são:

- Largura da plataforma : 6,00m
- Largura da pista de rolamento: 3,50m
- Largura do acostamento: 2 x 1,25 m
- Revestimento: Tratamento Superficial Simples ou Duplo.
- Imprimação: Toda a largura da plataforma.

Foram escolhidos trechos com volume de tráfego pouco inferior a 100 veículos por dia, com cerca de 50% de veículos pesados.

Os tempos de percurso, para os usuários, foram reduzidos em cerca de 50%, conforme pesquisa realizada com os usuários e com alguns resultados. (Anexo I, Tabela A1.14).

Além da adequada sinalização vertical e horizontal, foram distribuídos panfletos aos usuários, citando as vantagens do pavimento (maior conforto e reduções de combustível, tempo de viagem e dos reparos nos veículos) e as normas de segurança (velocidade máxima de 60km/h, reduzir velocidades nos cruzamentos e uso do acostamento ao cruzar com outro veículo).

Considerando uma redução de 50% nos custos de operação dos veículos, vida útil do pavimento de 5 anos e taxa de juro de 10% ao ano, o pavimento mostrou-se viável, economicamente, a partir de um volume diário de tráfego total, nos dois sentidos, de 19 veículos por dia.

2) Outras Experiências

Pavimentação das trilhas das rodas com concreto. Rodovia BR – 101, década de 1940 em atoleiros de solos argilosos. MELO (1981).

Austrália usa largas pavimentadas de 3,6m para tráfego constante, de no máximo 125 veículos por dia. MELO (1981).

A AASTHO (American Association of State Transportation and Highways Oficiais), nos Estados Unidos, admite rodovias com uma única faixa pavimentada para tráfego constante de até 100 veículos por dia. Largura da faixa pavimentada de 3,0 a 4,2m e acostamentos de 2 x 1,20 m, no mínimo, e preferencialmente 2 x 1,80 m. MELO (1981).

3) Aplicações e Cuidados

Segundo MELO (1981), a largura do pavimento de uma via está relacionada, basicamente, com as seguintes variáveis: Volume de Tráfego, Natureza do tráfego, Velocidade (de projeto) e Condições Topográficas.

O volume mínimo de tráfego justifica, economicamente, a pavimentação da via estreita e o volume máximo deve atender condições de

segurança e nível de serviço adequado. O volume diário máximo total nos dois sentidos, deve ficar abaixo de 300 veículos por dia.

MELO (1981), calcula segundo a distribuição de Poisson as possibilidades de cruzamento entre veículos, mostrando que este tipo de estrada é adequado para até 300 veículos por dia.

Por razões de segurança, o relevo deve ser plano ou pouco ondulado, de forma a que possam haver adequadas distâncias de visibilidade.

A velocidade máxima permitida é de 60 km/h, para possibilitar condições de segurança nos cruzamentos.

2.5.3 Práticas de Conservação

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

Segundo o IPT (1988) na conservação sobretudo com o uso de moto niveladora, 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, 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) um pneu em asfalto liso dura 100%, em asfalto áspero 90%, em concreto 70%, em estrada 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.

Em algumas vias, ou em locais mais críticos, durante a colheita o revestimento primário deverá ser refeito de modo a permitir o tráfego em qualquer condição de tempo. Segundo EKSE citado por MACHADO (1989) o desgaste do revestimento primário é 25% maior nas curvas horizontais em comparação com tangentes.

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

1) Falta de capacidade, falta de aderência ou deficiência de drenagem causando ondulações, rodeiros 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 executadas 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 20cm de cascalho limpo vindo a seguir tubos perfurados com 20 a 25cm 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.

2) Areiões 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.

3) 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.

4) 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.

5) Pista molhada derrapante. Se for de argila com capacidade de suporte boa; fazer agulhamento com pedras no leito.

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

7) Segregação lateral de material. Fazer mistura com material ligante, substituição por revestimento primário ou agulhamento.

8) 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).

9) Erosões em Ravina. Preencher sulcos com solo local compactado, preenchendo os últimos 30 cm com revestimento primário e compactar.

Prevenção contra 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) em regiões cultivadas, as sangras devem jogar as águas em terraceamentos de curvas de nível (o espaçamento médio entre sangras inicialmente pode ser 20 m em trechos inclinados e a cada 40 m em trechos planos; é importante observar o desempenho para com a experiência efetuar melhores projetos). Os camaleões 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; 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 0,5x0,5x1,1 m 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.

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.

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) se possível vibratórios, trator agrícola e grade.

2.6 ESTUDOS DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE ESTRADAS CONSIDERANDO OS CUSTOS DE OPERAÇÃO DOS VEÍCULOS

A Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), extinta recentemente e tendo suas funções assumidas pela Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), quando criada em 1965, preparou com o apoio de empresas de consultoria internacionais, planos diretores para a construção de vias de transporte, em diferentes regiões brasileiras. Nestes planos, as prioridades foram definidas em função dos custos de construção, manutenção e de operação dos veículos.

O Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), também extinto recentemente e tendo suas funções assumidas pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), a partir da década de 1970, passou a editar entre seus manuais para elaboração de estudos e projetos de estradas, o Manual de Custos de Operação.

Começaram nesta época, a ser efetuados estudos de viabilidade socio-econômica para a implantação de rodovias, com base nas orientações do DNER e de organismos internacionais. Começaram também a ser utilizadas orientações e livros estrangeiros, alguns traduzidos para o português, que consideravam os benefícios obtidos com a redução dos custos de operação dos veículos. Entre estas publicações têm-se:

- ODIER (1970), Les intérêts économiques des travaux routiers (Benefícios Econômicos das Obras Rodoviárias).
- WEILLE (1966), Cuantificación de los ahorros de los usuarios de carreteras. (Quantificação dos ganhos dos usuários de rodovias).
- ADLER (1987), Economic appraisal of transport projects – A manual with case studies, (Apreciação econômica de projetos de transportes - Um manual com estudo de casos).

Estradas construídas pelas entidades governamentais, passaram a receber financiamentos de entidades internacionais tais como o Banco Mundial (BIRD – International Bank for Reconstruction and Development) ou o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID). Essas entidades, para efetuarem o financiamento requerem a apresentação de estudos de viabilidade técnica – econômica.

Entre 1975 e 1981 foi realizada a Pesquisa sobre o Inter-relacionamento dos Custos de Construção, Conservação e Utilização de Rodovias (PICR). Esta pesquisa foi realizada pelo GEIPOT(1981), dentro do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e contou com o apoio de inúmeros técnicos do Banco Mundial, DNER e Texas Research and Development Foundation (TRDF).

A PICR daria origem ao Modelo de Projeto de Rodovias e Padrões de Manutenção (The Highway Design and Maintenance Standards Model – HDM III), WORD BANK(1987), hoje adotado para estudos de viabilidade econômica das rodovias que recebem financiamento do Banco Mundial no mundo todo.

Na década de 80/90, as rodovias na América Latina em geral, ficaram muito deterioradas, certamente por falta de recursos financeiros para a manutenção. Com base neste fato e principalmente para mostrar as perdas que os transportes estavam tendo, o Banco Mundial incentivou a criação do IPC – Instituto Panamericano de Carreteras, cujo lema é a “Transferência de Tecnologia para Melhores Rodovias”.

O IPC recebe o apoio de inúmeras entidades internacionais tais como o Banco Mundial e o Departamento de Transportes dos Estados Unidos (U.S.

Department of Transportation) através da Administração Federal de Rodovias (Federal Highway Administration – FHA).

Em toda a América Latina o IPC criou uma rede para a transferência de tecnologia em manutenção de rodovias. Em Curitiba são membros ativos desta rede o Departamento de Transportes da Universidade Federal do Paraná e o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná —DER/PR.

Este instituto realiza anualmente vários cursos, seminários e congressos nos quais tem sido apresentados inúmeros trabalhos mostrando entre outros aspectos, a importância dos custos de operação.

Em palestras do IPC em São Paulo, no seminário PROVIAL (1993) das regiões sul-sudeste, mencionou-se que: “o que se perdia em custos de operação devido a falta de manutenção das rodovias no México era maior do que todo o Produto Interno Bruto (PIB) deste país”.

Com base nos estudos de custos de operação dos veículos e a dificuldade de obtenção de recursos financeiros para a manutenção das rodovias, o governo brasileiro tem optado pela privatização de importantes rodovias.

ADLER (1987) apresenta estudos de viabilidade econômica para diversos projetos incluindo as estradas considerando os benefícios econômicos obtidos com a melhoria das vias, incluindo a redução dos custos de operação, dos tempos de viagem e dos acidentes.

Os principais métodos utilizados na avaliação econômica de investimentos são apresentados nos livros de análise de investimentos, matemática financeira e engenharia econômica, tais como CASAROTTO (1994) CLEMENTE (1995) .

Em todos os métodos, há necessidade de se considerar uma taxa de juros básica, usada pela empresa, conhecida pelo nome de TMA (Taxa de Mínima Atratividade ou Taxa de Mercado). O valor escolhido para a TMA poderá ser decisivo. CARNIERI (1989) apresenta os resultados de um estudo de determinação da idade ótima de colheita de povoamentos de Eucaliptus em Mogi-Guaçu, SP, efetuados por HOFFMANN, R. e BERGER, R. que concluem que para uma TMA de 5% ao ano, a idade ótima de corte se situa em torno de 8 anos,

com a TMA de 12% ao ano, a idade ótima cai para 5,8 anos e com a TMA de 18% ao ano, a idade cai para 4,7 anos.

Segundo CLEMENTE e SOUZA (1995) a TMA corresponde à mínima taxa de remuneração para que um projeto seja atrativo. A mesma pode corresponder à taxa que a empresa recebe atualmente sobre o dinheiro que seria aplicado no projeto ou a taxa de rendimento dos projetos que a empresa vem realizando ou ainda, à taxa cobrada pelas entidades financeiras, no caso do projeto exigir financiamento.

Os métodos mais utilizados na análise de investimentos do ponto de vista econômico, por pessoas físicas ou empresas privadas, segundo CLEMENTE e SOUZA (1995) são:-

- 1 - Método do Custo Anual.
- 2 - Método do Valor Atual.
- 3 - Método da Taxa Interna de Retorno.
- 4 - Método do Tempo de Retorno do Capital Investido.

Segundo LEITE (1995), no caso de investimentos de empresas, além dos métodos citados podem ser utilizados outros métodos mais abrangentes, tais como:-

- 5 - Método de Benefício - Custo.
- 6 - Método de Relação Incremental de Benefício/Custo.
- 7 - Método de Custo-Eficácia.
- 8 - Técnicas de Classificação.
- 9 - Método de Curvas de Indiferença.

Ainda segundo LEITE (1995), existem outros métodos, em geral com cálculos aproximados, menos utilizados. Na prática, a decisão é feita entre as alternativas considerando-se além dos custos e receitas avaliados economicamente, as outras viabilidades (técnica, financeira, ambiental, política, institucional), que também devem ser satisfeitas e mesmo outros fatores inclusive subjetivos ou imponderáveis, tais como:-

- Mão de obra que ficaria sem trabalho devido à aquisição de determinado equipamento.

- Falta de confiança no veículo ou equipamento; por falta de peças de reposição.
- Homogeneidade da frota de veículos ou de equipamentos.
- Experiências anteriores da gerência com o equipamento, ou marca.
- Prejuízos ao meio ambiente, nível de ruído, poluição do ar , etc..

CASAROTTO (1994) apresenta algumas vantagens e desvantagens dos métodos do custo anual, valor presente e taxa interna de retorno.

2.6.1 Método do Custo Anual

Segundo CLEMENTE e SOUZA (1995) neste método não há a preocupação de alterar a receita, analisa, muitas vezes, somente os valores de custos. É escolhida a alternativa que proporcione o custo mínimo.

Este método pode ser utilizado pelas gerências de transportes florestais para escolher entre o uso de veículos próprios ou de terceiros.

O custo anual dos veículos é dado pelo juro sobre o capital não depreciado no início do ano, mais a depreciação, que são calculados pela seguintes fórmulas de Matemática Financeira:

$$C.A = V_i \times (A/P; i; n) - V_r \times (A/F; i; n) \quad \text{onde}$$

$$(A/P; i; n) = \left\{ \frac{[(1+i)^n \times i]}{[(1+i)^n - 1]} \right\} \quad \text{e}$$

$$(A/F; i; n) = \left\{ \frac{i}{[(1+i)^n - 1]} \right\} \quad \text{ou}$$

$$C.A. = (V_i - V_r) \times (A/P; i; n) + V_r \times i$$

O valor de "(A/P; i; n)" é obtido em tabelas financeiras com o valor da taxa de juros e o número de períodos. Hoje, com computadores e máquinas de calcular mais aperfeiçoadas, são usadas taxas não exatas e são realizados os cálculos com maior facilidade.

No método do custo anual, é válido comparar o custo anual entre alternativas de veículos ou equipamentos de vida econômica diferentes, desde que não sejam considerados fatores tais como: obsolescência, previsões de futuros trabalhos, etc.

Mesmo o método sendo chamado de Custo Anual, pode ser utilizado para custos mensais ou qualquer que seja o período de tempo considerado.

O método também é utilizado para a análise de investimentos que tenham receitas diferentes.

Este método é, também, conhecido pelo nome de Método do Valor Anual Uniforme Equivalente = VAUE.

Segundo CLEMENTE e SOUZA (1995) as vantagens deste método são:

1) Compara veículos ou equipamentos com vidas econômicas diferentes, desde que os investimentos possam ser considerados repetitivos após a vida econômica.

2) Facilidade de cálculo quando o valor inicial for igual ao valor residual ou quando a vida econômica for infinita pois, neste caso, o valor anual é dado por $C.A. = Vi \times i$.

3) É de fácil aplicação no cálculo da vida econômica de veículos, equipamentos e instalações.

2.6.2 Método do Valor Atual

Segundo CLEMENTE e SOUZA (1995) neste método, também é estipulada uma taxa mínima de retorno para os investimentos.

É mais utilizado quando existe uma série de custos e receitas diferentes nos vários períodos de tempo.

Os custos e receitas são sempre considerados no final dos períodos, o que representa uma aproximação porém, os erros introduzidos são pequenos tendo em vista os outros valores que também são estimados: valor residual, vida econômica, etc.

Neste método calcula-se o valor atual do fluxo de caixa, formado pelas parcelas de receitas e custos da gerência do sistema viário e dos transportes, levando-se em conta todas as atividades, em cada período de tempo.

É escolhida a alternativa que apresentar maior valor atual. Com receitas iguais a zero, é escolhida a alternativa que apresenta menores custos totais em valor atual.

Vantagens do método do valor atual ou valor presente:-

1) Apresenta o valor atual total (lucro ou prejuízo) do projeto, em relação ao investimento na TMA.

2) Análise de investimentos isolados ou com poucos períodos, onde o Valor Anual Uniforme Equivalente tem pouco significado prático para uma tomada de decisão.

3) Valores diferentes em cada período e análise de alternativas de mesma duração.

Caso os projetos tenham vida diferentes, este método não é muito prático, pois é preciso considerar a repetição dos projetos até que terminem ao mesmo tempo.

Quando não é possível repetir a alternativa, considera-se que após a vida econômica, os valores são aplicados no mercado com a Taxa de Mínima Atratividade, caso em que o valor atual permanece constante.

2.6.3 Método da Taxa Interna de Retorno

A taxa interna de retorno (TIR), segundo CLEMENTE e SOUZA (1995), corresponde à taxa de juros que anula o fluxo de caixa da alternativa. A taxa interna de retorno corresponde à remuneração de cada unidade monetária, investida no projeto e, também, conduz o fluxo de caixa a um valor futuro igual a zero ou a valores anuais iguais equivalentes também iguais a zero.

Todos os projetos que apresentem TIR maior que a taxa de mínima atratividade (TMA) ou taxa de mercado, são considerados rentáveis e devem ser analisados.

Nem sempre o projeto que apresenta a maior TIR é o melhor, do ponto de vista econômico. Se o projeto que apresenta maior investimento, tiver uma TIR menor, há necessidade de ser comparada a taxa interna de retorno do

investimento adicional com a taxa de mínima atratividade – TMA. Se o investimento adicional representar uma taxa interna de retorno superior à TMA o projeto de maior investimento será o escolhido.

Vantagens do Método da Taxa Interna de Retorno.

- 1) Apresenta o lucro por período da unidade de capital investido.
- 2) Facilidade de cálculo, quando o valor das receitas forem iguais e em grande número.
- 3) Pode ser aplicado em investimentos de tempos de duração diferentes, desde que possam ser considerados repetitivos.

Uma das dificuldades do método da taxa interna de retorno ocorre quando os fluxos de caixa têm várias inversões de sinal (períodos de lucros e períodos de prejuízos). Nestes casos, existem taxas múltiplas de retorno, sendo preferível o uso dos métodos anteriores.

Outra dificuldade é a necessidade de que sempre ocorram valores positivos (lucros) no fluxo de caixa em análise.

HESS, MARQUES, PAES e PUCCINI (1971) apresentam no capítulo de Estudos Governamentais considerações sobre os métodos do benefício-custo, razão benefício/custo e razão incremental benefício/custo.

2.6.4 Método de Benefício-Custo (B-C)

Embora chamado de método de Benefício-Custo, este método é o mesmo do Valor Atual ou método do Valor Presente Líquido (VPL), utilizado na avaliação de projetos quando todos os benefícios e custos envolvidos no projeto são trazidos através do uso das fórmulas de matemática financeira, para o valor presente e, em seguida, é feita a subtração.

Da mesma maneira, todos os custos e benefícios podem ser transformados em valores anuais uniformes equivalentes, quando este método se confunde com o método dos Valores Anuais Uniformes Equivalentes (VAUE). No

caso de vários projetos, com diferentes durações, esta forma de análise é mais usual do que a anterior.

2.6.5 Método da Relação Benefício/Custo (B/C)

É semelhante ao método anterior, os valores dos custos e benefícios são trasladados com o uso da matemática financeira para o mesmo tempo; podem ser levados ao valor atual ou transformados em valores anuais uniformes equivalentes e, em seguida, o valor dos benefícios é dividido pelo valor dos custos. O projeto é considerado viável, se a relação resultar maior ou igual a 1,00.

No caso de vários projetos é preciso, como no método da Taxa Interna de Retorno (TIR), analisar o investimento adicional, pois nem sempre o projeto com maior relação Benefício/Custo é o melhor se os projetos forem exclusivos.

Uma das dificuldades é saber se a redução dos custos de conservação é uma redução de custos ou um aumento dos benefícios, pois os resultados são diferentes.

2.6.6 Método da relação incremental de benefício/custo ($\Delta B/\Delta C$)

Neste método, faz-se uma relação dos projetos por ordem crescente dos investimentos iniciais e comparam-se os projetos dois a dois.

Compara-se o projeto de menor investimento com o seguinte; enquanto a relação de acréscimo $\Delta B/\Delta C$ for menor que "1". Sendo maior que "1", significa que o projeto seguinte é melhor que o anterior e passa-se a usá-lo nas comparações.

TRANSPORTS CANADÁ (1982) apresenta a seguir, outros métodos de avaliação econômica de alternativas.

2.6.7 Método de Técnicas ou Critérios de Classificação

As técnicas de avaliação de alternativas baseadas em critérios de classificação, requerem a análise do desempenho das mesmas segundo uma série de critérios, que devem ser desenvolvidos em cada caso.

Normalmente, são atribuídos pesos para cada um dos critérios, de forma que o desempenho global de cada alternativa possa ser avaliado em relação a uma única dimensão.

A grande dificuldade deste método reside na atribuição, no caso subjetiva, dos pesos relativos entre os diferentes critérios.

A segunda maior deficiência é a dificuldade em comunicar-se o desempenho relativo das alternativas às autoridades que decidem. O que faz com que esta técnica possa ser, em muitos casos, mais uma regra de decisão do que prover informações para o poder decisório.

No quadro 3, a seguir, apresenta-se uma lista de critérios ou medidas de objetivos a título de exemplo.

QUADRO 3: CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS

MEDIDAS DE OBJETIVOS DE TRANSPORTADORES	
- Acessibilidade	- Custos diretos da viagem
- Tempo total de deslocamento	- Área de cobertura
- Tempo de Acesso	- Taxa de acidentes
- Congestionamentos	
- Custo total da viagem	
MEDIDAS DOS OBJETIVOS DA EMPRESA	
- Receita bruta	- Produtividade
- Custos de Operação	- Utilização das facilidades
- Custos de Investimentos	- Consumo de terrenos

Fonte: TRANSPORTS CANADÁ (1982)

2.6.8 Método do Custo – Eficácia

No método anterior ocorrem dificuldades para se obter os pesos que reduzem um vetor de critérios de avaliação a um único valor; neste método, cada alternativa é avaliada em espaços multi-dimensionais de custo-eficácia.

No método do Custo-Eficácia os atributos das alternativas são classificados em custos e critérios de avaliação ou medidas de eficácia. Os atributos das alternativas não são reduzidos a um único valor.

O TRB-Transportation Research Board dos Estados Unidos estabelece as seguintes orientações gerais, para aplicação do método de custo-eficácia, apresentadas no “Manual de Transportes Canadense” TRANSPORTS CANADÁ (1982):

a) O processo de avaliação deve fazer uma distinção cuidadosa entre os custos e as medidas de eficácia (positivas e negativas).

b) Considerar a incidência dos custos e efeitos sobre os vários grupos da população (definidos por características socio - econômicas e localização).

c) Efetuar análises marginais avaliando o impacto de investimentos adicionais na eficácia de cada alternativa.

d) O processo de avaliação mostra as diferenças entre as alternativas de forma a facilitar a decisão.

e) Analisar incertezas relacionadas com previsões de cada alternativa com análises de sensibilidade.

Neste método, os resultados analíticos são fornecidos pelos técnicos às autoridades, não ocorrendo regras diretas de decisão.

Como exemplo de custos e medidas de eficácia a serem analisados, em projetos gerais de transporte, têm-se os seguintes, segundo o TRB:

- Fatores de projeto - Custos operacionais de veículos, custos de acidentes, velocidade média do tráfego, distância de viagem, etc.

- Fatores de transporte - Volume médio diário de tráfego, volume de pico, demanda por transporte, etc.

- Preferências Pessoais - Conforto e conveniência.
- Fatores Sociais - Nível de ruído, poluição do ar, número de famílias removidas devido à obra, número de empregos eliminados ou relocados, etc.
- Fatores Comunitários - Área total ocupada, eliminação de áreas de recreação, prejuízos a locais históricos, grau de atendimento de metas da comunidade, etc..
- Fatores Estéticos - Obstrução de panoramas, beleza de obras de arte, etc.
- Benefícios aos não usuários - valorização da propriedade, atração de novas indústrias, aumento de atividades comerciais, etc.

2.7 ASPECTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

Os aspectos ambientais e sociais para o sistema viário e os transportes são considerados com a mesma importância dada aos aspectos técnicos e econômicos.

Segundo BELLIA e BIDONE (1993), a Rússia, já em 1600, apresentava leis ambientais e no Brasil, desde o século passado, já haviam leis de proteção da madeira, donde a expressão "Madeira de Lei". As preocupações com o meio ambiente passaram a ser mais prioritárias para o mundo a partir de 1972 com a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento de Estocolmo na Suécia e mais tarde em 1992 no Brasil, conhecida como Rio 92. Neste ano, 2002, a conferência da ONU se realiza na África do Sul.

Nos últimos anos, os órgãos ligados ao meio ambiente tiveram um crescimento bastante grande. Hoje o IAP tem uma estrutura em termos de instalações e pessoas, superior ao órgão responsável pelas estradas estaduais no caso, o DER/PR e o próprio IBAMA apresenta maior estrutura que o ex-DNER (hoje DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes).

Segundo o DER/PR (2000) no EIA são desenvolvidas entre outras as seguintes atividades principais:

- diagnóstico ambiental (meios físico, biótico e sócio-econômico);
- análise de impactos ambientais do projeto e suas alternativas;
- estudo de medidas mitigadoras;
- elaboração dos programas de acompanhamento e monitoramento dos impactos;

Segundo o DER/PR (2000) o RIMA apresenta um resumo do EIA, apresentando as conclusões relativas aos:

- objetivos e justificativas do projeto;
- alternativas tecnológicas e locacionais;
- diagnóstico ambiental;
- impactos ambientais;
- qualidade ambiental futura, com e sem o projeto;
- medidas mitigadoras;
- programas de acompanhamento e monitoramento e
- recomendação das alternativas mais favoráveis.

Segundo o DER/PR (2000), os estudos ambientais são 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 sequência de atividades, tais como o Plano Diretor, os Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica, os Ante-Projetos e Projetos Finais de Engenharia.

Com respeito ao meio ambiente, também ocorre uma sequência de eventos, logo após a realização do EIA e RIMA, define-se o Projeto Básico Ambiental Rodoviário (PBAR), o Plano de Controle Ambiental (PCA), que também pode ser chamado de Plano Básico Ambiental (PBA) e Plano de Recuperação Ambiental (PRA); esses últimos documentos propõem as soluções, ações e projetos necessários, conforme os problemas relatados nos estudos iniciais (EIA e RIMA).

Os estudos e planos identificam e detalham uma série de programas ligados ao controle e melhoria do meio ambiente, como o programa de controle de processos erosivos, o programa de recuperação de áreas degradadas, o

programa de saúde da mão-de-obra, o programa e comunicação social e o programa de sinalização e segurança viária.

As equipes que trabalham nos estudos ambientais 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.
- Ministérios 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 a 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 CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, pertencente ao Ministério do Meio Ambiente e resolução 031/98 da SEMA – Secretaria do Estado do Paraná de Meio Ambiente); 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.

As empresas florestais, muitas vezes com o apoio de consultores, apresentam propostas para realização destes estudos, com base nos Termos de Referência, que são examinadas, ajustadas e aprovadas pelos Órgãos Ambientais Licenciadores; neste caso é possível que o próprio município conceda as licenças ambientais, podendo haver necessidade do cumprimento das exigências do IAP e mesmo do IBAMA para os projetos mais importantes.

Os estudos ambientais consideram os impactos sobre o meio físico (ar, água, clima, solo, subsolo), meio biológico (fauna e flora) e meio socio-econômico ou antrópico (sociedade humana em aspectos tais como: sociais, culturais, econômicos, históricos, arqueológicos, uso de solos e águas).

Segundo LOPES (1999), estes estudos são bastante detalhados e a equipe necessária para a realização dos mesmos para rodovias, deve ser constituída por:

- Coordenador Geral
- Coordenadores Setoriais (Meio físico, meio biótico, meio sócio-econômico e para a caracterização do empreendimento).
 - Equipe técnica para o Meio Físico: Geólogo; Eng. Florestal, Agrônomo ou Pedólogo; Hidrólogo ou Geógrafo; Meteorologista ou Geógrafo.
 - Equipe técnica para o Meio Biótico: Biólogos especialistas em mastofauna, ictiofauna, avifauna e flora (para a flora pode ser um Engenheiro Florestal ou Agrônomo).
 - Equipe técnica para o Meio Sócio-Econômico: Sociólogo; Economista ou Geógrafo.

Pode haver ainda a necessidade de engenheiro químico, para estudos de poluição hídrica, arqueólogo, arquiteto e advogado.

Esta equipe trabalha nos estudos ambientais durante alguns meses e conforme pode-se observar, trata-se de uma equipe equivalente à equipe necessária para a realização de um projeto final de engenharia.

2.7.1 Aspectos ambientais e sociais relacionados com a melhoria da rede viária florestal

Segundo FRAENKEL (1980) foi o desenvolvimento dos transportes, no início do século XIX, o responsável pelo aumento da produção, a especialização na produção de certos produtos por regiões e o aparecimento de saldos, que puderam ser poupados, comercializados, capitalizados e investidos, iniciando-se então o crescimento econômico.

Segundo LUGO (2000) as rodovias representam um componente crítico para as civilizações; “O desenvolvimento e manutenção da atividade econômica que é vital para a qualidade da vida moderna, seria muito difícil sem a existência das rodovias”. Além da facilidade de transporte de mercadorias, as rodovias constituem-se no acesso, para que as pessoas estudem, desfrutem e contemplem os ecossistemas naturais.

ARAUJO (2001) no livro *Regulamentação do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos Comentada* apresenta aspectos básicos para o treinamento dos motoristas. São examinadas as várias causas dos acidentes de tráfego com sugestões para o treinamento em direção defensiva dos motoristas profissionais.

Segundo ARAUJO (2001), aos fatores humanos tais como: dormir ao volante, ingerir bebida alcóolica, ingerir drogas, fadiga, inexperiência, doença, excesso de velocidade, reflexos limitados, não manter distância, falta de atenção, ultrapassagem insegura, falta de atenção e outros, são atribuídos a grande maioria dos acidentes.

Para evitar acidentes com os animais são construídas as passagens inferiores. RATTON et all. (2002) recomendam que a altura livre destas passagens deve ser superior ao comprimento dividido por dez e que a largura deve ser maior que duas vezes a altura.

A implantação das estradas florestais apresenta aspectos específicos. LIMA et all. (2002) apresentam uma série de medidas para minimizar os impactos ambientais de melhoria de uma estrada em terra indígena (Ecovia Katukina). Entre as particularidades deste trabalho têm-se:

As medidas de proteção ambiental foram estudadas a partir da realização de percurso a pé pela rodovia existente (em 18 km, no caso) com o acompanhamento de indígenas que indicavam os locais de travessia mais freqüentes de animais e até as quantidades e tipos, foram identificados também os arbustos para comporem cerca viva de proteção. Definiu-se: a construção de um passeio lateral com grama, visto que os índios andam descalços, locais onde é permitida a parada de veículos longe das passagens de animais. Na estrada

apresentada são proibidas as ultrapassagens e a velocidade máxima é de 60 km/h e mínima de 30 km/h e foi prevista a implantação de cerca viva ao longo de toda a estrada. Além disso, nos locais de passagens em desnível dos animais (2,0 m de largura por 1,60 m de altura) foram implantados agrupamentos de espécies vegetais que servem de alimento para a fauna.

Segundo o “Manual Rodoviário de Conservação, Monitoramento e Controle Ambientais” do DNER (1996), as estradas devem ser monitoradas após sua construção sendo que as seguintes medidas são necessárias para evitar uma maior agressão ao meio ambiente:

- Redução da inclinação dos taludes originais
- Criação de banquetas
- Proteção vegetal
- Canaleta de crista de corte
- Canaleta de banqueteta
- Canaleta de pé de aterro
- Descida d'água
- Implantação de drenagem superficial
- Muros de contenção

É importante que as empresas florestais, exerçam o papel de gestoras das estradas de sua propriedade e que possam integrar comitês gestores das outras estradas. Segundo ARAUJO e MOURA (2002), estes comitês, deverão estabelecer normas e fazer a fiscalização para que além das recomendações apresentadas pelo DNER (1996) sejam também observadas as seguintes:

Nas faixas marginais das estradas é proibido exercer atividades que ameacem a fauna ou flora da região; exercer atividades que provoquem erosão do solo e assoreamento das coleções hídricas; a fixação de placas, tapumes, avisos, sinais ou quaisquer outras formas de comunicação visual ou publicitária não poderá ser efetuada sem prévia autorização; não poderá haver o lançamento de detritos ou águas servidas sem o devido tratamento na rede de drenagem natural; não poderá ser abandonado lixo de qualquer natureza; não poderá haver a prática de queimadas e desmatamentos sem prévia autorização; não poderá haver a

introdução de espécies de flora e fauna exóticas à região; o tráfego de veículos automotores em alta velocidade será proibido, assim como a produção elevada de ruídos ou peso superior ao permitido e também será proibida a construção de barragens, diques ou estradas vicinais sem drenagem adequada que provoquem alterações no regime hídrico natural da região.

Entre outras medidas de controle ambiental para as fases de construção, conservação e operação das vias apresentadas pelo DER/PR (2000), têm-se:

- Após o uso de pedreiras e jazidas de materiais recobri-las com terra vegetal.
- Projetar ponte e bueiros com maiores larguras se possível até preservando o espaço das matas ciliares e passagem de animais.
- Evitar a construção de corta-rios.
- Conduzir água coletada em sarjetas e valetas até locais estáveis do ponto de vista de erosão.
- Evitar a produção de taludes intransponíveis.
- Utilizar aparelhos de GPS, aerolevantamentos e ortofotocartas digitais reduzindo a necessidade de abertura de picadas.
- Recobrir taludes de corte e aterro com vegetação nativa.
- Utilizar práticas de canalização para redução de acidentes em interseções.
- Optar por pedreiras já em exploração quando possível.
- Caso se criem passagens inferiores para a fauna considerar a colocação de cercas e telas de proteção para direcionar a fauna para as passagens.
- No caso de pedreiras e instalações de britagem, manter pátios e caminhos de serviço úmidos para evitar poeira.
- Manter motores de todos os equipamentos regulados reduzindo a emissão de fumaça.
- Impedir que a saia de aterros atinja os cursos d'água e provoque assoreamento, represamento ou alteração do curso.
- Instalar depósitos de óleos, graxas e materiais betuminosos afastados dos cursos d'água.

Verifica-se que as medidas propostas coincidem em grande parte, com aquelas relativas a uma boa técnica construtiva.

O DNER, também, através das IPA - Instruções de proteção ambiental das faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais, DNER (1996), apresenta uma série de recomendações para minimizar os aspectos ambientais negativos. Procura-se integrar a rodovia na paisagem e fazer com que ocorra maior conforto e segurança aos usuários, minimizando impactos negativos na fauna e flora.

Considerando os aspectos ambientais, a FESA (2000), (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 é dividido nas seguintes partes: Valores; Guias operacionais para rodovias e rotas de extração; Guias operacionais para colheita e Operações após a colheita.

O código apresenta uma série de orientações, muitas vezes relacionadas especificamente, 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, por exemplo), visando a produtividade.

FESA (2000) recomenda o uso do código para:

- Planejamento: de rodovias florestais, rotas e colheita de Madeira.
- Monitoração: da operação de colheita e transporte.
- Auditoria: durante e após as fases de colheita e transporte.

LUGO e GUCINSKI (2000) 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 biotipos diferentes e trocam matéria e energia com outros ecossistemas, além de sofrerem mudanças com o tempo.

Como produto final de convênio de cooperação técnica entre o Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná – DER/PR, representado por sua Assessoria de Meio Ambiente – AMA e seu Centro de Treinamento – CETRE com a Universidade Federal do Paraná - UFPR e a Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná – FUPEF foi publicado em meados de 2000, o “Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias”. Esta obra constitui-se numa das mais importantes publicações de nosso meio relacionando o sistema viário e os aspectos ambientais.

Constam desta publicação, entre outros os seguintes temas:

- Visão global de um empreendimento rodoviário – mostra a importância das estradas e dos transportes e procura inserir a variável ambiental nas fases de seleção, concepção, projeto, construção e operação dos empreendimentos viários.
- Licenciamento Ambiental – descreve os tipos de licença (prévia –LP; de instalação – LI e de operação – LO) em conjunto com as etapas do empreendimento.
- Estudos e projetos ambientais – apresenta os elementos básicos do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, Projeto Básico Ambiental Rodoviário – PBAR, Plano de Controle Ambiental – PCA e Plano de Recuperação de Áreas Degradadas - PRAD. São apresentados inclusive exemplos de cálculo do custo para a realização de estudos, projetos e serviços ambientais para obras rodoviárias.
- Instruções Ambientais na Fase de Projetos – apresenta um conjunto de impactos negativos decorrentes da construção de estradas.
- Instruções Ambientais na Fase de Obras – apresenta medidas para evitar ou minimizar os problemas ambientais.
- Instruções Ambientais na Fase de Operação – apresenta medidas de controle durante a operação, incluindo o transporte de produtos perigosos.

- Gerenciamento Ambiental – apresenta a avaliação periódica dos efeitos ambientais.

- Passivo Ambiental - apresenta as formas de levantamento do passivo ambiental.

Em seu anexo, o Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias apresenta as legislações ambientais, roteiros para elaboração do EIA e RIMA, paisagismo rodoviário, normas e procedimentos para audiências públicas e glossário.

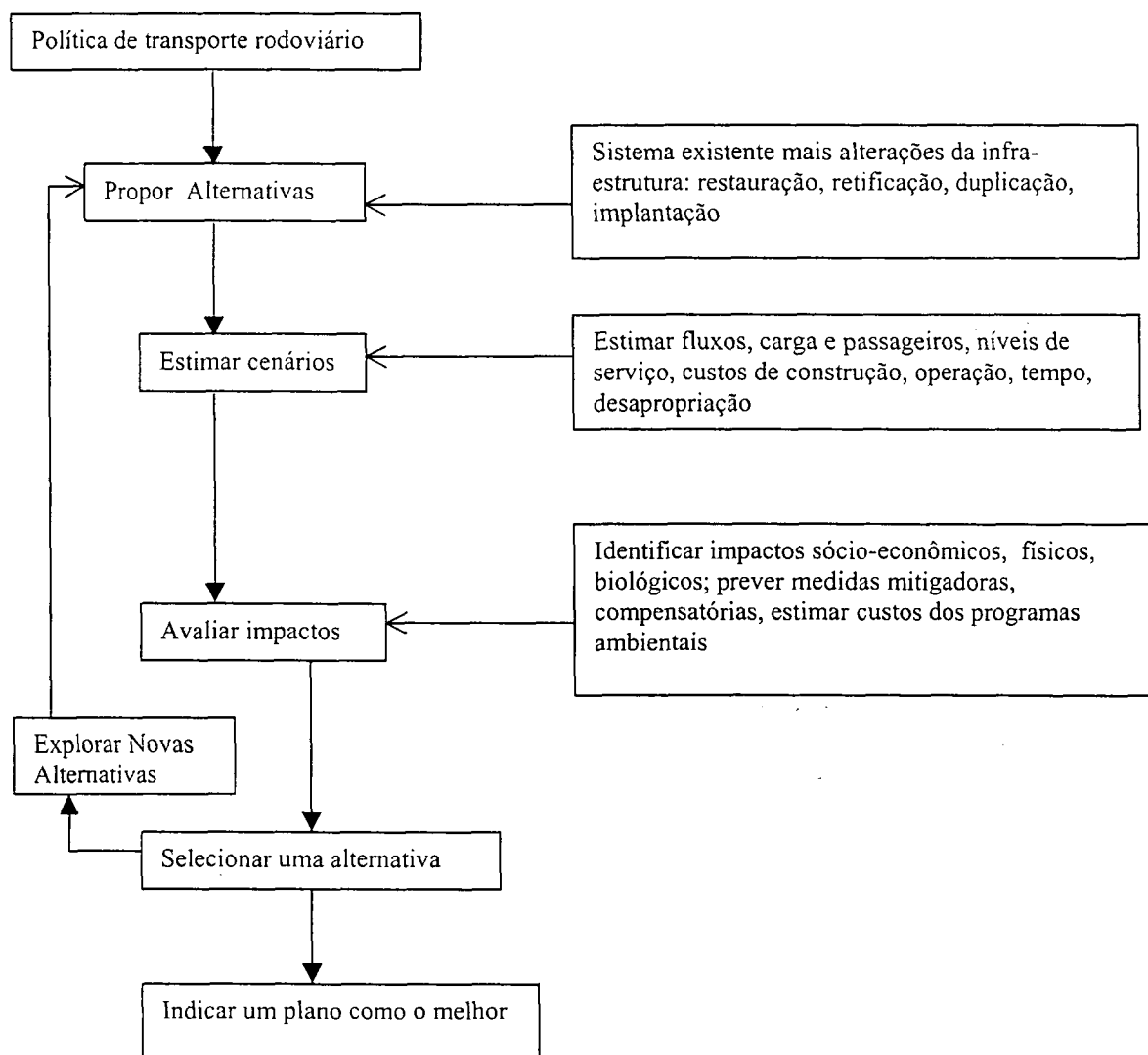
A atenuação de muitos impactos ambientais das estradas poderá ser obtido com um bom projeto paisagístico. O Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias – DER/PR (2000) apresenta roteiros e detalhes para a elaboração deste projeto. Uma vegetação adequada pode evitar incêndios, proteger a estrada contra erosões, diminuir o assoreamento, colaborar com a sinalização e mesmo reduzir impactos de acidentes.

Além do DNER, o DER/PR e o DAER/RS possuem manuais de meio ambiente para obras rodoviárias. Um fluxograma para o processo de planejamento do sistema viário, apresentado pelo Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias - DER/PR (2000) é reproduzido na Figura 3.

Pelo fluxograma do processo de planejamento do sistema viário (Figura 3), observa-se que as fases de proposição de alternativas e estimativas de cenários constituem-se principalmente em atividades de engenharia rodoviária e economia de transportes, enquanto que os estudos ambientais constituem-se principalmente nas atividades de avaliação de impactos. Os impactos ambientais, como citado pela referência, podem levar também à proposição de novas alternativas.

As atividades do Instituto Ambiental do Paraná - IAP poderão ser realizadas por Secretaria Municipal do Meio Ambiente, caso a via esteja localizada em um único município e o mesmo tenha estrutura organizada para efetuar o licenciamento ambiental.

FIGURA 3 : FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PLANEJAMENTO DO SISTEMA VIÁRIO



Fonte: Manual de Instruções Ambientais para Obras Rodoviárias DER/PR (2000)

O IBAMA concede as licenças ambientais para as estradas localizadas ou desenvolvidas no Brasil e país limítrofe, em terras indígenas, em terras da União ou que corte dois ou mais Estados; ou seja para grandes empreendimentos e, normalmente, após o exame técnico dos órgãos ambientais estaduais e municipais.

O IAP concede as licenças quando a via é localizada em mais de um município, em terras de domínio estadual ou quando o licenciamento for delegado pela União.

SOUZA GOMES et all. (2002), apresentam um Plano de Implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA), de Segurança e Saúde.

A implantação do SGA, segundo estes autores, é importante também para o processo de certificação das empresas através das normas ambientais, tais como a ISO 14.000.

Os SGAs são formados por uma uma série de princípios, diretrizes, normas de gestão e programas de monitoramento e de educação ambiental. No Quadro 4, apresenta-se exemplos de componentes de um sistemas SGA.

QUADRO 4: EXEMPLO DOS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

Exemplo de Princípios:
Manter uma postura permanente de antecipação dos impactos ambientais buscando a proteção do ser humano, do meio ambiente e do patrimônio sócio-cultural.
Buscar a minimização dos riscos humanos, fornecendo a garantia da Segurança e saúde do trabalhador e a Segurança dos usuários.
Exemplo de Diretrizes:
Manter o binômio Segurança e saúde do trabalhador dentro das normas de segurança e medicina do trabalho.
Coibir e desestimular a prática da caça e pesca.
Exemplos de Normas de Gestão:
Identificar e prevenir riscos ambientais potenciais na rodovia evitando queda de blocos de pedras, escorregamentos de taludes, acomodação e/ou afundamento de solos, riscos de acidentes com derramamento de produtos perigosos.
Buscar apoio de consultoria e/ou convênios com universidades ou entidades públicas especializadas.
Exemplos de Programas de Monitoramento:
Qualidade da água; ar; níveis de ruído; do solo durante as obras; dos sistemas ecológicos.
Exemplos de Outros Programas:
Educação ambiental e comunicação social, treinamento, controle de produtos perigosos e plano de emergência para atendimento de acidentes, auditoria ambiental.

Fonte: SOUZA GOMES et all. (2002)

As auditorias e relatórios anuais das empresas deverão atender às recomendações da Lei de Auditoria Ambiental do Estado do Paraná, promulgada em 11/02/2002.

2.7.2 Educação sócio-ambiental

Para a educação socio-ambiental, KÜLLER (2002) apresenta um código de conduta, representado por “dez mandamentos”. Este código é constituído por cinco obrigações e cinco proibições, conforme apresentado no Quadro 5.

QUADRO 5 – CÓDIGO DE CONDUTA – DEZ MANDAMENTOS DO COLABORADOR

Obrigações:
1-Respeitar Comunidade e Companheiros
2-Proteger solo, água e ar
3-Conservar patrimônios brasileiros
4-Recuperar áreas degradadas por obras
5-Gerenciar lixo e resíduos de obra
Proibições:
1-Interferir com a vida silvestre (caçar, molestar, domesticar)
2-Interferir com a vida vegetal – coletar folhas, raízes, mudas, etc.
3-Portar armas brancas e de fogo
4-Bebidas alcoólicas (no trabalho e alojamentos) e entorpecentes
5-Acender fogueiras ou fazer queimadas

Fonte: KÜLLER (2002)

Além disso segundo KÜLLER (2002), todos os encarregados e operadores dos equipamentos de construção recebem um crachá, onde estão listadas quinze diretrizes ambientais, conforme Quadro 6.

MARTINAZZO e ALMEIDA (2002) apresentam inúmeros cursos que são oferecidos na área do sistema viário relacionados com aspectos sociais e ambientais.

QUADRO 6 – CRACHÁ PARA ENCARREGADOS E OPERADORES DE EQUIPAMENTOS

1) Observar e aplicar o Código de Conduta do Colaborador
2) Proteger a vegetação preservada
3) Observar, prevenir e controlar as erosões
4) Conhecer e respeitar as condições de suporte do terreno
5) Trafegar sempre dentro dos limites de velocidades permitidos
6) Trafegar e estacionar somente em locais utilizados e/ou autorizados para tal
7) Cuidar da manutenção para evitar emissão ou vazamento de poluentes
8) Conter, absorver e reparar imediatamente vazamentos
9) Utilizar aparador ao abastecer para prevenir derramamentos no solo
10) Proteger o solo ao armazenar tambores, galões de óleo/combustível
11) Armazenar corretamente materiais contaminados e depositá-los em locais adequados
12) Abastecer somente em locais distante de corpos de água naturais ou de reservatórios
13) Rios, lagos etc. não são usados para lavagem de veículos, máquinas e equipamentos
14) Armazenar baterias e pneus ao abrigo de chuvas, em local seco
15) Portar e conhecer as Licenças Ambientais e suas Diretrizes

Fonte: KÜLLER (2002)

3 MÉTODOS E MATERIAL

3.1 MÉTODO DO ESTUDO DE DEMANDA PROPOSTO COM BASE NO MODELO DE QUATRO ETAPAS

Nos livros de planejamento de transportes, como ITTE (1971) e MELLO (1975), são apresentadas várias metodologias para previsão do tráfego; entre estas, uma das mais utilizadas é a do modelo de quatro etapas. Neste caso, os volumes de tráfego na rede viária prevista são obtidos através de estudos de geração, divisão modal, distribuição e alocação.

Na Figura 4 apresenta-se um processo de planejamento de transportes no qual está inserido o modelo de quatro etapas.

A seguir, apresenta-se um exemplo simplificado para previsão dos volumes de carga, com base neste modelo.

Considere-se um reflorestamento, para o qual se deve estabelecer o transporte da produção da forma mais econômica possível.

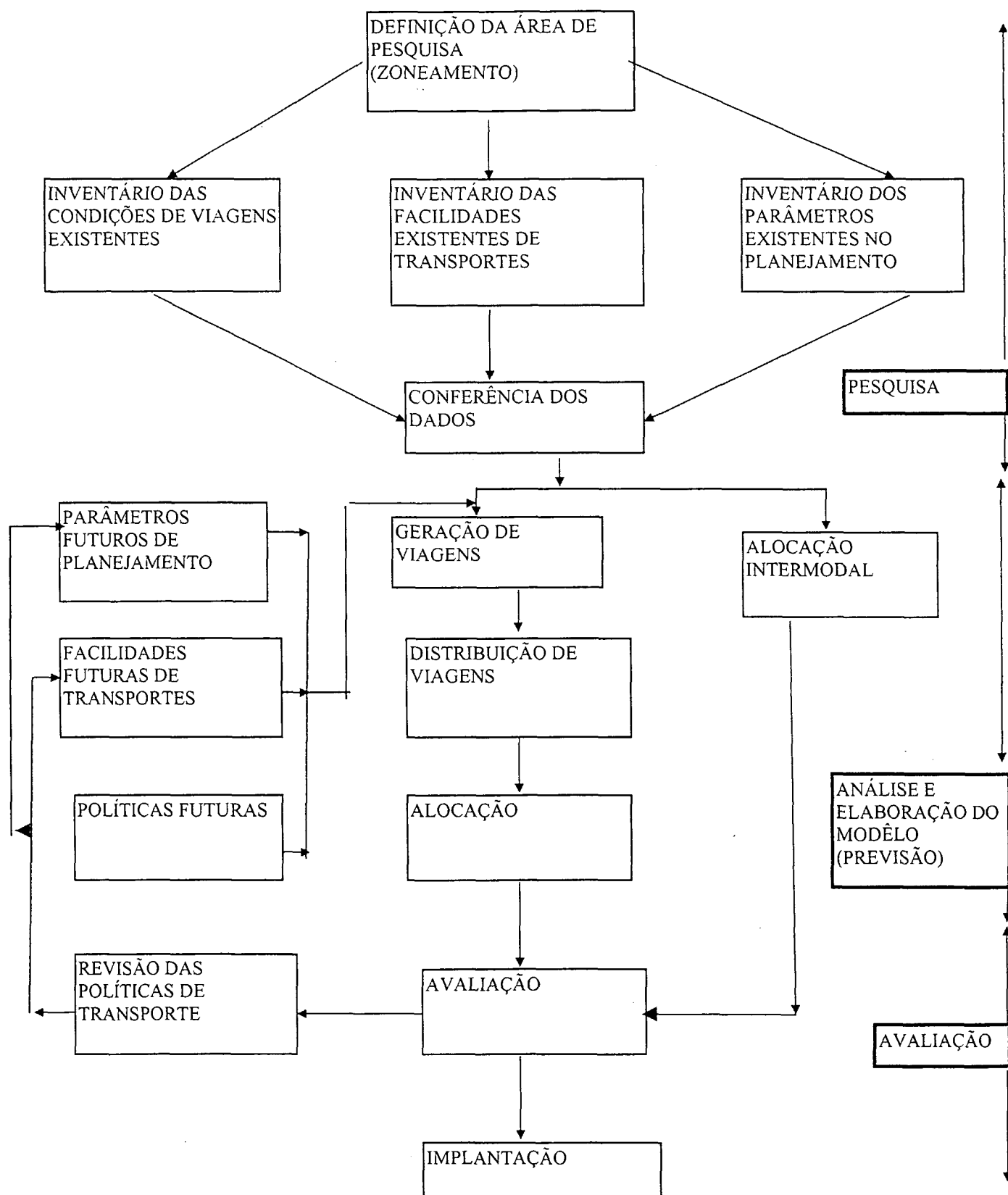
Seguindo-se o fluxograma do processo de planejamento de transportes, indicado na Figura 4 tem-se:

3.1.1 Fase de pesquisa

Segundo KRETECHEK (1996), o primeiro passo consiste na definição da área de trabalho.

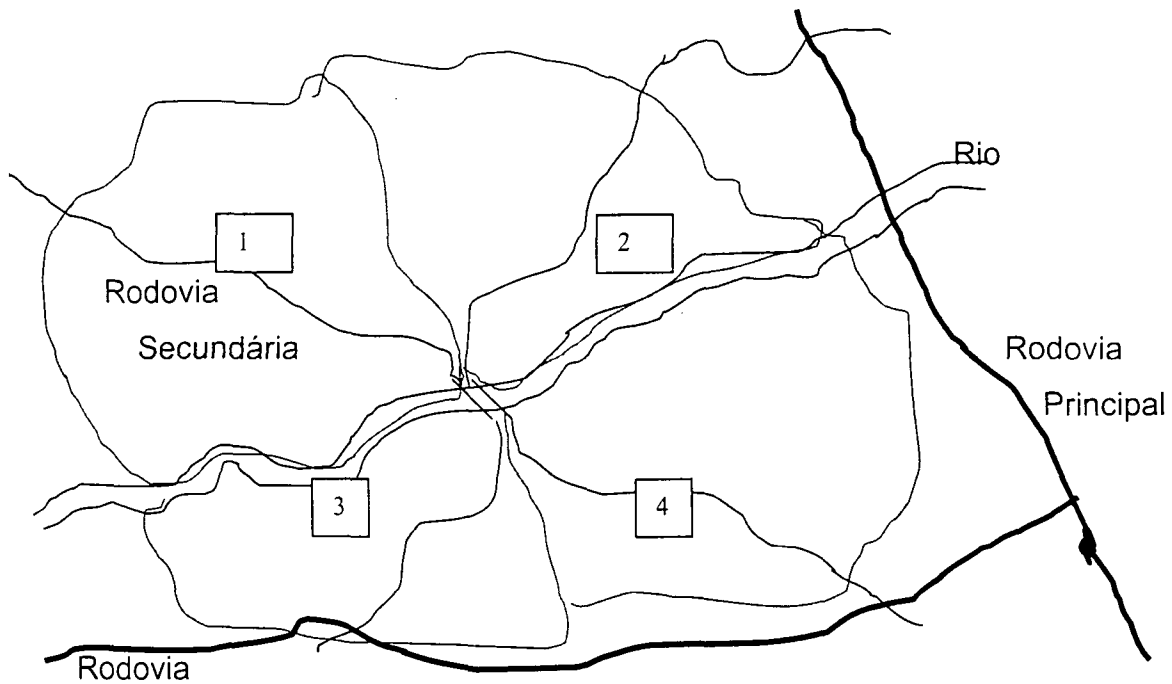
Desenha-se um mapa (Figura 5) em escala apropriada (1:10.000) da floresta, mostrando o sistema viário existente, rios, aspectos do relevo e condições da floresta. Este mapa permite que sejam definidas as áreas consideradas de produção homogênea na floresta, as quais no caso dos reflorestamentos, podem coincidir com os talhões por espécie, de mesma idade.

FIGURA 4: PROCESSO DE PLANEJAMENTO DE VIAS DE TRANSPORTE



Fonte: Mello (1975)

FIGURA 5 : MAPA DA ÁREA FLORESTAL ESTUDADA COM O SISTEMA VIÁRIO EXISTENTE, PRINCIPAIS OBSTÁCULOS NATURAIS E ÁREAS HOMOGÊNEAS



Com o mapa e um inventário geral são definidas as áreas homogêneas. Estas áreas são definidas em função do sistema viário existente e as melhorias projetadas, as espécies, idades e formas previstas para a colheita. Cada área é representada por seu centro de gravidade, que é conectado de forma fictícia ao sistema viário mais próximo. Na definição das áreas, observa-se por qual segmento do sistema viário sai a produção de madeira da área considerada. Os limites da área são definidos pelos acidentes geográficos e pontos de indiferença em relação ao sistema viário a ser usado na colheita.

O inventário é composto de três partes principais:

1) Inventário das facilidades de transporte existentes e futuras. Para o cálculo dos custos de operação necessita-se da extensão, condições da superfície, greides e raios de curvas. No caso das pontes e pontilhões obtêm-se a carga máxima de suporte. Para as melhorias planejadas são consideradas as futuras características físicas, sendo consideradas inclusive, alternativas num mesmo

traçado com greides e curvaturas diferentes, para posterior análise em função dos volumes das cargas a serem transportadas.

2) Inventário das condições de viagens existentes e futuras. Caso a floresta esteja em exploração, obter os volumes de cargas com sua origem em cada talhão e o destino, assim como os dados dos veículos que fazem o transporte. São conhecidos também destinos futuros da produção da floresta. No caso florestal normalmente a previsão de viagens será efetuada em função do plano de manejo, podendo para os segmentos finais da malha viária não haver fluxo contínuo de caminhões. A vida econômica de cada segmentos é otimizada, para os segmentos finais, com tráfego descontínuo, a mesma corresponderá até a uma única rotação.

3) Inventário dos parâmetros existentes de planejamento. Neste caso, obter os dados que possam caracterizar a produção atual e futura da floresta. A produção futura por área homogênea é função do número de árvores de cada espécie com sua idade, de dados do sítio, como a disponibilidade de água, nutrientes e radiação solar. Estes dados são levantados por área homogênea da floresta ou se for mais conveniente pelos talhões. A evolução dos parâmetros que estão relacionados com a produção é obtida para todo o período considerado na análise das melhorias do sistema viário.

A precisão dos estudos e a definição das melhorias do sistema viário depende dos dados obtidos.

A fase seguinte é a de modelagem, que tem como finalidade a obtenção dos volumes de transporte em cada um dos segmentos da malha existente e prevista.

3.1.2 Fase de análise e elaboração de modelos

Esta fase consiste em elaborar modelos do tipo "quatro etapas" (geração, distribuição, divisão modal e alocação) com os dados obtidos na fase de pesquisa.

1) Geração de cargas/viagens

São elaboradas equações de regressão. Estas equações são desenvolvidas para cada uma das áreas homogêneas ou talhões da floresta. A finalidade destes modelos é a obtenção da produção atual e futura da madeira de

cada área homogênea. Neste caso, são adotados modelos de regularização da produção para o conjunto de todas as áreas. São usados os modelos apresentados por BUONGIORNO e GILLES (1987) e CARNIERI (1997).

São desenvolvidos modelos que relacionem a produção de madeira com a área de cada talhão, idade das árvores, espécies, disponibilidade de nutrientes, tipos de solos, radiação solar, disponibilidade de água e outras características.

Os coeficientes do modelo são aferidos por estudos de regressão, tendo os valores das variáveis independentes e a produção atual.

$$\text{Ex. } Y = a.A + b.I^c + d.N^e$$

Y = produção média prevista num dado ano, de madeira em toneladas

A = área do talhão

I = variável relacionada com a idade e espécie do talhão

N = variável relacionada com o nutrientes, tipo de solo e clima.

a, b, c, d, e e são coeficientes a serem determinados pela análise de regressão.

O valor de Y (produção por ano) varia no futuro em função da evolução das variáveis independentes.

Os volumes atuais de cargas provenientes de colheitas em realização, são obtidos na fase de pesquisa, conhecendo-se suas origens e destinos. Pelo estudo de geração são previstos os volumes futuros a serem produzidos em cada área homogênea considerada.

Para sistemas viários internos às florestas, muitas vezes será também estimado diretamente o tráfego anual gerado, conforme a época de desbastes e corte raso. Em estudos mais precisos na geração de tráfego, além do transporte da madeira produzida, considera-se os deslocamentos de veículos com outros propósitos, tais como o transporte do pessoal, material e equipamentos para as atividades de: aração, gradeação, aplicação de herbicidas, sulcamento, adubação, combate às formigas, plantio, capina manual, roçada manual, desbrota, corte e empilhamento.

Após os estudos de geração, obtêm-se a matriz de origem e destino das cargas atuais e os totais de produção ou geração futura de viagens ano a ano, de cada área homogênea, conforme as Tabelas 1 e 2 .

TABELA 1: ORIGEM E DESTINO DOS VOLUMES MÉDIOS DIÁRIOS ATUAIS DE VIAGENS CONFORME ÁREAS HOMOGÊNEAS, INDÚSTRIAS DE DESTINO E INSTALAÇÕES DA EMPRESA

Áreas de Origem Locais de Destino	1	2	3	4	A	B	C	®	Total Atraído
1	---	1	1	1	5	3	2	2	15
2	1	---	1	1	7	4	5	3	22
3	1	1	---	1	4	2	3	2	14
4	1	1	1	---	3	5	2	1	14
A	5	7	4	3	---	1	1	1	22
B	3	4	2	5	1	---	1	1	17
C	2	5	3	2	1	1	---	1	15
®	2	3	2	1	1	1	1	---	11
Total Gerado	15	22	14	14	22	17	15	11	130

Fonte: Valores atribuídos

TABELA 2: PRODUÇÃO FUTURA EM TERMOS DE VOLUMES MÉDIOS DIÁRIOS DE VIAGENS DAS ÁREAS HOMOGÊNEAS

Áreas Homogêneas, Indústrias e Instalações	Geração Futura (viagens/dia)
1	30
2	33
3	25
4	30
A	40
B	30
C	20
®	30

Fonte: Valores atribuídos

A matriz da Tabela 1, neste exemplo é simétrica, com números acima da diagonal iguais aos abaixo, neste caso poderia ser apresentada só uma matriz triangular. Nas Tabelas a seguir são apresentados volumes médios diários. Esses volumes são, nas etapas seguintes de avaliação, transformados em volumes anuais.

A Tabela 1 representa viagens atuais existentes entre as zonas homogêneas escolhidas e a Tabela 2 representa os resultados do estudo de geração de tráfego.

Nestas Tabelas os números 1, 2, 3 e 4 correspondem a quatro áreas homogêneas escolhidas para a floresta representada na Figura 5.

Quanto maior o número de áreas definidas, mais precisos são os resultados. As áreas homogêneas são definidas com base no sistema viário existente estudado.

As letras A, B e C, do exemplo (Tabelas 1 a 5), referem-se aos locais de destino das cargas tais como as serrarias ou as indústrias de papel. Observa-se que os caminhões, no caso do sistema viário, normalmente retornam vazios das indústrias até os talhões, podendo seguir outros caminhos na volta.

Outra simbologia é usada para representar as instalações da empresa, onde os veículos são guardados se for o caso e onde podem, inclusive, iniciar diariamente suas viagens. No exemplo, escolhe-se só uma “sede” da empresa, que é representada pelo símbolo “®”.

Em parte do sistema viário principal ocorrem viagens entre instalações da empresa e as cidades. Estas viagens são consideradas de forma isolada para o dimensionamento desta parte do sistema viário. Neste caso, as viagens são discriminadas por tipo de veículo e frequência média diária.

Durante todo o período de análise das melhorias viárias ocorrem outras viagens até os talhões que sendo significativas são também estudadas e quantificadas. Estas viagens são classificadas por tipo de motivos; pode-se ter viagens para o plantio dos locais colhidos, viagens para aplicação de defensivos, viagens para poda, viagens de vistoria e viagens até os postos (torres) de proteção contra incêndios e outras.

Para cada um dos tipos de viagens é analisada a factibilidade de utilização de um modelo de geração próprio, que relacione as mesmas com parâmetros e variáveis, como área colhida, tipo de espécie, uso previsto para a madeira a ser produzida, número de postos de proteção contra incêndio e outras. Até este ponto, os dados mais importantes são o número, origens e destinos das viagens, não havendo maior preocupação com as vias que estão ou serão utilizadas.

Viagens realizadas em vias que não pertençam ao estudo deverão ser desprezadas.

2) Distribuição de viagens

Esta fase compreende a montagem de tabelas de origem e destino para as situações futuras. Nos estudos de transportes urbanos, os movimentos se fazem entre as próprias zonas de tráfego. No caso de colheita de madeira, as cargas são levadas das áreas homogêneas da floresta para as indústrias (locais de destino).

Para a distribuição, no caso de transportes urbanos, são utilizados os modelos como os de gravidade ou de fatores de crescimento (entre eles o de Frattar) ou ainda modelo de oportunidades, conforme MELLO (1975).

Entre os vários modelos de distribuição, opta-se pelo do fator médio de crescimento, cuja utilização é bastante simples.

Neste método, calculam-se os fatores médios de crescimento do tráfego gerado para cada uma das áreas, locais industriais e de instalações considerados, dividindo-se o total futuro gerado, obtido no estudo de geração, pelo valor atual gerado, conforme Tabela 3.

TABELA 3: FATORES DE CRESCIMENTO DO TRÁFEGO DAS ÁREAS CONSIDERADAS

Áreas Homogêneas, Indústrias e Instalações	Fatores médios de crescimento
1	$F1 = 30/15 = 2$
2	$F2 = 33/22 = 1,5$
3	$F3 = 25/14 = 1,786$
4	$F4 = 30/14 = 2,143$
A	$FA = 40/22 = 1,818$
B	$FB = 30/17 = 1,765$
C	$FC = 20/15 = 1,333$
®	$F® = 30/11 = 2,727$

Fonte: Valores Calculados

O tráfego futuro colocado em cada célula de uma nova matriz (Tabela 4) é dado pelo valor do tráfego atual (Ta), multiplicado pelo fator de crescimento médio (F) dos volumes gerados nas áreas homogêneas, indústrias ou instalações envolvidas. Por exemplo, o tráfego futuro entre as áreas homogêneas 1 e 2 (Tf_{12}) é dado por:

$$Tf_{12} = Ta_{12} \times (F1+F2)/2 = 1 \times (2 + 1,5)/2 = 1,75$$

TABELA 4: ORIGEM E DESTINO DOS VOLUMES MÉDIOS DIÁRIOS FUTUROS DE VIAGENS, CONFORME ÁREAS HOMOGÊNEAS, INDÚSTRIAS E INSTALAÇÕES DA EMPRESA – 1A. ITERAÇÃO

Origem/ Destino	Áreas Homogêneas				Indústrias			Sede	Total	Total	Novos
	1	2	3	4	A	B	C	Empr.	Atraído	Futuro	Fatores Cresc.
1	---	1,750	1,893	2,071	9,545	5,647	3,333	4,727	28,967	30,000	1,036
2	1,750	---	1,643	1,821	11,614	6,529	7,083	6,341	36,782	33,000	0,897
3	1,893	1,643	---	1,964	7,208	3,550	4,679	4,513	25,450	25,000	0,982
4	2,071	1,821	1,964	---	5,942	9,769	3,476	2,435	27,479	30,000	1,092
A	9,545	11,614	7,208	5,834	---	1,791	1,576	2,273	39,841	40,000	1,004
B	5,647	6,529	3,550	9,590	1,791	---	1,549	2,246	30,904	30,000	0,971
C	3,333	7,083	4,679	3,405	1,576	1,549	---	2,030	23,655	20,000	0,845
O	4,727	6,341	4,513	2,399	2,273	2,246	2,030	---	24,530	30,000	1,223
Total	28,967	36,782	25,450	27,479	39,841	30,904	23,655	24,565	237,643	238,000	8,050

Fonte: Valores calculados

Verifica-se na Tabela 4, que os volumes totais gerados são diferentes dos totais previstos no estudo de geração de tráfego. Para obter uma melhor aproximação é elaborada nova tabela (Tabela 5), para o que são utilizados novos fatores de crescimento médio, obtidos pela divisão dos volumes totais futuros de tráfego gerado previstos no estudo de geração, pelos totais obtidos na tabela anterior (Tabela 4).

TABELA 5: ORIGEM E DESTINO DOS VOLUMES MÉDIOS DIÁRIOS FUTUROS DE VIAGENS, CONFORME ÁREAS HOMOGÊNEAS, INDÚSTRIAS DE DESTINO E INSTALAÇÕES DA EMPRESA – 2A. ITERAÇÃO

Origem / Destino	Áreas Homogêneas				Indústrias			Sede	Total	Total	Novos Fatores Cresc.
	1	2	3	4	A	B	C	Empr.	Atraído	Futuro	
1	---	1,691	1,910	2,203	9,735	5,665	3,135	5,339	29,678	30,000	1,011
2	1,691	---	1,544	1,811	11,040	6,098	6,172	6,722	35,079	33,000	0,941
3	1,910	1,544	---	2,037	7,158	3,467	4,276	4,976	25,369	25,000	0,985
4	2,203	1,811	2,037	---	6,226	10,074	3,367	2,818	28,537	30,000	1,051
A	9,735	11,040	7,158	5,834	---	1,769	1,457	2,531	39,524	40,000	1,012
B	5,665	6,098	3,467	9,590	1,769	---	1,407	2,464	30,460	30,000	0,985
C	3,135	6,172	4,276	3,405	1,457	1,407	---	2,100	21,951	20,000	0,911
O	5,339	6,722	4,976	2,399	2,531	2,464	2,100	---	26,530	30,000	1,131
Total	29,694	35,093	25,369	28,537	39,524	30,460	21,951	26,949	237,578	238,000	8,027

Fonte: Valores calculados

Os volumes totais do tráfego futuro gerado, da Tabela 5, aproximam-se mais dos valores do estudo de geração e se forem calculados novos fatores de crescimento médio, seus valores são mais próximos de um, conforme apresentado na última coluna desta mesma tabela.

Caso se deseje melhores aproximações, são efetuadas novas iterações.

No caso de vias internas das florestas, é possível substituir os locais de destino por pontos em que o sistema viário sai da floresta ou reflorestamento e atinge rodovia existente.

3) Divisão modal das viagens

Nas Tabelas anteriores (1 a 5), os números obtidos representam viagens não sendo especificado o veículo de transporte. Muitas viagens, sobretudo as com origem nas instalações da empresa, são realizadas em carros de passeio. A divisão modal define para cada um dos movimentos, as viagens realizadas em diferentes tipos de veículos pesados e as em veículos leves. Caso alguma das linhas de desejo

(ligações entre origem e destino) possa ser efetuada por um outro meio de transporte (ferrovia ou hidrovia, por exemplo), separa-se as viagens que serão realizadas em cada um dos meios de transporte, com as mesmas origens e destinos.

Há necessidade, sobretudo entre os veículos pesados, de que sejam especificados os tipos de veículos a serem utilizados, já que existe uma grande variação de custos de operação entre os mesmos. No item 3.3 desta metodologia são apresentados alguns comentários sobre os veículos usados no transporte florestal.

Para a divisão modal, também são utilizados modelos em que os modos de viagem são relacionados com parâmetros e variáveis, como por exemplo, o motivo da viagem, o tipo de carga e o valor da carga, MELLO (1975).

Em alguns casos, efetua-se a divisão modal antes da distribuição de viagens.

No caso das vias internas das florestas, o tráfego mais representativo é o dos veículos pesados, no caso caminhões, sendo muitas vezes considerados somente estes tipos de veículos, nesta fase.

4) Alocação modal das viagens

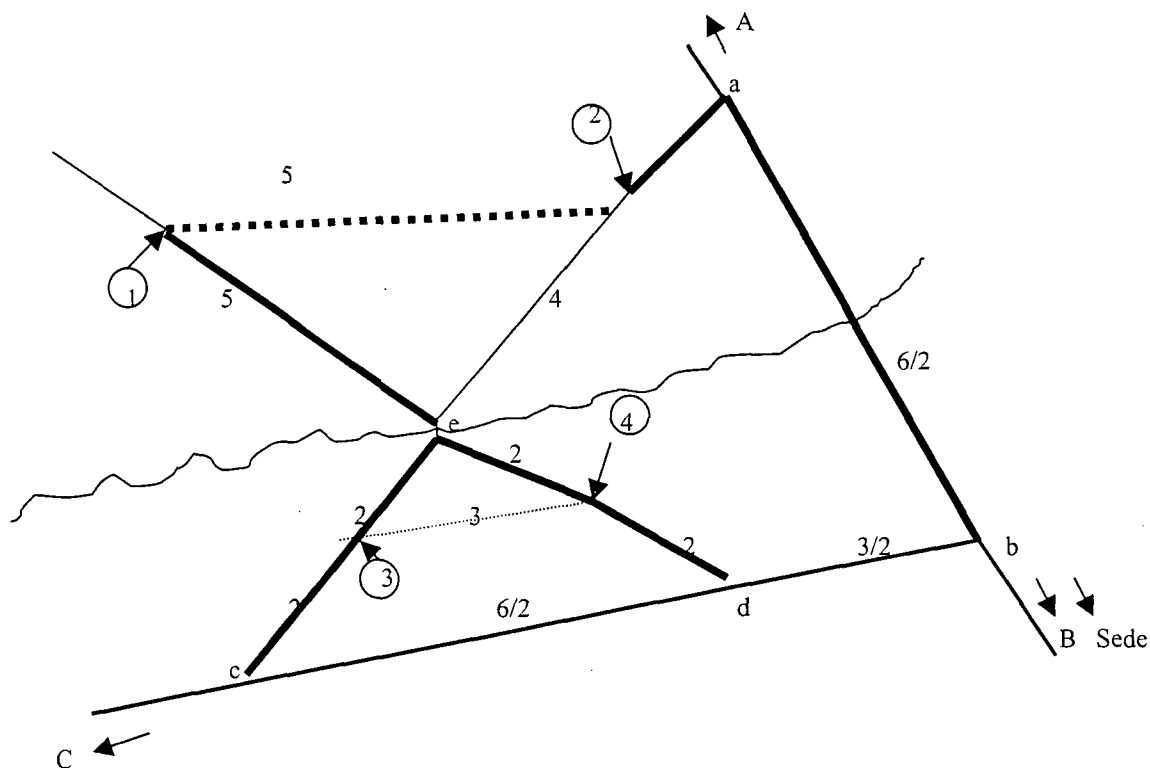
A fase de alocação consiste em obter os volumes totais de tráfego atuais e futuros por ano, em cada um dos segmentos das alternativas de melhoria da rede viária. Neste caso, são estudadas várias alternativas envolvendo vias, tipos de melhorias e tipos de veículos, sendo obtidos em cada caso, os volumes de tráfego por segmentos, MELLO (1975).

Nesta etapa, encontram-se os caminhos mínimos entre cada "centróide" (que representa os pátios nas áreas homogêneas, as indústrias ou locais de destino das cargas e as instalações da empresa) e todos os demais "centróides", MELLO (1975).

Nos estudos das vias internas aos reflorestamentos, são obtidos os caminhos mínimos entre cada um dos centros das áreas homogêneas e os pontos de saída da floresta, onde possam haver vias definitivas.

Para o caso do exemplo anterior cuja rede viária foi apresentada na Figura 5, tem-se uma representação mais simples, mostrando o sistema viário existente e previsto, em linhas retas, como na Figura 6 a seguir:

FIGURA 6 SISTEMA VIÁRIO ESTILIZADO MOSTRANDO O "CAMINHO MÍNIMO" ENTRE A ÁREA "1" E TODAS AS DEMAIS INTERSEÇÕES



Usando-se o Algoritmo de Moore, elabora-se a Tabela 6, para obter os caminhos mínimos do nó "1" para todos os demais.

Na primeira coluna escreve-se todos os nós (interseções ou pontos de modificação importantes nas características da via) da rede viária. Na segunda coluna são anotadas as distâncias (ou tempos de viagem ou custos de operação) do nó inicial (nó 1 no exemplo) até os nós que se ligam ao mesmo (nós 2 e E no exemplo). A menor distância nesta coluna faz parte da rede de caminhos mínimos. O nó correspondente a esta menor distância é assinalado na coluna 3 (nó 2 no exemplo); havendo distâncias iguais, pode escolher qualquer um dos nós equidistantes. Na coluna 3, considerando a distância mínima anterior, assinala-se as distâncias acumuladas até os demais nós que se ligam ao nó correspondente a esta coluna (nós A e E no exemplo); observa-se neste ponto todas as distâncias marcadas na tabela, escolhendo a menor (ligação do nó 1 com E no exemplo); este

novo segmento é incluindo na rede de caminhos mínimos e o nó de destino (nó E no exemplo) constitui-se na nova coluna da tabela e assim sucessivamente. Observar que em cada linha da tabela só pode haver uma distância (a menor) escolhida.

Os caminhos mínimos obtidos estão assinalados em negrito tanto na Tabela 6 como na Figura 6.

TABELA 6: ALGORITMO DE MOORE PARA OBTENÇÃO DO "CAMINHO MÍNIMO" A PARTIR DO CENTRÓIDE DA ÁREA "1" PARA TODAS AS DEMAIS INTERSEÇÕES

Distâncias Mínimas	5	5	7	7	7	9	9	10	
Nodos	(1)	(2)	e	a	(3)	(4)	C	D	b
(2)	(1,5) ₁								
(3)			(e,7) ₄						
(4)			(e,7) ₅		(3,10) anulado				
A		(2,7) ₃							
B				(a,10) ₈				(d,10,5) anulado	
C					(3,9) ₆				
D						(4,9) ₇	(c,12) anulado		
E	(1,5) ₂	(2,9) anulado							

Fonte: Valores calculados

Obs. As distâncias nos percursos pavimentados foram tomados como iguais à metade do valor tendo em vista a possibilidade de maiores velocidades.

Conhecendo-se os caminhos mínimos faz-se a alocação das viagens previstas obtidas nos estudos de geração, divisão modal e alocação, em cada um dos segmentos. A soma de todas as viagens, vazias e carregadas, de cada segmento será multiplicada pelos custos de operação dos veículos.

3.2 DEFINIÇÃO DO VEÍCULO DE TRANSPORTE

A escolha da melhor alternativa de transporte ou do melhor veículo rodoviário para o transporte florestal é feita de modo sistemático, sendo muito importante o conhecimento prático das diferentes operações envolvidas.

Como seqüência geral para a escolha do tipo de veículo, consideram-se adequados os seguintes passos propostos pela MERCEDES-BENZ (1993), para os quais no caso do transporte de toras de madeira, considera-se os parâmetros que são apresentados a seguir:

3.2.1 Definição e caracterização do problema

Neste item são observados os aspectos relativos à carga, transporte e rotas.

1) Caracterização da carga

Na caracterização da carga para o transporte de toras, tem-se:-

- . Tipo – sólida no caso do transporte de toras.
- . Peso específico – cerca de 800 kg/m³
- . Fragilidade – pequena.
- . Tipo de embalagem – não é necessária.
- . Limite de empilhamento – sem restrições.
- . Possibilidade de unitização – cargas completas, em geral.
- . Temperatura de conservação – sem restrições.
- . Nível de umidade admissível – sem restrições.
- . Prazo de validade – alguns dias, dependendo do destino.
- . Legislação – observar sobretudo as normas de trânsito e os aspectos ambientais.

2) Caracterização dos Transportes

Na caracterização dos transportes são determinados os seguintes aspectos:

- . Identificação de pontos de origem e de destino – fazenda, talhão de colheita e indústria.
- . Determinação da demanda e frequência. – a demanda é fornecida pela necessidade das fábricas e, em geral, é praticamente constante durante todo o ano. O transporte faz-se necessário, inclusive nos dias de chuva, já que em geral, a madeira colhida pode perder sua qualidade em pouco tempo, conforme o uso a que se destina.

- . Sistemas de carga e descarga – normalmente para a carga são usadas guias, montadas em tratores agrícolas traçados e para a descarga, grandes carregadeiras

- . Horários de funcionamento dos locais de origem e destino – em geral, o transporte florestal opera durante mais de 12 horas por dia e em muitos casos, mesmo durante as 24 horas do dia.

- . Dias úteis disponíveis por mês – a maioria das empresas param aos domingos. Algumas, no entanto, funcionam de forma ininterrupta.

- . Tempo de carga e descarga (espera, pesagem, conferência e emissão de documentos) – depende do tipo de equipamento utilizado.

3) Caracterização das rotas

Na caracterização das rotas devem ser considerados os seguintes aspectos:

- . Distância entre os pontos de origem e destino – variável, já que em geral, são exploradas várias fazendas ao mesmo tempo.

- . Tipo de estrada quanto ao pavimento – nas florestas, em geral, as estradas são em leito natural, podendo haver revestimento primário nas estradas principais.

- . Tipo de estrada quanto ao volume de trânsito – nas florestas o volume de trânsito é reduzido. Algumas indústrias utilizam-se de rodovias públicas que podem ter elevados volumes de trânsito.

- . Topografia, rampas máximas e altitude – bastante variável, muitas florestas situam-se em terrenos de topografia difícil.

- . Pesos máximos permitidos em pontes e viadutos – no caso florestal, os veículos podem ter permissão especial, havendo casos de peso total superior a 70 toneladas.

- . Limites de altura em túneis e viadutos – normalmente não ocorrem restrições já que são raros os túneis ou viadutos nas estradas florestais. Em

estradas públicas, o limite de altura normalmente é de 5,5 m; podendo haver sobretudo nas áreas urbanas, restrições maiores.

. Distância entre os pontos de abastecimento, assistência técnica, etc. No caso do transporte florestal dificilmente existem distâncias a serem percorridas que exijam um abastecimento em rota. No caso de empresas de transporte florestal ou dependendo da localização da área de colheita florestal, poderá haver um veículo especial para o abastecimento e manutenção dos demais veículos.

. Legislação de trânsito – A Lei da Balança restringe a carga máxima total dos caminhões em 45 toneladas; a carga por eixo isolado, neste caso, distante mais de 2,4m dos outros eixos, com pneus duplos máxima é de 10 toneladas; em eixo com pneus simples a carga pode ser de até 6 toneladas; nos eixos agrupados, quando em tandem, caso em que existe um sistema de molejo comum, podem haver até 17 toneladas para conjunto de 2 eixos e até 22,5 toneladas para conjunto de 3 eixos. Na prática são admitidas pequenas variações devido a imprecisões das balanças, conforme apresenta-se na Tabela 7.

Para cargas maiores e configurações diferentes há necessidade de AET – Autorização Especial de Trânsito. Encontram-se, atualmente nas rodovias, muitos caminhões do tipo Bi-trem, que com a AET podem transportar até o máximo de 57 toneladas. Uma das dificuldades encontradas são os prazos de validade das AET, no caso do DNER (estradas federais) a validade é de um ano, no caso do DER/PR (estradas estaduais no Estado do Paraná) a validade é de 6 meses e no caso do DER/SP (estradas estaduais no Estado de São Paulo) a validade é de um mês. Os custos para obter as AET também devem ser considerados, pois atingem cerca de R\$ 500,00. Nas estradas florestais próprias são utilizados veículos com cargas e configurações bastante superiores às citadas, conforme pode ser verificado na Tabela 8.

3.2.2 Identificação das diversas soluções possíveis.

Para identificar as diversas soluções possíveis, devem ser observadas as características técnicas necessárias para o veículo de transporte e a seguir,

efetuar o dimensionamento da frota necessária para os tipos de veículos possíveis.

1) Características Técnicas

Para classificar os veículos, são observadas suas características técnicas. Recomenda-se, utilizar os dados apresentados pelos fabricantes.

Para determinar as possibilidades de utilização dos veículos as seguintes características são observadas: Relação potência / peso; Torque; Tipo de tração; Relações de transmissão; Tipo de pneumático; Manobrabilidade; Tipo de cabine (simples ou leito); Tipo de composição (simples, articulada ou combinada); Distância entre-eixos; Capacidade de subida de rampa; Peso bruto total; Carga líquida; Raio de giro; Tipo de suspensão; Autonomia; Sistema de freios; Componentes especiais – tomada de força; Tipo e dimensões da carroçaria; Equipamentos auxiliares de carga e descarga; Dispositivos especiais relativos à amarração e fixação da carga, etc.

Como o caminhão é um bem de produção, quanto mais utilizado melhor será sua produtividade.

TABELA 7: PESOS MÁXIMOS POR EIXO DOS VEÍCULOS PARA EFEITO DE COBRANÇA DE MULTAS E TRANSBORDO NO CASO DE EXCESSO DE CARGA – LEI DA BALANÇA

Eixo	Peso Máximo:(kg)		
	Nota Fiscal	Balança (Tolerância 5%)	Multa sem Transbordo
Dianteiro (2 pneus raio>830mm)	6.000	6.300	6.800
Traseiro Simples (4 pneus)	10.000	10.500	11.500
Traseiro Duplo em Tandem	17.000	17.850	19.350
Traseiro Duplo não em Tandem	15.000	15.750	17.250
Traseiro Duplo(1 dos eixos com 2 pneus)	13.500	14.180	15.430
Traseiro Triplo em Tandem	25.500	26.780	29.030

FONTE: Lei da Balança (Lei 9503 de 23/9/97 – Código Nacional de Trânsito)

TABELA 8 : CARACTERÍSTICAS* DE TIPOS DE VEÍCULOS UTILIZADOS NO TRANSPORTE FLORESTAL

Veic N°	Descrição	Exemplo Típico	Tara Kg	Peso Máx. Total Kg	Potência Motor CV	Carga Usual	Potência Freios CV
1	Caminhão 4x2	MB L 1218 R	4.610	12.300	170	7.000	250
2	Caminhão 6x2 – truck simples	MB L-1620	6.430	23.000	211	14.000	300
3	Biminhão – caminhão(6x2) + 1 reboque (2 eixos)	MB L-1620 + 1 reboque	6.430+ 5.500= 11.930	43.000	211	29.000	350
4	Treminhão – caminhão(6x4)+2 reboques (2eixos cada)	MB L-2638 + 2 reboques	10.125 +11000= 21125	63.000	380	40.000	400
5	Caminhão Articul. (carreta1) – cavalo mec. 4x2 e semi-reboque 2 eixos	MB LS – 1632 + semi-reboque	7.134 +6.000= 13134	33.000	320	19.000	350
6	Caminhão Articul. (carreta2) – cavalo mec. 4x2 e semi-reboque 3 eixos	MB LS – 1632 + semi-reboque	7.134 + 7.000=1 4134	41.500	320	26.000	350
7	Caminhão Articul. (carreta3) – cavalo mec. 6x4 e semi-reboque 3 eixos	MB L-2638 + semi-reboque	9.954 + 7.000=1 6954	45.000	380	28.000	400
8	Bi-trem – cavalo mecânico(6x4) e 2 semi-reboques (2 eixos cada)	MB LS-2638 + 2 semi-reboques	20.440	57.500	380	35.000	450
9	Tri-trem – cavalo mecânico(6x4) e 3 semi-reboques (2 eixos cada).	MB LS-2638 + 3 semi-reboques	9500+ 6100+ 5390+ 4950 = 25.940	73.000	380	45.000	500
10	Rodotrem – cavalo mecânico (6x4), 1 semi-reboque(3 eixos) e 1 reboque (2 eixos).	MB LS-2638 + 1 semi-reb. E 1 reboque	24.000	74.000	380	46.000	500

Obs. *Valores considerados para os cálculos.

Fonte: Mercedes-Benz – Linha de Veículos Comerciais 2000.

A utilização de um veículo em (km/mês) é dada pela fórmula a seguir:

$$\text{Util.mensal (km/mês)} = [(\text{Horas de trabalho por dia}) \times (\text{Disponibilidade (dias/mês)} \times (\text{Percurso – ida e volta em km})) / [\text{percurso (km) (Ida e volta)/velocidade operacional (km/h)} + \text{tempo de carga/descarga em horas}]]$$

A utilidade mensal depende de uma série de variáveis, podendo-se analisar a influência de cada uma delas.

Verifica-se que a velocidade operacional exerce maior influência nos longos percursos; sua influência em pequenos percursos é menor. Verifica-se também, que para os grandes percursos, é mais importante o aumento da velocidade operacional que para os pequenos percursos. Conforme exemplo apresentado na Tabela 9, a seguir, os resultados de cálculos mostram a variação da utilização do veículo com o aumento da velocidade operacional e do percurso.

TABELA 9: VARIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE OPERACIONAL E DO PERCURSO.

Percurso (km)	Veloc. Oper. (km/h)	Utilização (km/mês)	No. Viagens Un	Aumento %
20	30	3000,00	150,00	100,00
20	35	3181,82	159,09	106,06
20	40	3333,33	166,67	111,11
20	50	3571,43	178,57	119,05
50	30	4687,50	93,75	100,00
50	35	5147,06	102,94	109,80
50	40	5555,56	111,11	118,52
50	50	6250,00	125,00	133,33
100	30	5769,23	57,69	100,00
100	35	6481,48	64,81	112,35
100	40	7142,86	71,43	123,81
100	50	8333,33	83,33	144,44
200	30	6521,74	32,61	100,00
200	35	7446,81	37,23	114,18
200	40	8333,33	41,67	127,78
200	50	10000,00	50,00	153,33
300	30	6818,18	22,73	100,00
300	35	7835,82	26,12	114,93
300	40	8823,53	29,41	129,41
300	50	10714,29	35,71	157,14

Obs. Dados: Horas de trabalho por dia = 10 horas; disponibilidade mensal = 25 dias por mês e tempo de carga e descarga = 1 hora.

Fonte: Mercedes-Benz do Brasil (1993)

O tempo de carga e descarga, por sua vez, influencia mais nos menores percursos ou seja, para os mesmos é conveniente que as operações de carga e descarga sejam mais rápidas. Observa-se que não foi considerado o efeito das filas, que dependem do número de veículos utilizados. Nos menores percursos, é usado um número menor de veículos, sendo a carga e descarga mais crítica. ARCE (1997) desenvolveu " um sistema de programação do transporte de multiprodutos florestais visando a minimização do custo da matéria prima",

considerando inúmeras variáveis (cerca de cinquenta), entre as quais o tempo de carga e descarga.

O número de horas de trabalho se aumentado, aumenta de forma proporcional à utilização dos veículos em percursos curtos ou longos.

A variável disponibilidade depende sobretudo, de uma manutenção adequada.

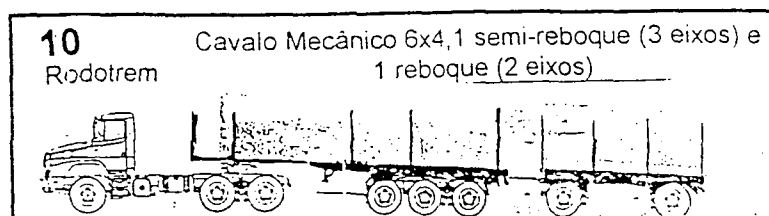
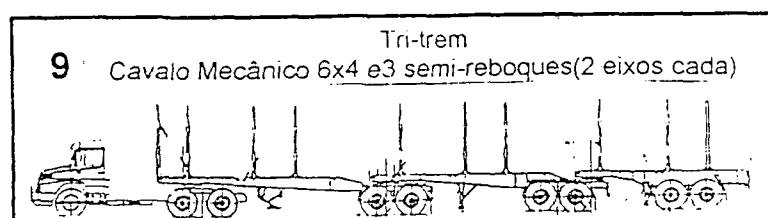
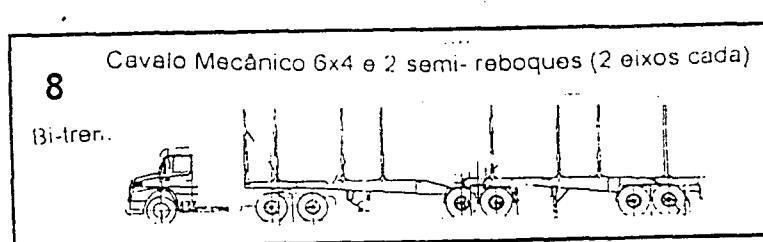
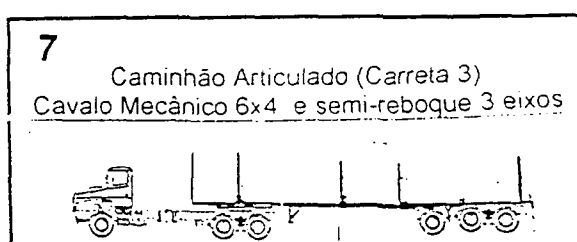
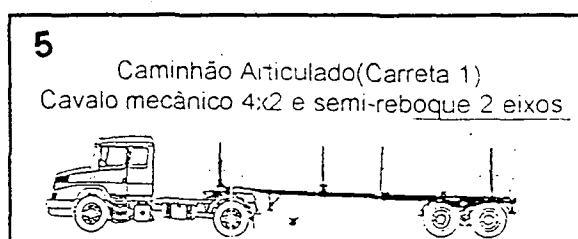
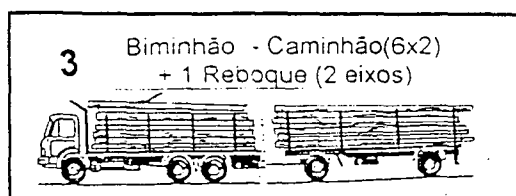
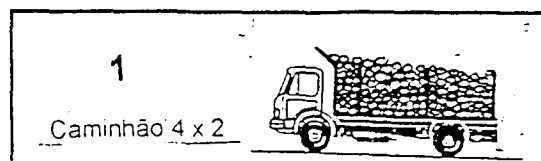
O percurso é otimizado com o estudo de caminhos mínimos. É importante ressaltar que nem sempre o caminho mais curto será o escolhido. Caminhos mais longos, mas com vias em melhores condições, são mais adequados, podendo proporcionar menores tempos de percurso e menores custos de operação. Da mesma forma, as condições de trafegabilidade fazem com que os percursos sejam alterados; é o que ocorrerá nos dias de chuva.

Os veículos mais pesados não são adequados para os percursos menores, se os tempos de carga e descarga forem muito elevados. Nestes casos, o uso de carroçarias intercambiáveis é recomendável. Nos percursos longos, a maior relação potência/peso traz vantagem devido ao aumento da velocidade. Nas florestas, o uso de cabine leito normalmente não é necessário (a não ser quando o motorista é obrigado a dormir no veículo, devido à ocorrência de filas).

O tipo de veículo a ser usado no transporte depende dos seguintes aspectos além das características técnicas apresentadas: Distância de Transporte; Conservação das vias; Qualidade das vias de acesso; Equipamento de Carga; Tempos de espera; Custos de aquisição do equipamento; Operação de descarga; Utilização de estoques reguladores e mesmo das dimensões da área a ser explorada.

Na Tabela 8 e Figura 7, apresentam-se tipos de veículos usados para o transporte de toras de madeira e algumas características técnicas mais relevantes, consideradas básicas, para que sejam calculados no item 5.0, os resultados dos custos de operação em diferentes condições da via.

FIGURA 7: TIPOS DE VEÍCULOS DE TRANSPORTE FLORESTAL CONSIDERADOS



Na Tabela 7 apresentam-se os pesos máximos admitidos nos eixos, em cumprimento da Lei No. 9.503 de 23/09/97 que instituiu o novo Código Nacional de Trânsito e a Lei No. 7.408 de 25/11/85 e dos artigos 82, 83 e 190 do RCNT, com as modificações estabelecidas pelo decreto no. 98.933 de 07/02/90.

Quando a Fiscalização for feita pela Nota Fiscal, não existe tolerância e quando a Fiscalização for feita por Balança admite-se uma tolerância de 5%. Na Tabela 7 é apresentado também o valor máximo do peso por eixo, para o qual só é cobrada multa e acima do qual além da multa, há necessidade de transbordo de carga. O valor da multa varia conforme o valor do excesso de carga constatado.

2) Dimensionamento da Frota

O dimensionamento da frota é mais fácil quando a mesma é utilizada como um meio ou seja, já se têm todos os dados no que se refere a carga que será transportada. Se a frota, contudo, é utilizada como um fim, as oscilações da demanda pelos serviços dificulta seu cálculo. No caso do transporte florestal, tem-se uma situação mista já que a demanda pode sofrer algumas oscilações, dadas pela retração ou aquecimento da economia, além das intempéries.

O dimensionamento da frota para os diferentes tipos de veículos considerados é realizado analisando os seguintes itens:

- Peso total do veículo – incluindo reboque e equipamentos
- Carga Útil
- Número de viagens necessárias (por dia ou mês)
- Tempo total por viagem – incluindo tempos de carga, descarga e espera
- Tempo diário de operação – descontando tempos de parada para refeições
- Número de viagens de um veículo (por dia ou mês)
- Número de veículos necessários na frota

No item 3.2.4, são apresentadas algumas considerações sobre o dimensionamento da frota, com base nos conhecimentos da “Função de Produção”.

3.2.3 Avaliação de alternativas

Na avaliação das alternativas correspondentes aos vários dimensionamentos efetuados, calcula-se os custos operacionais e analisa-se outros aspectos que podem influir na escolha do tipo de veículo.

1) Cálculo dos Custos de Operação

No cálculo dos custos de operação, são separados os custos fixos que independem da utilização do veículo, calculados em geral por tempo, dos custos variáveis calculados por distância percorrida.

Entre os custos fixos são calculados a depreciação, os juros, seguros, licenciamento e salários fixos.

Nos custos variáveis são considerados o combustível, lubrificantes, pneus, manutenção (peças e mão-de-obra), lavagens e lubrificação.

Em cada alternativa de frota, os custos unitários de operação são multiplicados pelo número de veículos necessários. Outras despesas indiretas, como as de administração, caso não sejam constantes, também são consideradas. No item 3.3 é apresentada a utilização do método HDM-III proposto para o cálculo dos custos de operação.

2) Outros Aspectos

Segundo a MERCEDES-BENZ (1993) além dos custos de operação, a escolha do tipo de veículo leva em consideração outros aspectos de difícil quantificação monetária, como a disponibilidade de assistência técnica, disponibilidade de peças de reposição, experiências quanto a durabilidade de veículos anteriores e outras.

Na escolha dos veículos a serem utilizados no transporte florestal é importante também analisar os acessórios oferecidos; dependendo do tipo de uso do veículo, os acessórios ou implementos, a seguir, poderão ser importantes:

- Rodas de Alumínio que diminuem o peso do veículo.
- Bancos em couro com suspensão pneumática e vários tipos de ajustes de posição, tanto do assento como do encosto para maior conforto do motorista.
- Computador informando temperatura do óleo, consumo de combustível, litros de combustível disponível nos tanques, carga das baterias, tempo de percurso, velocidade média e até diagnóstico de falhas eventuais.
- Volante com altura regulável e revestimentos especiais.
- Espelhos retrovisores com ajuste por controle remoto e com sistema elétrico de aquecimento que evita o embaçamento.
- Air bag.
- Ar-condicionado.
- CD player.
- Pára-sol externo,
- Piloto automático.
- Controle de tração e freios ABS.
- Sistema de troca de marchas automatizado, com troca de marchas automática ou mecânica sem o uso de embreagem.
- Sistemas auxiliares de freio.
- Cabines espaçosas dotadas de uma ou duas camas.
- Guincho.
- Gruas para carga e descarga.
- Pneus radiais sem câmara.
- Sistemas de rastreamento.

3) Comparação e escolha entre alternativas

Finalmente, na comparação e escolha entre alternativas são considerados os custos de investimento, os custos operacionais e outras possíveis vantagens. Caso os veículos mais caros apresentem menores custos de operação, são elaborados fluxos de caixa para os períodos de vida econômica dos veículos e a seguir, são calculados indicadores econômicos, tais como o valor

anual uniforme equivalente ou taxa de retorno interna dos investimentos adicionais.

Os métodos de avaliação econômica de alternativas são estudados em livros da disciplina de Engenharia Econômica ou de Análise de Investimentos, como GRANT (1982), TAYLOR (1985) ou CLEMENTE (1995). No item 3.4 são apresentadas recomendações para os estudos de avaliação econômica de alternativas.

3.2.4 Método Proposto para Dimensionamento da Frota de Veículos para o Transporte Florestal com Base no Conceito Econômico de Função de Produção

1) Conceituação

O dimensionamento da frota de veículos para o transporte florestal, depende de aspectos sobretudo técnicos e econômicos. São analisadas as diferentes atividades a serem cumpridas, determinando-se os pontos com restrições. Esta atividade é otimizada utilizando-se o ferramental apresentado pelas "funções de produção", segundo NOVAES (1986).

O sistema de transporte florestal é entendido em termos econômicos, como um sistema produtivo, dado pela transformação dos vários insumos (mão de obra, instalações, energia, capital, etc.) num produto específico, constituído pelo deslocamento das madeiras (toras no caso da colheita).

A oferta de transportes depende das combinações usadas para os insumos, tecnologia e formas de operação.

Normalmente, a definição do sistema de transportes a ser oferecido, requer decisão sobre as seguintes variáveis, NOVAES (1986):

- Variáveis Tecnológicas - são as que afetam a mecânica da transformação dos insumos em produção: veículos, equipamentos de carga e descarga, vias, sistemas de controle.

- Variáveis Operacionais - intervalo mínimo entre veículos sucessivos, capacidade do veículo e de equipamento de carga usadas, condições momentâneas da rede viária, esquemas de paradas, etc.

- Variáveis Econômicas - valores pagos por tonelada transportada, incentivos e subsídios (alimentação, assistência médica, transporte).

- Variáveis de Serviço - nível de conforto, tempos de percurso para motoristas, confiabilidade, pontualidade, etc.

Considerando só as relações físicas (os custos são desprezados) entre os insumos e os produtos (ou serviços) e admitindo somente o máximo nível de produção para cada combinação de insumos, têm-se a função denominada de produção.

Portanto, considera-se conforme NOVAES (1986), função de produção como "os esquemas de máxima produção que podem ser definidos a partir de combinações diversas dos insumos".

Nos estudos ligados à economia procura-se identificar as relações entre a quantidade produzida e as quantidades de insumos básicos (capital, mão-de-obra e energia) e mesmo as condições de substituição entre as quantidades de insumos. Por exemplo, usando-se caminhões pesados, o gasto de energia por tonelada transportada é menor, contudo, estes veículos têm um preço maior, havendo necessidade de aporte de mais capital.

São também importantes os estudos com enfoque sistêmico, onde define-se novas formas mais eficientes do processo produtivo, atuando sobretudo junto a alternativas em termos de tecnologia e esquemas operacionais.

2) Formalização

A função de produção configura-se como uma representação das relações técnico-operacionais envolvidas no processo produtivo, relaciona os níveis de produção com variáveis físicas, tecnológicas, operacionais e econômicas.

A análise da função de produção no transporte florestal, permite:

- Comparar alternativas diferentes da oferta dos transportes.
- Analisar ganhos de escala eventuais.
- Quantificar a produção e os insumos para posterior análise econômica dos custos, receitas e lucros.

A função de produção, também segundo NOVAES (1986), é considerada como "o lugar geométrico de todas as combinações eficientes possíveis dos diversos insumos e das diversas variáveis tecnológicas e operacionais de um determinado sistema produtivo".

A função de produção é representada por:

$$Q = f(X)$$

Sendo:

Q = vetor que pode representar um ou vários produtos.

X = vetor das variáveis básicas (X1, X2, X3, ... , Xn).

A função de produção é ajustada estatisticamente por meio das técnicas de regressão múltipla com dados reais obtidos no campo.

3) Aplicação no Transporte Florestal

A função de produção diária dos caminhões que fazem o transporte florestal é dada por:

$$Q = N \cdot W \cdot H \cdot 60/T_c$$

Sendo:

Q = quantidade de madeira transportada diariamente em toneladas.

N = número de veículos alocados.

W = carga média transportada.

H = número de horas de trabalho por dia.

T_c = Tempo de ciclo dado em minutos.

O tempo de ciclo é dado pela soma dos tempos de carga, transporte carregado, pesagem carregado, descarga, pesagem vazio, retorno vazio e posicionamento para a carga.

Dependendo das condições viárias, há necessidade de tempo para reboque do veículo por meio tratores dotados de guinchos, tanto para o posicionamento como após o carregamento. São considerados, também, tempos distintos para o posicionamento na descarga; no caso de madeiras diferentes, há várias posições de descarga o que aumenta o tempo total.

Observa-se que o valor de "Q" é limitado pelo número de veículos e, além disso, no caso do transporte florestal, pela capacidade máxima dos equipamentos de carga e descarga, que devem evitar a formação de filas. Dependendo das condições viárias é possível que os tempos de uso do guincho para posicionar os veículos vazios e rebocar os veículos carregados, sejam também fatores limitativos.

O tempo de ciclo em minutos é dado por:

$$T_c = 60.d/V_c + 60.d/V_v + t_c + t_d$$

Sendo:

d = distância em km entre o ponto de carga e o de descarga.

V_c = Velocidade média carregado em km/h.

V_v = Velocidade média vazio em km/h.

t_c = tempo de carga em minutos.

t_d = tempo de descarga em minutos.

O número médio de chegadas de caminhões vazios por hora (y), na floresta para carga é dado por:

$$y = N \cdot 60 / T_c \text{ (caminhões/hora) ou}$$

$$y = N \cdot 60 / (60.d/V_c + 60.d/V_v + t_c + t_d)$$

O número máximo de caminhões que são carregados na floresta, por hora (y*) é obtido pela capacidade de carga do equipamento (grua) (C_c) e pela capacidade útil de carga do caminhão (W):

$$y^* = C_c / W$$

Por outro lado, os caminhões levam um certo tempo para se posicionarem, receberem a carga e deixarem vago o local de carga (t_c), havendo um número máximo de veículos por hora, para esta operação (y^{**}) que poderá ser bem inferior à y^* , conforme aplicação a seguir. Este valor poderá ser ainda menor, se houver a necessidade do uso de tratores com guinchos, para deslocamento dos caminhões.

$$y^{**} = 0,9 \times 60 / t_c$$

Além disso, as chegadas dos caminhões na floresta, também são aleatórias, havendo ou não a formação de filas. Na prática, haverão períodos em que os equipamento de carga ficarão ociosos, pelo que adota-se na fórmula de y^{**} , um coeficiente de segurança, "0,9".

O tempo de carga (t_c) pode ser função das condições viárias e, sobretudo, da capacidade de carga do veículo (W).

Por exemplo, se o equipamento de carga tiver a capacidade (C_c) de 100 t/hora e se o tempo de carga em minutos (t_c) for dado por:

$$t_c = 3 + (60/100) \times W$$

Tem-se:

$$y^* = C_c / W = 100 / W \quad y^{**} = 0,9 \times 60 / t_c \quad \text{ou} \quad y^{**} = 54 / [3 + 0,6 \cdot W]$$

$$\text{Para "W" igual a } 33,3 \text{ t} \quad y^* = 3 \quad \text{e} \quad y^{**} = 2,35$$

Portanto o número de veículos carregados por hora deverá ser menor que y^{**} , ou:

$$y = N \cdot 60 / (60 \cdot d / V_c + 60 \cdot d / V_v + t_c + t_d) \leq y^{**} = 0,9 \times 60 / t_c$$

$$N \cdot 60 / (60 \cdot d / V_c + 60 \cdot d / V_v + t_c + t_d) \leq 0,9 \times 60 / t_c \quad \text{ou}$$

$$N \leq (60 \cdot d / V_c + 60 \cdot d / V_v + t_c + t_d) \times 0,9 \times 60 / 60 \times t_c \quad \text{ou}$$

$$N \leq (60 \cdot d / V_c + 60 \cdot d / V_v + t_c + t_d) \times 0,9 / t_c$$

Aplicação:

Dados $d = 30$ km; $V_c = 30$ km/h; $V_v = 40$ km/h; $t_c = 3 + 0,6 \times 33,3$ minutos; $W = 33,3$ t e $t_d = 10$ minutos

$$N \leq (60 \cdot 30 / 30 + 60 \cdot 30 / 40 + 3 + 0,6 \times 33,3 + 10) \times 0,9 / (3 + 0,6 \times 33,3)$$

$$N \leq (60 + 60 \times 0,75 + 23 + 10) \times 0,9 / 23$$

$N \leq (138 \times 0,9) / 23 = 5,4$ veículos aproxima-se para 5 veículos.

Neste caso a produção máxima "Qmax", considerando (H) 12 horas de trabalho por dia, será dada por:

$$Q_{max} = N \cdot W \cdot H \cdot 60 / T_c$$

$$T_c = 60 \cdot d / V_c + 60 \cdot d / V_v + t_c + t_d$$

$$T_c = 60 \cdot 30 / 30 + 60 \cdot 30 / 40 + 23 + 10 = 138 \text{ minutos}$$

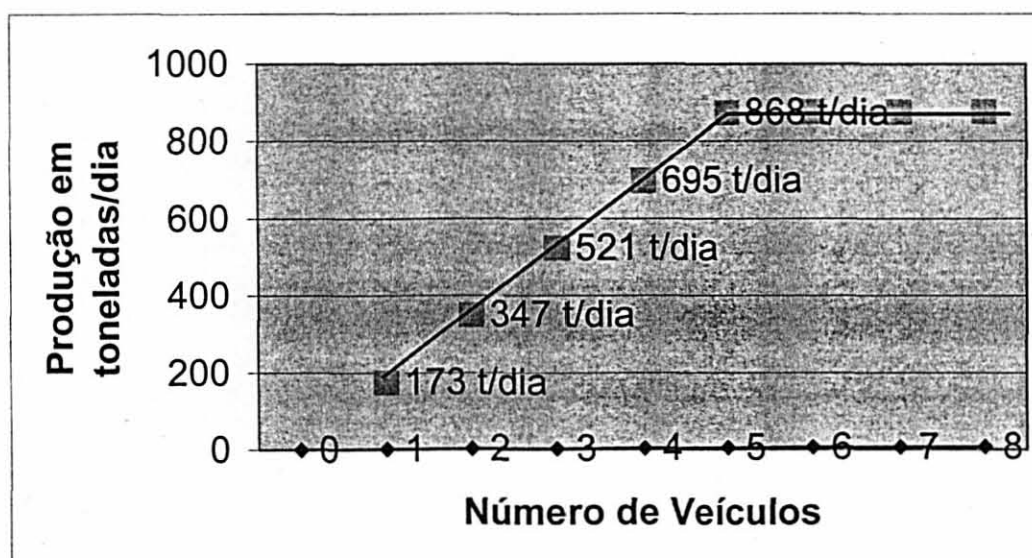
$$Q_{max} = 5 \times 33,3 \times 12 \times 60 / 138 \text{ t/dia}$$

$$Q_{max} = 119.880 / 138 = 868 \text{ t/dia}$$

Para a obtenção de um número maior de toneladas por dia, há necessidade de alterar possivelmente, a capacidade de carga. Observa-se que um número maior de veículos não aumentará este valor, o que é comprovado através do gráfico 1.

Para obter-se um número de toneladas menor, é usado um número menor de veículos.

GRÁFICO 1: FUNÇÃO DE PRODUÇÃO APLICADA AO TRANSPORTE FLORESTAL



Fonte: Cálculos com valores atribuídos

3.3 MÉTODO DE CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DOS CAMINHÕES CONSIDERANDO AS CARACTERÍSTICAS DA VIA – HDM III

Para que possam ser calculados os custos de operação dos caminhões nas diferentes condições oferecidas pelo sistema viário, o método adotado deve considerar a influência de rampas, curvas e condições de superfície da via.

A definição dos projetos de melhoria das vias é efetuada minimizando os custos totais, pelo que há necessidade de calcular os custos de construção, de conservação e de operação dos veículos para várias alternativas construtivas.

No transporte florestal, os veículos trafegam carregados num só sentido, pelo que torna-se importante que os cálculos dos custos de operação sejam obtidos para veículos carregados e vazios.

O projeto geométrico das melhorias, leva em conta que a declividade das rampas são menores, no sentido em que os veículos trafegam carregados.

Os projetos geométricos das vias são executados com programas de computador especializados, como o "TopoGRAPH", que calculam e apresentam as porcentagens de rampas adotadas, raios de curva, extensões em tangente e curva e os volumes de terraplanagem. Ao ir variando a linha do "greide" adotado, o computador vai fornecendo as alterações dos elementos geométricos e fornecendo os novos quantitativos. Com os quantitativos de terraplanagem, são elaborados com facilidade os orçamentos construtivos para as diferentes alternativas.

Para o cálculo dos custos de operação, após o estudo das metodologias disponíveis, conforme apresentado no item 2.4, opta-se pela utilização do método do "HDM-VOC" (The Highway Design and Maintenance Standards Model - HDM III – Model) desenvolvido pela Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes – GEIPOT e Banco Mundial - WORLD BANK (1994), fazendo os ajustes necessários para representar os veículos utilizados no caso específico de transporte florestal.

Os principais benefícios da melhoria da estrada são obtidos durante a fase de colheita, onde ocorre a operação dos caminhões pesados. O volume de tráfego nas florestas dos veículos de passeio, normalmente será desprezado, a menos que a estrada tenha outros usos.

Os passos seguidos para o cálculo dos Custos de Operação de cada tipo de veículo, pela metodologia desenvolvida pelo GEIPOT e Banco Mundial são:

- Cálculo da Velocidade de Operação do Veículo.
- Cálculo dos Recursos consumidos por 1000 veículo-km, relativos à combustível, lubrificantes, uso de pneus, tempo da tripulação, tempo de passageiros, tempo de retenção da carga, mão-de-obra de manutenção, peças de reposição, depreciação, juros e sobretaxas (lucros – overhead).
- Aplicação de Custos unitários das quantidades físicas relativa aos recursos consumidos por 1000 veículo-km.
- Soma dos custos de operação de cada componente.

No caso das aplicações desta metodologia nas estradas florestais, apresentados no item 4.0, quando são desenvolvidos dois estudos de caso; em um deles foram calculados os custos de operação rampa a rampa e no outro calcularam-se estes valores para todo um trecho de via.

Apesar do elevado número de pesquisas realizadas, o modelo ainda pode ser mais detalhado, já que em muitos casos usam-se os mesmos coeficientes para veículos diferentes, por exemplo, os caminhões médios e pesados.

Para a aplicação da metodologia define-se as características das vias e veículos florestais.

Na Tabela 10 a seguir, apresentam-se os dados relativos às características das vias, com as faixas de variação consideradas, para utilização da metodologia de cálculo dos custos de operação.

Para os caminhões carregados e descarregados há necessidade de cálculo dos custos em cada rampa, considerando a direção de movimento do veículo. As inclinações das rampas para os cálculos são obtidas através do projeto geométrico das vias ou mapas com curvas de nível.

TABELA 10 : CARACTERÍSTICAS ATRIBUÍDAS ÀS VIAS PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO

Variáveis Usadas no Cálculo do Custo de Operação	
CARACTERÍSTICAS DA VIA	
1 Tipo de Superfície	1=Pavimentada 0=não pavimentada
2 IRI (m/Km)	Variável de 2 à 20
3 Rampa Média Positiva %	Variável de 0% até +15%
4 Rampa Média Negativa %	Variável de -15% até 0%
5 Proporção de subidas %	100% rampa posit. e 0% para neg.
6 Curvatura Horizontal Média Graus/km	Variável de 0 a 1,000
7 Superelevação	Valor atribuído pelo Programa
8 Altitude Média do Terreno (m)	Variável de 0 a 1000 metros
9 Número de Faixas	1 = uma 0=mais de uma

Fonte: HDM III - Valores atribuídos

Os custos de operação não se alteram se a via é pavimentada ou não, desde que o IRI seja o mesmo. As vias pavimentadas apresentam valores de IRI mais baixos desde que tenham adequada manutenção. As chuvas podem deteriorar as condições de superfície da via não pavimentada com muito mais rapidez que no caso da via pavimentada.

O cálculo dos custos de operação é feito pelo WORLD BANK (1987) HDM III, conforme a seqüência a seguir:

- 1) Velocidade média de Operação por Tipo de Veículo.
- 2) Recursos consumidos em veículo-km:

Combustível, desgaste de pneus, peças de reposição, mão de obra para manutenção dos veículos, lubrificantes, tempo do motorista, tempo dos passageiros, tempo de retenção da carga, depreciação, juros, sobretaxas (lucros – overhead) e custos diversos.

3) Custos unitários das quantidades físicas relativa aos recursos consumidos por veículo-km.

- 4) Custos de operação por veículo-km.

Os dados necessários são os seguintes:

- Custo de aquisição do veículo;
- Custo do litro de combustível;
- Custo do litro de lubrificante;
- Custo do pneu;
- Custos da mão de obra de manutenção por hora;

- Valor por hora da carga imobilizada;
- Custos administrativos (valor do overhead por veículo.km);
- Salário por hora do motorista;
- Tara do veículo em quilos;
- Peso da carga transportada em quilos;
- Utilização média anual do veículo em quilômetros e em horas;
- Relação de utilização horário (tempo em movimento/tempo parado);
- Vida útil média do veículo em anos e idade média do veículo.

Nas Tabelas 11 e 12, apresentam-se as características dos dez veículos de carga estudados, e os valores dos coeficientes adotados para o cálculo dos custos de operação.

Usando-se o programa de computador do WORLD BANK (1994) HDM – VOC pode-se efetuar os cálculos dos custos de operação e analisar a participação percentual de cada um dos itens componentes fazendo ajustes necessários, caso a empresa disponha de outros resultados de cálculo dos custos de operação.

O modelo calcula a velocidade média de operação dos veículos, em cada segmento, verificando os valores de cinco tipos de velocidades restritivas, em cada um deles.

O usuário pode também através de medições no campo fornecer o valor da velocidade média em um dado trecho ou em pontos específicos (uma rampa, por exemplo).

O tipo de superfície, as rampas e curvas afetam diretamente as velocidades restritivas, usadas para a definição da Velocidade Média de Operação dos Veículos.

Com relação ao sistema viário, os dados necessários para o cálculo dos custos de operação dos veículos são:

- Tipo do pavimento;
- Rugosidade média;
- Rampa média de subidas;
- Rampa média de descidas;
- Curvatura média horizontal;

- Superelevação média e
- Altitude média do terreno.

Os resultados dos cálculos dos custos de operação para os veículos de transporte florestal considerados são apresentados no Item 5.

TABELA 11: CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO

Tipos de Veículos – Parte 1		Cam 4x2	Cam 6x2	Biminhão	Treminhão	Carreta1*
1	Tara do Veículo (kg)	4.610	6.430	11.930	21.125	13,134
2	Carga (kg)	7.000	14.000	30.000	40.000	19,000
3	Máxima Potência usada HP	170	211	211	380	320
4	Máxima Potência usada para freiar HP	250	300	350	400	400
5	Velocidade desejada (km/h)	Calculada pelo Programa				
6	Coefficiente de arraste aerodinâmico	0,60	0,70	0,80	0,80	0,80
7	Área frontal projetada (m ²)	7,5	8,5	9,0	9,0	9,0
8	Velocidade Calibrada do Motor (rpm)	1800	1800	1800	1800	1700
9	Fator de Eficiência Energética	1				
10	Fator de Ajuste de Combustível	1,15				
1	Número de Pneus do Veículo	6	10	18	26	14
2	Volume de borracha usável por pneu (dm ³)	7,30				8,39
3	Relação preço recapagem/preço pneu novo	.2				
4	Máximo número de recapagens	3				
5	Constante modelo consumo pneus (dm ³ /m)	.164				
6	Coefficiente Uso dos Pneus (10-3 dm ³ /j-m)	12.78				
DADOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO						
1	Utilização Média Anual do Veículo (km)	40,000	50,000	60,000	70,000	70,000
2	Utilização Média Anual do Veículo (Horas)	1,200	1,500	1,800	2,100	2,100
3	Relação de Utilização Horária	0,50	0,50	0,70	0,70	0,70
4	Vida Média de Serviço (anos)	10				
5	Uso de Vida Constante de Serviço	0 = não				
6	Idade do Veículo em Quilômetros	200,000	250,000	300,000	350,000	350,000
7	Número de Passageiros por Veículo	2	2	0	0	0
CUSTOS UNITÁRIOS						
1	Preço do Veículo Novo R\$	60,000	80,000	100,000	140,000	100,000
2	Custo do Combustível R\$/litro	0,80				
3	Custo de Lubrificantes R\$/litro	3,50				
4	Custo de Pneu novo R\$	300	500	660	660	660
5	Valor tempo motorista e ajudante R\$/hora	4,00				
6	Valor do tempo de demora dos passageiros	0,00				
7	Custo do trabalho de manutenção R\$/hora	4,00				
8	Custo da demora da Carga R\$/hora	0,50	0,80	1,00	1,00	0,80
9	Taxa de Juros anual %	12				
10	Taxa de Administração por veículo-km R\$	0,10	0,10	0,15	0,20	0,15

Continua

TABELA 11: CARACTERÍSTICAS DOS VEÍCULOS PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO (Cont.)

Tipos de Veículos - Parte 2		Carreta2*	Carreta3*	Bi-trem	Tri-trem	Rodotrem.
1	Tara do Veículo (kg)	14.134	16.954	20.440	25.940	24.000
2	Carga (kg)	26.000	28.000	35.000	45.000	49.000
3	Máxima Potência usada HP	320	380	380	380	380
4	Máxima Potência usada para freiar HP	400	450	450	500	500
5	Velocidade desejada (km/h)	Atribuída pelo Programa				
6	Coefficiente de arraste aerodinâmico	.80	.80	.80	0,80	0,80
7	Área frontal projetada (m2)	9	9	9	9	9
8	Velocidade Calibrada do Motor (rpm)	1700	1700	1700	1700	1700
9	Fator de Eficiência Energética	1				
10	Fator de Ajuste de Combustível	1,15				
1	Número de Pneus do Veículo	18	22	26	34	30
2	Volume de borracha usável por pneu (dm3)	8,39	8,39	8,39	8,39	8,39
3	Relação preço recapagem/preço pneu novo	.2	.2	.2	.2	.2
4	Máximo número de recapagens	3	3	3	3	3
5	Constante modelo consumo pneus (dm3/m)	.164	.164	.164	.164	.164
6	Coefficiente Uso dos Pneus(10-3 dm3/j-m)	12,78	12,78	12,78	12,78	12,78
DADOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO						
1	Utilização Média Anual do Veículo (km)	70000	70000	70000	72000	72000
2	Utilização Média Anual do Veículo (Horas)	2100	2100	2440	2440	2440
3	Relação de Utilização Horária	0,70	0,70	0,80	0,80	0,80
4	Vida Média de Serviço (anos)	10				
5	Uso de Vida Constante de Serviço	0 = não				
6	Idade do Veículo em Quilômetros	350,000	350,000	360,000	360,000	360,000
7	Número de Passageiros por Veículo	0				
CUSTOS UNITÁRIOS						
1	Preço do Veículo Novo R\$	120,000	150,000	170,000	240,000	200,000
2	Custo do Combustível R\$/litro	0,80				
3	Custo de Lubrificantes R\$/litro	3,50				
4	Custo de Pneu novo R\$	660	660	660	660	660
5	Valor tempo motorista e ajudante R\$/hora	4,00				
6	Valor do tempo de demora dos passageiros	0,00				
7	Custo do trabalho de manutenção R\$/hora	4,00				
8	Custo da demora da Carga R\$/hora	1,00	1,10	1,20	1,46	1,46
9	Taxa de Juros anual %	12				
10	Taxa de Administração por veículo-km R\$	0,15	0,15	0,20	0,20	0,20

Fonte: WORLD BANK (1994) e Dados de Pesquisa de Campo

*Obs. Carreta1 = Caminhão articulado formado por cavalo mecânico 4x2 e semi-reboque de 2 eixos.

Carreta2 = Caminhão articulado formado por cavalo mecânico 4x2 e semi-reboque de 3 eixos.

Carreta3 = Caminhão articulado formado por cavalo mecânico 6x4 e semi-reboque de 3 eixos.

TABELA 12: COEFICIENTES ADICIONAIS ATRIBUIDOS PELO MODELO HDM III NO CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO

COEFICIENTES ADICINAIS ATRIBUIDOS PELO MODELO		Veic, 1*	Veic, 2,3 e 4*	Veic, 5,6,7,8,9 e 10*
1	KP (partes de manutenção)	0,371	0,371	.371
2	CPo (partes de manutenção) 10E-6	1,49	8,61	13,94
3	CPq (partes de manutenção) 10E-3	251,79	35,31	15,65
4	QIPo (partes de manutenção)	0	0	0
5	CLo (trabalho de manutenção)	242,03	301,46	652,51
6	CLp (trabalho de manutenção)	,519	,519	.519
7	CLq (trabalho de manutenção)	0	0	0
8	COo (Lubrificantes)	3,07	3,07	5,15
9	FRATIO0 (velocidade)	0,09	0,09	.04
10	FRATIO1 (velocidade) 10E-4	0	0	0
11	ARVMAX2 (velocidade)	177,70	177,70	130,9
1	BW (velocidade)	0,73	0,73	1
2	BETA (velocidade)	0,31	0,31	.244
3	E0 (velocidade)	1,018	1,018	1.018
4	A0 (combustível)	-22955	-22955	-30559
5	A1 (combustível)	95	95	156,1
6	A2 (combustível)	0	0	0
7	A3 (combustível)	3758	3758	4002
8	A4 (combustível)	0	0	0
9	A5 (combustível)	19,12	19,12	4,41
10	A6 (combustível)	2394	2394	4435
11	A7 (combustível)	13,76	13,76	26,08
12	NH0 (combustível)	-85	-85	-85

Fonte: WORLD BANK (1994) Cálculos utilizando a metodologia HDM III

* Obs.

Veículo 1 = caminhão 4x2 = caminhão médio

Veículos 2, 3 e 4 = caminhão pesado

Veículos 5, 6, 7, 8, 9 e 10 = caminhões articulados.

3.4 MÉTODOS PARA ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DAS MELHORIAS EM ESTRADAS FLORESTAIS

Os estudos de viabilidade econômica são essenciais no sentido de apresentar uma comparação entre as alternativas de melhoria do sistema viário e dos transportes, subsidiando as decisões das empresas.

Na formulação das alternativas de melhoria, há necessidade de se obter informações sobre as condições existentes no local, tais como: volumes de madeira por talhão, características das vias existentes e do uso do solo, facilidades públicas existentes, carências e dificuldades existentes, fatores institucionais e disponibilidade de recursos.

Segundo LEITE (1995), o número inicial das alternativas pode ser muito elevado, pois cada uma delas pode apresentar uma combinação diferente de estratégias, quanto a tecnologia, localização, operação, implantação e demanda atendida.

A redução de alternativas para um número prático é em geral possível através da análise de elementos básicos, tais como: custos, demanda, capacidade, possibilidades operacionais e impactos sociais e ambientais.

Dado o grande número de alternativas razoáveis e dos elementos necessários a serem considerados, é importante que não se perca tempo em excesso na análise de alternativas irrelevantes, embora deva ser abrangente e estarem incluídos todos os tipos de projetos, inclusive de manutenção, ampliação e de reconstrução de facilidades existentes, em conjunto com os novos projetos.

Inicialmente, os técnicos propõem um série de alternativas individualmente; o número destas alternativas é reduzido pelo trabalho da equipe técnica e avaliações iniciais. Para melhorias importantes os trabalhos são submetidos aos gerentes das empresas.

A avaliação socio-econômica detalhada, em geral é efetuada entre três e no máximo dez alternativas, como será apresentada nos estudos de caso.

As limitações inerentes, em termos de recursos disponíveis, são utilizadas para identificar e reduzir a lista das alternativas relevantes.

A análise das alternativas é efetuada com base em técnicas elementares que incluem o julgamento intuitivo, comparações de vantagens e desvantagens, checagem de itens atendidos em cada alternativa, de uma lista de critérios ou medidas de desempenho e comparação com possíveis valores dos critérios.

São usados métodos de avaliação econômica de investimentos, que levam em consideração impactos e aspectos técnicos, mesmo que não sejam quantificados monetariamente e sejam apresentados de forma mais abrangente, sobretudo para o caso de melhorias envolvendo grandes investimentos.

Para cada uma das alternativas estudadas monta-se o fluxo de caixa dos gastos e receitas. Valores financeiros em tempos diferentes não podem ser

comparados. A avaliação econômica utiliza-se de equações da Matemática Financeira para que os valores financeiros possam ser deslocados no tempo e a seguir comparados.

A análise é efetuada pelo método do Valor Atual GRANT, IRESO e LEANWORTH (1982), quando os valores são trasladados para o presente. Este método é empregado para a avaliação econômica das alternativas de melhoria das estradas florestais, quando os projetos tiverem a mesma duração.

Nas avaliações das melhorias nas estradas florestais, além do cálculo do Valor Atual, recomenda-se também a apresentação da Taxa Interna de Retorno. Estes métodos foram apresentados na Revisão da Literatura.

Além dos métodos apresentados, as empresas podem valer-se do Método das Curvas de Indiferença ou Isoquantas para a análise de investimentos em projetos que envolvam vias de categorias diferentes.

Este método, desenvolvido em dissertação de mestrado, LEITE (1995), faz uma analogia entre a escolha de investimentos e os conceitos de microeconomia usados para o equilíbrio da empresa.

Procura-se resolver um sistema de equações análogas à Lei de Redução das Utilidades Marginais e à Linha de Orçamento.

É dado um objetivo para os projetos, tais como: alcançar a maior quantidade de toneladas x km x dia ou mesmo a maior quantidade de receitas menos custos em reais. Procura-se atingir um destes objetivos considerando os recursos disponíveis.

Tratando-se de um método novo, para ilustração apresenta-se a seguir uma aplicação.

Suponha-se que estejam disponíveis R\$ 20 milhões para melhorias de vias principais e vias secundárias, no orçamento plurianual de uma dada empresa florestal.

Obtêm-se as curvas isoquantas (ou de indiferença) dadas neste caso pelo número de toneladas x km por dia, a serem acrescentados ao sistema de transporte da empresa com os investimentos previstos. Esta variável é considerada como a "produção" dos transportes.

As curvas isoquantas são traçadas num gráfico, com base em dados de tráfego (toneladas x km x dia) e quilometragem de vias pavimentadas e não

pavimentadas, colocadas em ordem de prioridade (por volume de madeira), conforme dados da Tabela 13.

TABELA 13: RELAÇÃO PRIORITÁRIA DE VIAS PRINCIPAIS E SECUNDÁRIAS, CONFORME A META DESEJADA (TONELADASXKM/DIA).

Meta – toneladasxkmx.dia	500:000	600:000	700:000
(VS) Km de vias secundárias	(VP) Km de vias principais		
800	120	170	220
1600	80	120	180
2400	50	90	130
3200	30	70	110

Fonte: LEITE (1995)

É traçada no mesmo gráfico das curvas isoquantas, a linha de orçamento, a qual é obtida considerando-se o custo de melhoria médio por quilômetro das vias . Por exemplo:

Custo médio de 1 km de via pavimentada (VP) = R\$ 100 mil.

Custo médio de 1 km de via não pavimentada (VS) = R\$ 5 mil.

Linha de orçamento $100.000 VP + 5.000 VS = 20.000.000$

Para traçar a linha de orçamento é interessante observar que a máxima quantidade possível de vias pavimentadas é de 200 km e a máxima quantidade possível de vias não pavimentadas é de 4.000 km, com o orçamento e custos médios dados.

No gráfico 2 observa-se que a melhor alternativa é de aproximadamente 1.600 km de vias não pavimentadas e 120 km de vias pavimentadas. O número máximo de toneladas x km x dia é de aproximadamente 600.000 toneladas x km x dia.

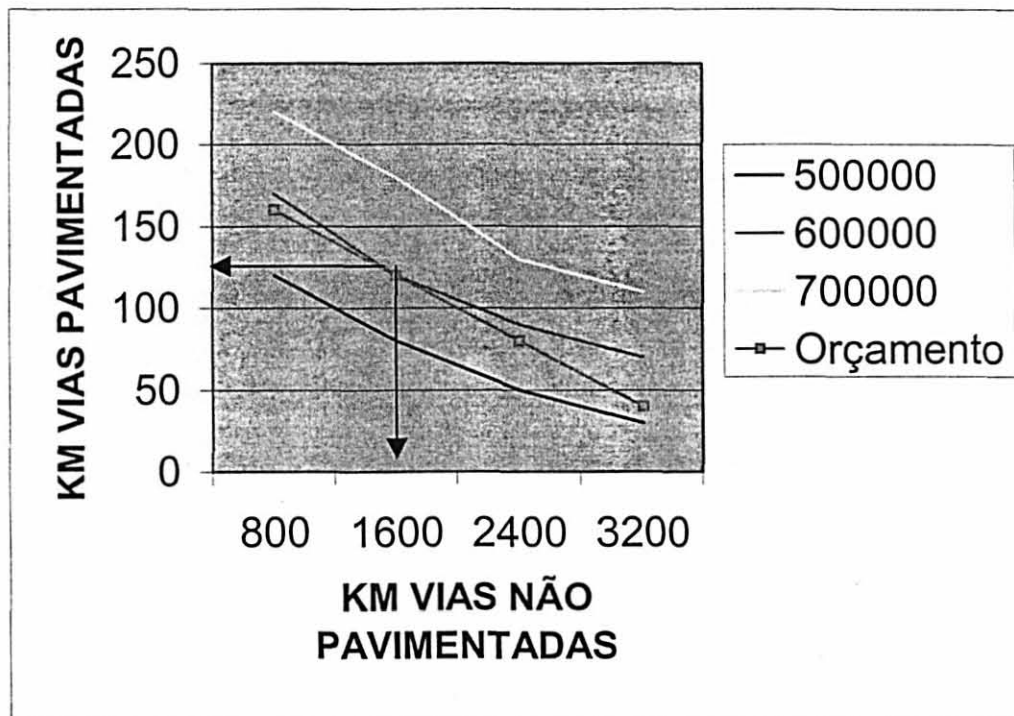
Em muitos casos, a linha de orçamento não é tangente a nenhuma das curvas isoquantas dadas; obtêm-se dados para novos valores de curvas isoquantas ou obtêm-se a equação representativa da função de produção.

Obtida a função análoga à de produção, utiliza-se também, de forma semelhante a Lei da Igualdade das Utilidades Marginais (ou receitas marginais) para obter equações, que junto com a equação da linha de orçamento, fornecem os valores otimizados das quilometragens a construir de cada um dos tipos de vias.

Utilizando-se um programa de computador para análise de regressão (TOOLS ou TSP), obtêm-se a equação da melhor curva que passa

pelos pontos dados (em geral, são usadas equações da forma multiplicativa ou da parábola).

GRÁFICO 2: RESULTADOS GRÁFICOS DO MÉTODO DE CURVAS ISOQUANTAS



Fonte: LEITE (1995)

Para os dados do exemplo foi obtida a seguinte equação na forma multiplicativa:

$$Q = 24.372,2483 \cdot VS^{0,2272} \cdot VP^{0,3243}$$

Usando-se a Lei da Igualdade das Utilidades Marginais tem-se:

$$(5537,37481 \cdot VS^{-0,7728} \cdot VP^{0,3243})/50.000 = (7903,92012 \cdot VS^{0,2272} \cdot VP^{-0,6757})/1.000.000$$

$$\text{ou } 14,0117175 \cdot VP = VS \quad (1)$$

Considerando a linha de orçamento tem-se:

$$100.000 \cdot VP + 5.000 \cdot VS = 20.000.000 \quad \text{ou}$$

$$VP + 0,05 \cdot VS = 200 \quad (2)$$

Resolvendo-se o sistema das equações (1) e (2), tem-se:

$$VS = 1648 \text{ km}; VP = 118 \text{ km e } Q = 616.168,66 \text{ t.km.dia.}$$

Valores muito próximos aos que podem ser encontrados graficamente.

Neste método havendo mais de duas variáveis a solução será sempre obtida de forma analítica.

3.4.1 Considerações sobre Aspectos Financeiros, Ambientais e Políticos nos Estudos de Viabilidade

Além da análise de viabilidade econômica (que busca os lucros máximos) a empresa também examina, antes de escolher uma das alternativa, outras viabilidades:

- Viabilidade Financeira - analisa a disponibilidade de recursos e os encargos financeiros assumidos com financiamentos e empréstimos.

- Viabilidade Técnica - correto dimensionamento em termos de capacidade como: dimensionamento correto em função da produção desejada, incluindo até áreas de carga e descarga.

- Viabilidade Institucional - disponibilidade de pessoal capacitado na gerência ou a serem contratados para implantar os projetos.

- Viabilidade Ambiental - a alternativa deve cumprir a legislação ambiental.

- Viabilidade Política - apoio dos donos da empresa e em alguns casos até de autoridades políticas da região.

3.5 METODOLOGIA PARA CONTROLE DE ACIDENTES EM CRUZAMENTOS COM VIAS PRINCIPAIS

Nas interseções de estradas secundárias com estradas principais, sobretudo no caso de saídas de veículos de carga de estradas não pavimentadas para estradas pavimentadas, podem ocorrer acidentes graves.

Para reduzir a probabilidade destes acidentes é importante colocar sinalização vertical de regulamentação na via principal alertando os veículos para que reduzam sua velocidade devido à saída de veículos longos e lentos das vias secundárias.

Este tipo de sinalização é usado, na PR - 420 (via asfaltada que liga a BR-116 no município de Agudos do Sul com a cidade de São Bento, em

Santa Catarina). Nos locais em que estradas secundárias que levam aos reflorestamentos encontram à PR - 420 existem placas com os dizeres “Cuidado saída de veículos longos a 300 m” e “Cuidado saída de veículos longos a 100m”.

Considera-se importante nestes casos, o contato com as autoridades responsáveis, para que sejam colocadas, também, na via principal, placas de regulamentação, (que indicam a velocidade máxima permitida).

Estas velocidades vão depender das distâncias de visibilidade e do tempo, para os caminhões cruzarem a via principal.

É importante que a interseção seja feita em terreno plano e na forma perpendicular, de modo a reduzir o tempo de cruzamento da via principal pelos veículos pesados com madeira, que chegam pela via secundária.

Na via secundária deve haver sinal de “PARE” e, é necessário por razões de segurança, que os motoristas dos veículos parados (caminhões pesados carregados de toras) vejam uma parte suficiente da via principal de modo que possam cruzá-la antes que um dos veículos da via de maior importância chegue à interseção, mesmo que este veículo tenha sido visto no momento em que o veículo parado iniciava o cruzamento da via principal. O comprimento visível da via de maior importância deverá ser maior do que o produto da velocidade de projeto (valor máximo permitido) da via principal, pelo tempo necessário para que o veículo parado movimente-se e cruze-a. Os casos de interseção em “T” ou quando o veículo da via secundária não cruza a via principal, mas sim, vira à esquerda e adentra a via principal também se requerem distâncias adequadas de visibilidade.

A distância de visibilidade para o cruzamento de via principal, sem necessidade de que o veículo da via principal reduza sua velocidade, é dada pela fórmula:

$$D_v = 0,28 \times V \times (E + t_a) \quad \text{sendo:}$$

$$0,28 = \text{fator para conversão de Km/h em m/s} = 1000/3600$$

D_v = distância mínima de visibilidade na via principal, em metros.

V = velocidade máxima permitida na via principal, em Km/h.

E = soma do tempo de percepção e do tempo requerido para engatar a primeira marcha pelo motorista do veículo na via secundária, em

segundos. O valor recomendado é de no mínimo 2,5 segundos segundo o ITE (1976).

t_a = tempo necessário para que o veículo da via secundária acelere e atravesse a distância "S", deixando livre o pavimento da via principal, em segundos.

$$S = d + W + L$$

d = distância deste o local de parada do veículo da via secundária até o início do pavimento da via principal. O valor "d" adotado é em geral de 3,00 metros.

W = largura do pavimento da via principal que deverá ser cruzado. Valor adotado de 10,00 metros.

L = comprimento do veículo, em metros. No caso dos caminhões usados no transporte florestal, este valor pode ultrapassar, desde que haja licença especial, o comprimento máximo permitido pelo Código de Trânsito é de 20,00 metros.

Para veículos de transporte de carga em florestas o valor de "S" pode ultrapassar os 40,00 metros.

Um caminhão pesado, para percorrer 40,00 metros necessita cerca de 14,5 segundos (valor de " t_a "). Caso a interseção não esteja em nível, esteja localizada numa curva, por exemplo, havendo superelevação, o valor do tempo de aceleração, " t_a ", aumenta bastante, o DNER (1974) recomenda numa superelevação de 2% multiplicar " t_a " por 1,5 e numa superelevação de 4% multiplicar por 1,7.

Na Tabela 14 apresentam-se valores calculados para a distância mínima de visibilidade, para o caso dos veículos pesados.

TABELA 14: DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE MÍNIMA EM INTERSEÇÃO EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DIRETRIZ DA VIA PRINCIPAL PARA CAMINHÕES PESADOS

Velocidade Diretriz (km/h):	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Distância de Visibilidade (m):	238	286	333	381	428	476	524	571	619

Fonte: Cálculos com valores atribuídos.

Obs. Interseção em nível e vias perpendiculares.

Em casos críticos, considera-se a distância de visibilidade, como a "Distância de Parada" dos veículos na via principal, caso em que os valores

serão um pouco menores do que os anteriores. Neste caso, utiliza-se a seguinte fórmula para a “Distância de Parada” sugerida pelo ITE (1976)

$$D_p = 0,28 \times V + V^2/[256 \times (f \pm G)] \text{ sendo:}$$

D_p = distância de parada do veículo da via principal, em metros.

V = Velocidade máxima (velocidade diretriz) na via principal, em km/h.

f = coeficiente de atrito. O coeficiente de atrito varia com o tipo de superfície e a velocidade do veículo.

Para pavimento de asfalto molhado, adota-se os valores da Tabela 15 desenvolvida pelo ITTE (1973).

Como valor médio, à medida que o veículo da via principal diminua sua velocidade freiando, toma-se o valor de $f = 0,2$ para pavimento asfáltico molhado.

G = greide em valores decimais.

TABELA 15: COEFICIENTE DE ATRITO PARA PAVIMENTO EM ASFALTO MOLHADO (ITTE)

Velocidade (Km/h)	8	16	24	32	40	48	56	64
f	0,64	0,45	0,36	0,28	0,24	0,20	0,18	0,17

Fonte: ITTE (1973)

Na Tabela 16 apresenta-se alguns valores da distância de parada, calculados para caminhões pesados.

TABELA 16: DISTÂNCIA DE VISIBILIDADE DE PARADA PARA CAMINHÕES PESADOS CONSIDERANDO VARIAÇÕES DO GREIDE.

Velocidade Diretriz na Via Principal (km/h)	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Distância de Parada (m) p/G= +8%	49	67	88	112	138	168	200	234	272
Distância de Parada (m) p/G= +5%	53	73	96	122	152	184	220	259	300
Distância de Parada (m) p/G= +3%	56	78	103	131	163	198	236	278	323
Distância de Parada (m) p/G= 0%	63	87	115	147	183	223	267	315	366
Distância de Parada (m) p/G= -3%	71	100	132	169	211	258	309	364	425
Distância de Parada (m) p/G= -5%	79	111	147	189	236	288	346	409	477
Distância de Parada (m) p/G= -8%	95	134	179	231	289	354	425	502	587

Fonte: Cálculos com valores atribuídos.

Obs. Pavimento da via principal em asfalto molhado ($f = 0,2$).

Normalmente, com distâncias de visibilidade menores do que as apresentadas, haverá necessidade de restringir a velocidade máxima da via principal, com sinais de regulamentação. Esta velocidade é obtida das tabelas

utilizando-se a distância de visibilidade existente e obtendo-se o valor a ser colocado em placa de regulamentação.

Para uma distância de visibilidade medida no local de 120 metros e uma inclinação de greide da via principal no local de - 8%, verifica-se que a máxima velocidade permitida, na Tabela 16, é de 50 km/h para que os caminhões possam ter segurança no acesso a esta via. O local de implantação da placa de regulamentação deverá situar-se antes do início da distância de visibilidade e serão colocadas placas para todos os sentidos de tráfego.

No caso das estradas públicas, o DNIT (estradas federais), DER (estradas estaduais) ou os municípios devem ser contatados para que sejam colocadas as placas de sinalização necessárias. Inclusive, é importante para qualquer construção de acesso a uma rodovia existente, sejam feitos os devidos estudos em relação aos aspectos de segurança. Em muitos casos, o acesso só pode ser construído depois de obtida a devida licença junto ao órgão responsável.

3.6 ESTUDO DE CASO - VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE ESTRADA FLORESTAL NO EXTREMO SUL DA BAHIA

3.6.1 Caracterização da empresa

Foi escolhida uma empresa que se encontra em instalação, que tem por objetivo construir e operar uma fábrica de celulose, com capacidade de 830.000 toneladas/ano no extremo sul da Bahia.

A fábrica de celulose utilizará como matéria prima, eucaliptos plantados em florestas de sua propriedade. Os investimentos totais são da ordem de US\$ 1,6 bilhão. A celulose será exportada principalmente para a Europa, sudeste asiático e Estados Unidos.

Cada hectare de eucalipto deve produzir mais de 50 metros cúbicos de madeira por ano, coletados 7 anos após o plantio.

As plantações de eucaliptos da Empresa são extensas e concentradas, com baixos custos de produção de madeira. A madeira estará a uma distância média inferior a 45 quilômetros para o transporte à fábrica, permitindo a operação industrial sem grandes estoques.

3.6.2 Projetos do sistema viário

Para a elaboração do “Plano Diretor Viário”, foram definidas pela empresa quatro classes de estradas:

a) Estradas Principais e Institucionais (Públicas), com largura de terraplanagem de 9m e revestimento primário em 7,5m.

b) Estradas Secundárias com largura de terraplanagem de 8m e revestimento primário em 6,5m

c) Estradas Terciárias (ramais nos talhões), com largura de terraplanagem de 7,5m e revestimento primário em 6m.

d) Estradas Divisoras, Contornos e Aceiros.

Os projetos constam de: estudo topográfico, hidrológico e geotécnico; dos projetos geométrico, terraplanagem, drenagem, pavimentação, interseções e viradouros, obras de arte especiais, proteção e preservação ambiental e sinalização; custos, quantitativos e orçamentos, cronograma, documentos de licitação e comentários gerais.

3.6.3 Estudo de viabilidade técnica-econômica

Foi escolhido um segmento de estrada para análise de viabilidade técnica-econômica usando-se a metodologia HDM III, WORLD BANK (1994), para cálculo dos custos de operação dos caminhões e a metodologia do Valor Atual, GRANT, IRESO e LEANWORTH (1982), para a avaliação econômica.

Para a minimização dos custos totais, incluiu-se os custos de implantação e os custos de operação dos veículos. A análise foi feita para todo o segmento em conjunto, sem considerar cada uma das rampas de forma isolada, já que a alteração de uma das rampas modificava a extensão e condições das demais rampas do segmento.

Escolhido o segmento P7 – T3 de malha viária de reflorestamento da Empresa localizada no sul do Estado da Bahia, com base no projeto geométrico, foram determinadas as rampas médias de subida e descida, a porcentagem de subidas em relação a extensão total e o ângulo central médio por km, tanto para as condições do projeto original como para um novo projeto, onde procurou-se reduzir a inclinação das maiores rampas. Não foram alteradas as curvas horizontais.

Na Figura 8 apresenta-se o mapa de situação dos projetos e no Gráfico 3, parte do perfil longitudinal da via.

As Tabelas 17 e 18, apresentam o resumo das condições geométricas do trecho de acordo com o projeto original e de acordo com uma nova alternativa de traçado a ser avaliada; os orçamentos totais usados na análise também foram determinados.

São necessário para a análise os seguintes dados:

Projeto Original:

- Extensão Total das rampas positivas: 800,00 m (Uphill travel)
- Extensão Total das rampas negativas: 840,00 m
- Rampa média positiva: $=52,46/800,00 \times 100 = 6,56\%$
- Rampa média negativa: $=51,20/840 \times 100 = 6,10\%$
- Percentual de tráfego em subida: (uphill travel) =
 $800/1654,23 \times 100 = 48,36\%$
- Grau de curvatura média por km: 384,4689 graus/km

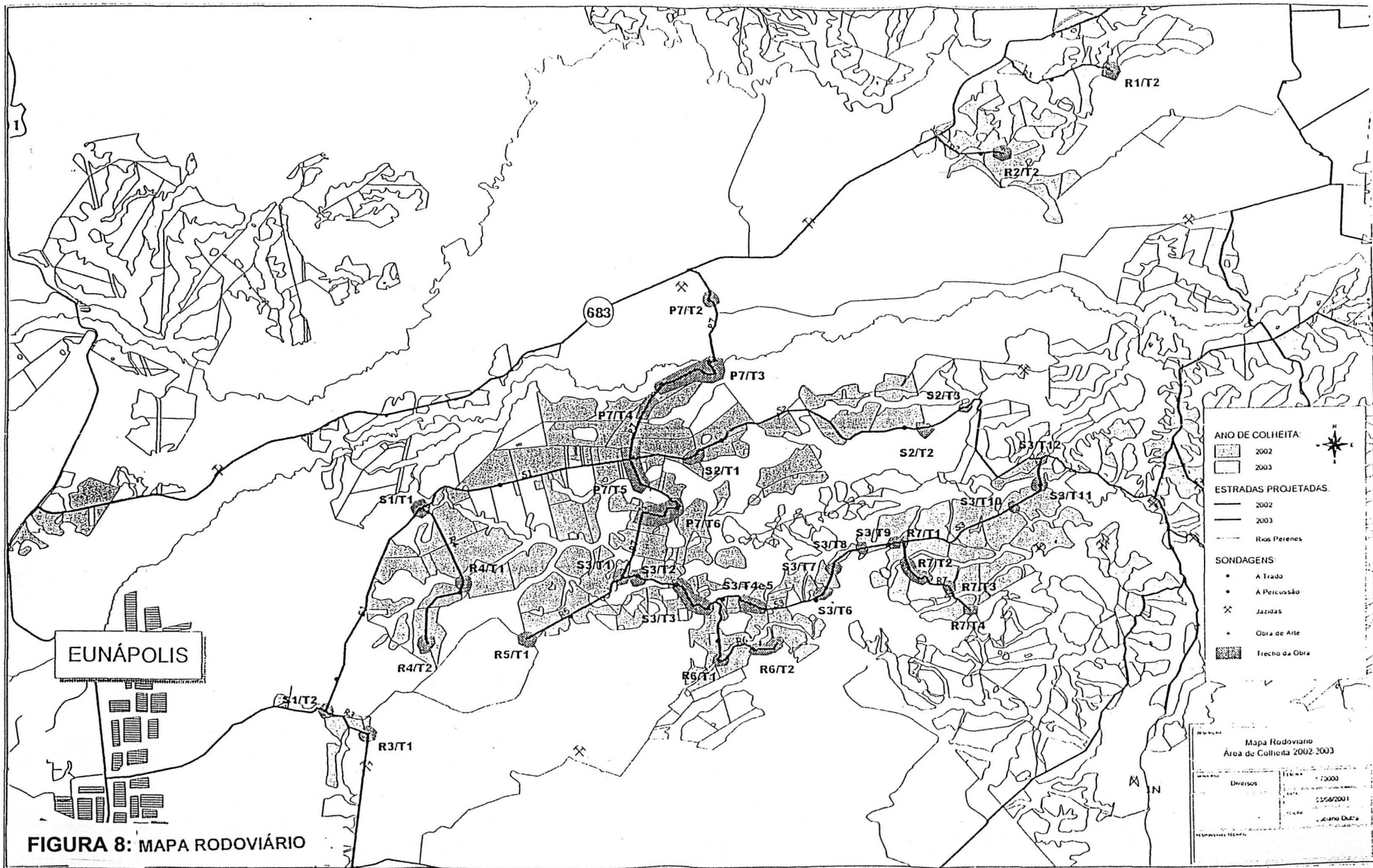


FIGURA 8: MAPA RODOVIÁRIO

Fonte: Empresa da Bahia

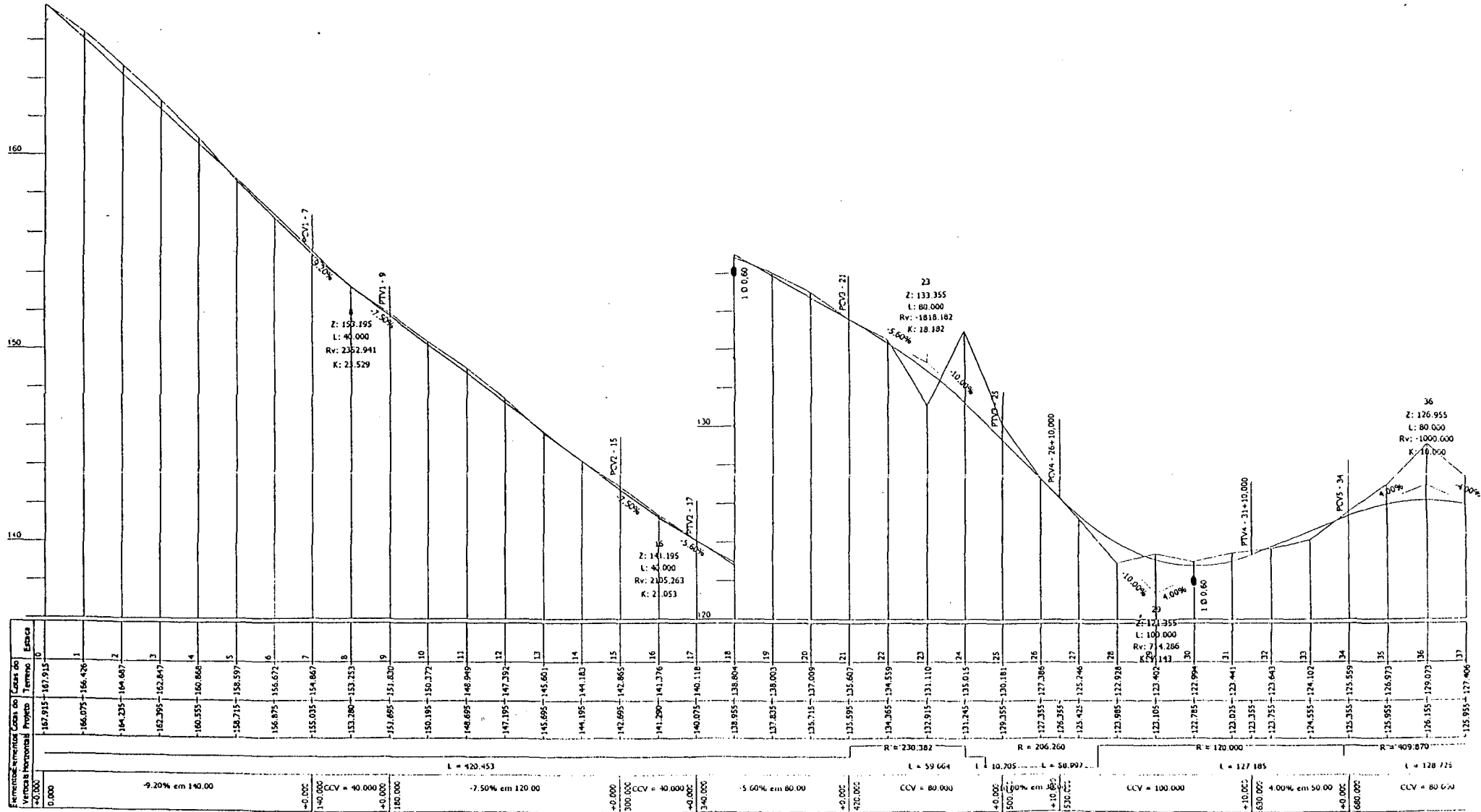


GRÁFICO 3 - PERFIL LONGITUDINAL PARCIAL DA ESTRADA P7 -T3 -

PERFIL LONGITUDINAL	Levant. Estaç.: Total
	Sistema Topograph

Alternativa proposta:

- Extensão Total das rampas positivas: 958,00 m (Uphill travel)
- Extensão Total das rampas negativas: 682,00 m
- Rampa média positiva: $= 50,61/958,00 \times 100 = 5,28\%$
- Rampa média negativa: $= 50,2/682 \times 100 = 7,36\%$
- Percentual de tráfego em subida:(uphill travel) =
 $= 958/1654,23 \times 100 = 57,91\%$
- Grau de curvatura média por km: 384,4689 graus/km

Para o cálculo dos custos de operação utilizou-se o programa VOC-HDM, desenvolvido pelo Banco Mundial ,WORD BANK (1994).

Os dados considerados pelo programa se referem às características da via, escolha do tipo de veículo, características do veículo, dados de uso dos pneus, dados de utilização do veículo, custos unitários e coeficientes adicionais do modelo. Os dados adotados conforme as alternativas de traçado (original e novo) e as condições do veículo (carregado e descarregado) são apresentados no Anexo 2 - Tabela A2.1.

TABELA 17: RESUMO DOS ALINHAMENTOS VERTICAL E HORIZONTAL DA P-7-T3 E ORÇAMENTO TOTAL - PROJETO ORIGINAL

%	RAMPAS	VARIACÃO DE COTAS		CURVAS	
	EXTENSÃO	POSITIVAS	NEGATIVAS	No.	GRAUS
-9,20%	160,00		-14,72	1	15
-7,50%	160,00		-12,00	2	16
-5,60%	140,00		-7,84	3	60
-10,00%	120,00		-12,00	4	18
4,00%	140,00	5,60		5	164
-4,00%	100,00		-4,00	6	122
1,50%	240,00	3,60		7	130
10,30%	420,00	43,26		8	30
-0,40%	160,00		-0,64	9	17
				10	40
				11	24
TOTAL	1.640,00	52,46	-51,20		636

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

Obs. Extensão: 1,654 km; Custo total previsto: R\$ 311.300,00 (07/2001).

Topografia é bastante acentuada, havendo necessidade de Obra de Arte Especial, com orçamento de R\$ 140.000,00.

TABELA 18: RESUMO DOS ALINHAMENTOS VERTICAL E HORIZONTAL DA P-7-T3 E ORÇAMENTO TOTAL - PROJETO SEGUNDO A NOVA ALTERNATIVA

%	RAMPAS EXTENSÃO	VARIÇÃO DE COTAS		CURVAS	
		POSITIVAS	NEGATIVAS	No.	GRAUS
-9,20%	160,00		-14,72	1	15
-7,50%	160,00		-12,00	2	16
-7,50%	260,00		-19,50	3	60
3,90%	140,00	5,46		4	18
-3,90%	102,00		-3,98	5	164
1,08%	238,00	2,57		6	122
8,50%	500,00	42,50		7	130
0,10%	80,00	0,08		8	30
				9	17
				10	40
				11	24
TOTAL	1.640,00	50,61	-50,20		636

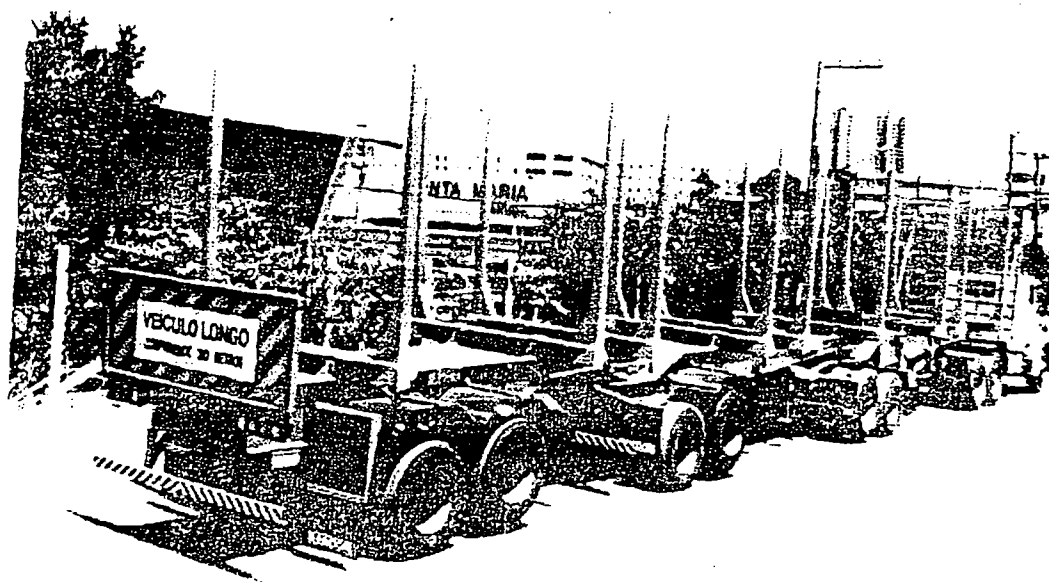
Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

Obs. Extensão: 1,654 km; Custo total previsto: R\$ 311.300,00 (07/2001)

A topografia é bastante acentuada, havendo necessidade de Obra de Arte Especial, com orçamento de R\$ 140.000,00.

Os custos de operação para os dados do veículo-tipo utilizado neste estudo de caso (apresentado nas Figuras 9 e 10), para o projeto original e a nova alternativa de alinhamento vertical (greide), assim como os estudos de viabilidade são apresentados no Itens 4 e 5.

FIGURA 9 FOTO DO VEÍCULO DE TRANSPORTE TIPO PREVISTO PARA USO NA EMPRESA DA BAHIA



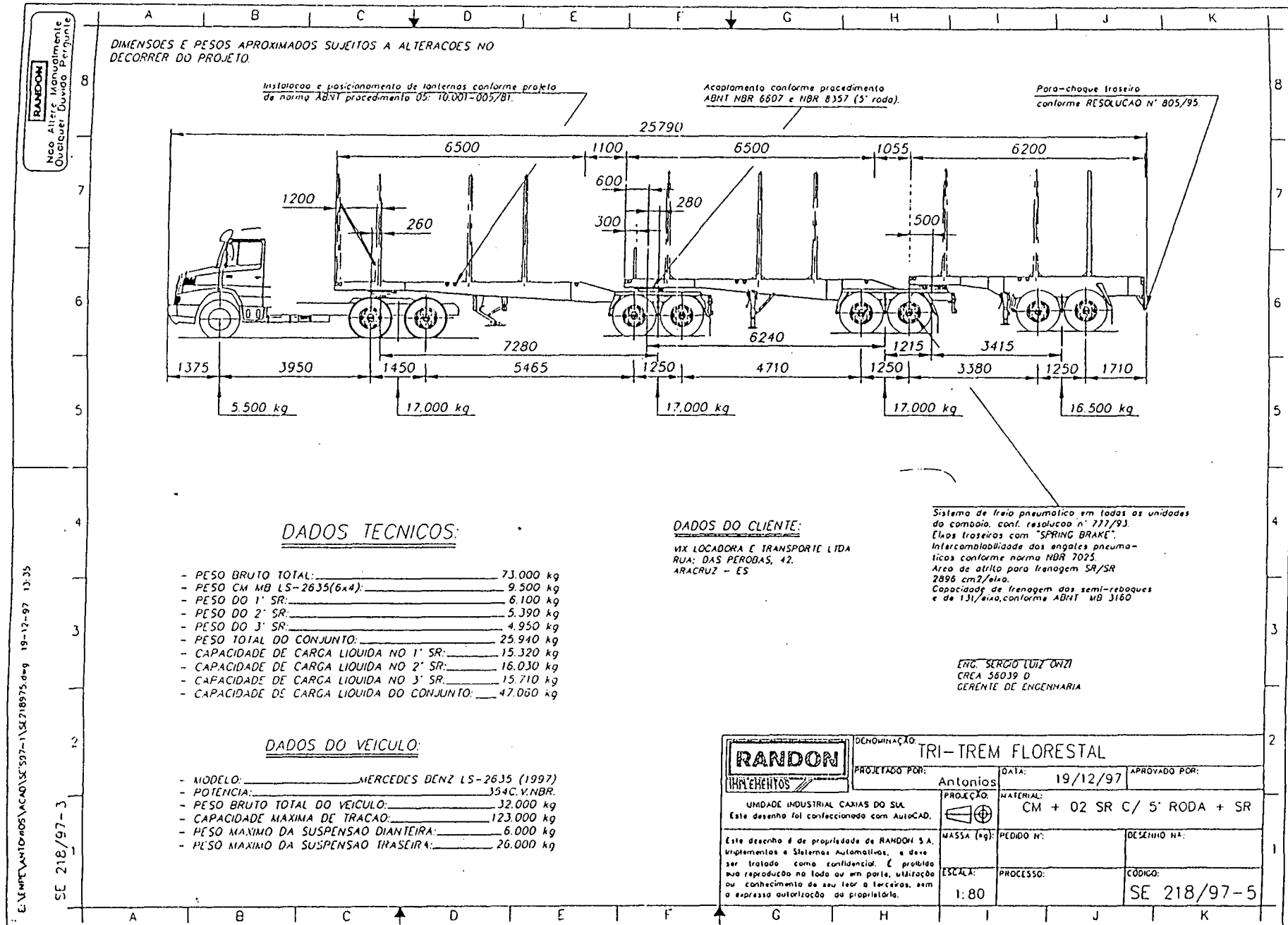


FIGURA 10: VEÍCULO DE TRANSPORTE TIPO PREVISTO PARA USO NA EMPRESA DA BAHIA- TRI-TREM FLORESTAL

3.7 ESTUDO DE CASO - MELHORIA DA INFRAESTRUTURA VIÁRIA E DA OPERAÇÃO DOS TRANSPORTES EM FAZENDAS DE EMPRESA LOCALIZADA NO PLANALTO CATARINENSE

3.7.1 – Caracterização das Fazendas e dos Trabalhos Executados

As fazendas escolhidas para estudo do sistema viário e dos transportes são vizinhas uma da outra e situam-se ao lado da própria unidade industrial, no município de Rio Negrinho, Santa Catarina, conforme pode ser observado na Figura 11.

Em 1985, foram realizados reflorestamentos com Pinus nestas fazendas, num total de 392,02 hectares; sendo que em 1995, foram reflorestados mais 23,34 hectares, obtendo-se um total de 415,36 ha reflorestados.

Sem considerar a área industrial, as fazendas ocupam um total de 865,09 hectares, dos quais 18,83 hectares são ocupados por estradas o que representa 2,17% da área total.

As fazendas acham-se divididas em talhões de Pinus Taeda, nos quais foram efetuados durante os anos de 1999 e 2000, o segundo desbaste. O primeiro desbaste foi efetuado em 1995 e incluiu tanto desbaste sistemático, constituindo-se na retirada da sexta linha, como desbaste seletivo, retirando-se duas árvores (as piores) a cada cinco árvores nas linhas remanescentes.

Como estas fazendas estão estrategicamente situadas, será ainda efetuado um terceiro desbaste em 2004 ou 2005 e um quarto desbaste em 2009 ou 2010 antes do corte raso, previsto em princípio para 2014 ou 2015.

A empresa construiu nestas fazendas, em 1999, alguns trechos experimentais de estradas com variações no tipo de pavimento, todos em revestimento primário. O comportamento desses trechos foi acompanhado através de visitas realizadas entre setembro de 1999 e setembro de 2001, à medida que era solicitado pelo tráfego, com o objetivo de verificar a capacidade de suporte, custos de construção, conservação e durabilidade.

Durante as visitas foram também observados, trabalhos de construção e melhoria de alguns trechos específicos.

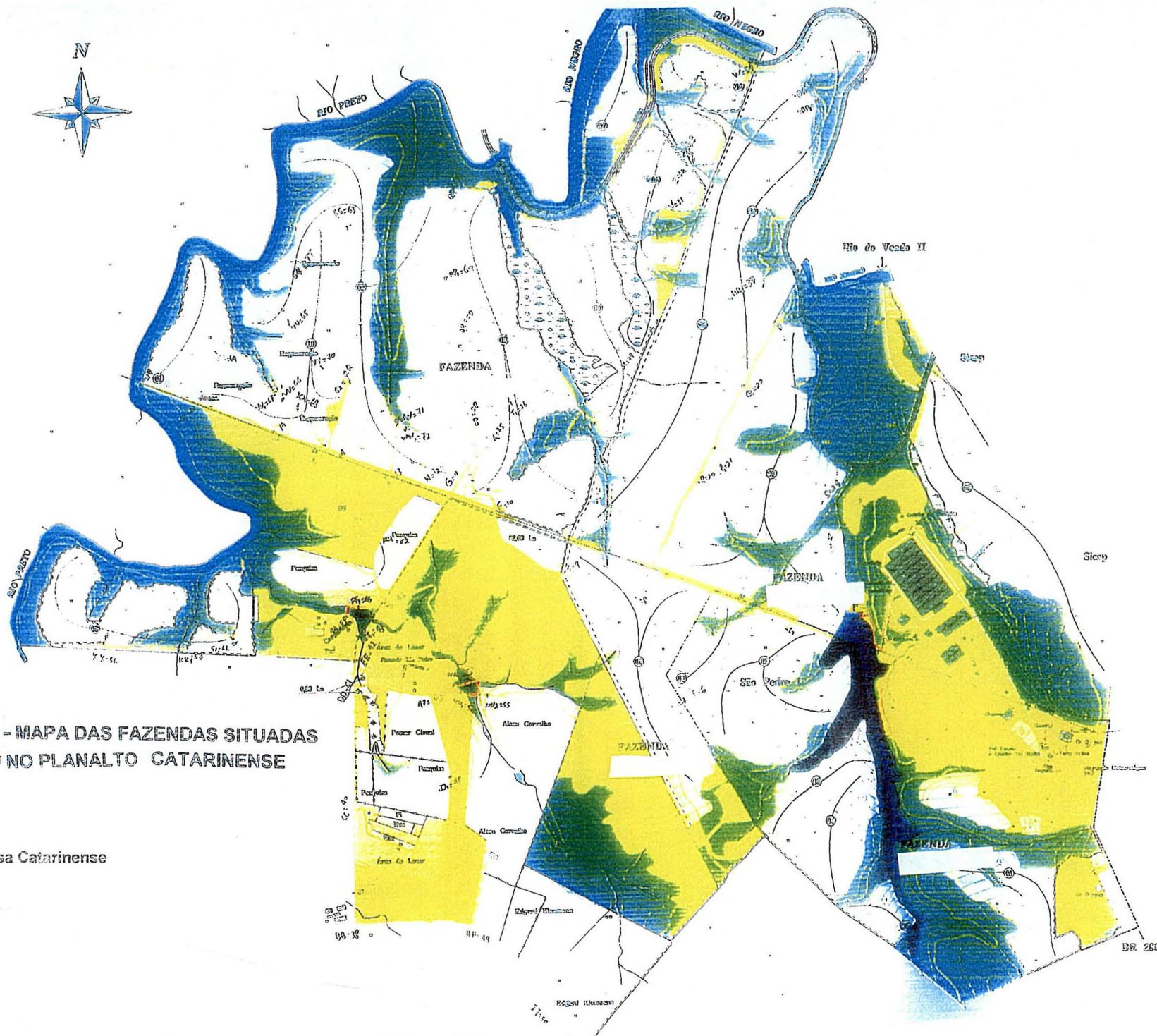


FIGURA 11: - MAPA DAS FAZENDAS SITUADAS NO PLANALTO CATARINENSE

Fonte: Empresa Catarinense

Observou-se que os serviços de transporte, nestas fazendas, são realizados em sua maior parte, pelos caminhões próprios da empresa, do tipo semi-reboque (carreta).

Este Estudo de Caso foi elaborado nas seguintes etapas:

1) Obtenção junto aos técnicos da empresa de mapa na escala de 1:10.000 com o sistema viário, curvas de nível, reflorestamentos e principais acidentes geográficos (Figura 11)

2) Obtenção de dados relativos a infra-estrutura viária:

Inventário das condições das vias (rampas, abaulamento, drenagem (valetas, bueiros), base, revestimento, condições do subleito (furos de caracterização com uso do penetrômetro), tipo de material para revestimento, dados de deformações (profundidade e largura dos sulcos) e dados dos locais de jazidas (características de acesso, custo de retirada, custo de transporte).

3) Obtenção de dados relativos à operação dos transportes:

Dados de tráfego: Acompanhamento e coleta de dados dos volumes de carga transportados. (volumes horários classificados, variações horárias, dias de semana e mensais, cargas, velocidades, custos).

4) Obtenção de dados para Cálculo dos Custos de Operação: Valor de aquisição e de revenda dos veículos, tara, peso da carga, custos de manutenção, custos de combustível, custos de óleo e lubrificantes e salário de motorista.

5) Acompanhamento das atividades de conservação dos trechos experimentais.

6) Obtenção de custos de construção e conservação.

7) Determinação dos custos de operação dos veículos.

8) Estudos de viabilidade econômica.

9) Análise dos resultados e conclusões.

3.7.2 Dados da malha viária estudada

A seguir são apresentadas as principais características incluindo os custos de construção e conservação das principais estradas estudadas.

1) Estrada Primária No. 1

Corresponde a estrada central desde a fábrica até o acampamento no final da fazenda.

Extensão: 4.000 m

Largura: 7 m (entre sarjetas).

Pista de rolamento: 4 metros.

Considerações: estrada já existente, sendo que não foram necessários serviços de alargamento com destoca e cortes com aterro.

Serviços executados: revestimento do leito com pedra detonada (folhelho cinza), chamote (argila arenosa) sobreposto, como material impermeabilizante e areia como camada aderente. Foram construídos 3 bueiros e 1.100 m de valetamento com 60 cm de profundidade; no restante foi feito valetamento de 20 cm.

Material empregado: areia do lageado: 552 m³; tubos de concreto: 27 tubos; chamote: 2.500 m³; pedra detonada: 1200 m³; rejeito de calcáreo (cascalho) 123 m³.

Equipamentos utilizados para a construção e conservação das via: Trator de esteira D-6; Moto niveladora; Retro escavadeira; Rolo compactador; Caminhões Basculantes.

O custo total foi de R\$ 25.355,11 correspondendo ao custo por quilômetro de R\$ 6.338,77, conforme resumo do orçamento de melhoria e conservação, desta estrada apresentado no Anexo 3 - Tabela A3.1.

2) Estrada Primária No. 2

Extensão: 3.124 m

Largura: 6 m (entre sarjetas)

Pista de rolamento: 4 metros.

Considerações: estrada já existente, sendo contudo necessários serviços de alargamento com destoca, cortes e aterro.

Serviços executados: terraplenagem com retirada de chamote de jazida existente no próprio traçado da via. Revestimento do leito com pedra detonada (folhelho cinza), chamote (argila arenosa) sobreposto, como material impermeabilizante e areia como camada aderente. Foram construídos 5

bueiros de 4 tubos cada um e 1.801 m de valetamento com até 60 cm de profundidade; no restante foi feito valetamento de 20 cm.

Material empregado: tubos de concreto: 20 tubos; chamote: 3.800 m³; pedra detonada: 826 m³.

Equipamentos utilizados: Trator de esteira D-6; Moto niveladora; Retro escavadeira; Escavadeira (PC); Caminhões Basculantes.

Custo total: R\$ 24.117,06 ou Custo por Km = R\$ 7.719,93, obtidos dos orçamentos apresentados pela empresa.

3) Estradas Secundárias No. 1/2/3

Extensão Total: 3.486 m

Largura : 6 e 7 m (entre sarjetas).

Considerações: estradas já existentes, não sendo necessários serviços de destoca, nem cortes, aterros ou cascalhamento. Também não houve necessidade de bueiros.

Serviços executados: somente limpeza e alargamento com trator e acerto e conformação com patrol; as sarjetas foram construídas com a patrol na profundidade de 20cm.

Material empregado: Não houve necessidade de materiais.

Equipamentos utilizados: Trator de esteira D-6 e Moto niveladora.

Custo total: R\$ 4.427,22 ou Custo por Km = R\$ 1.270,00, obtidos dos orçamentos apresentados pela empresa.

4) Estradas Terciárias No. 1 a 18

Extensão Total: 6.474 m

Largura : 6 m (entre sarjetas)

Considerações: estradas já existentes, não sendo necessários serviços de destoca, nem cortes, aterros ou cascalhamento. Também não houve necessidade de bueiros.

Serviços executados: somente limpeza e alargamento com trator e acerto e conformação com motoniveladora. As sarjetas foram executadas com motoniveladora na profundidade de 20cm.

Material empregado: não houve necessidade de materiais.

Equipamentos utilizados: Trator de esteira D-6; Moto niveladora.

Custo total: R\$ 8.271,98 ou Custo por Km = R\$ 1.270,00, obtidos dos orçamentos apresentados pela empresa.

Na Figura 12 apresenta-se mapa de levantamento aerofotogramétrico destas fazendas, com o sistema viário, curvas de nível, tipos de uso do solo e a localização dos diferentes talhões das fazendas.

3.7.3 Caracterização dos Transportes

Neste estudo o transporte de madeira é feito com o sistema de toras longas, que são processadas nas indústrias. O transporte foi realizado por caminhões de terceiros e por quatro caminhões próprios. O número dos caminhões de terceiros, variou conforme épocas do ano, de trinta a quarenta veículos.

A empresa trabalha normalmente com os seguintes tipos de veículos florestais:

- Cavalos mecânicos do tipo 6x4 que tracionam conjuntos de 2 eixos com rodados duplos e um eixo telescópico. A empresa possui 8 conjuntos de eixos que são emprestados aos caminhoneiros.
- Caminhões do tipo carreta com veículo trator 6x4 ou 4x2 e carreta de 2 ou 3 eixos.
- Caminhões 6x4 ou 6x2 tracionando reboques de 2 ou 3 eixos.
- Caminhões 6x4 ou 6x2

Nas fazendas objetos deste estudo, em meados de 1999 foi efetuado o inventário volumétrico total de pré-corte, foi feita a marcação das árvores a serem retiradas e o inventário de pós-marcação.

Com este último inventário obteve-se a “produção conforme talhões para desbaste”. Esta produção fornece uma ordem de grandeza do volume de madeira a ser transportada, já que desde total deve-se excluir os resíduos, boa parte da celulose, árvores tortas e perdas que ficam no campo.

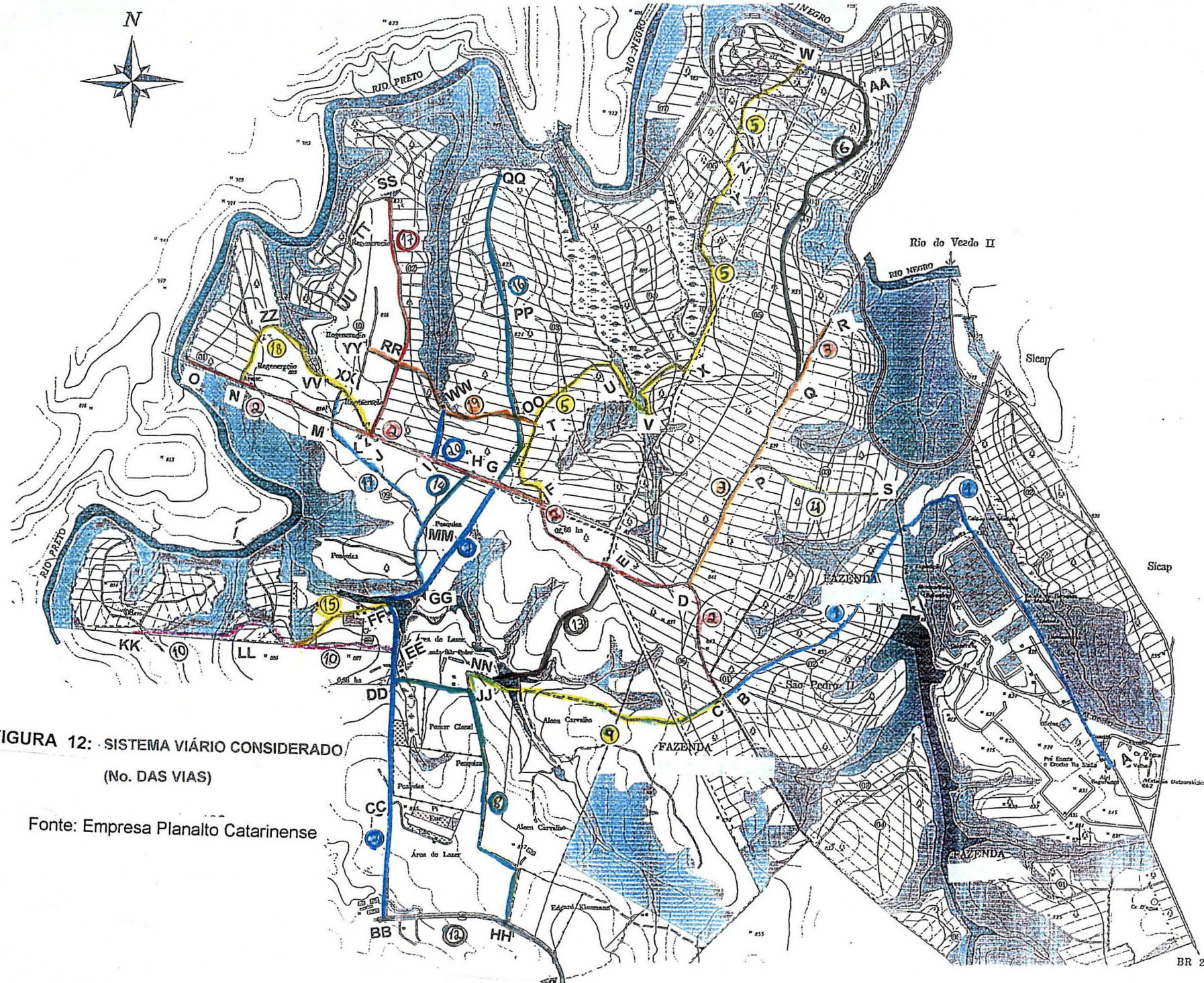


FIGURA 12: SISTEMA VIÁRIO CONSIDERADO
(No. DAS VIAS)

Fonte: Empresa Planalto Catarinense

Os volumes de produção para desbaste talhões conforme o sortimento previsto, são apresentados no Anexo 3 – Tabela A3.2.

Considerando-se a densidade média aproximada de 0,8 toneladas por metro cúbico e sem considerar o resíduo, deverão ser transportadas após o segundo desbaste um total de aproximadamente 50.000 toneladas, As quais são apresentadas, por talhão no Anexo 3 - Tabela A3.3.

De acordo com os relatórios de produção mensal, a partir de junho/1999 quando a produção do segundo desbaste começou a ser transportada, até o final de janeiro de 2000, foram pesadas na balança de entrada do pátio da indústria um total de 21.327,33 toneladas ou seja, cerca de 42% do total previsto.

No Anexo 3 - Tabela A3.4, são apresentadas as produções mensais realizadas nas fazendas em estudo, por sortimento. O peso por tipo de madeira é obtido através de amostragens de pesagens, já que normalmente a balança fornece o peso total do carregamento. Em geral em cada carregamento têm-se em partes separadas, madeira para torno, toras grossas e toras finas .

Considerando que em média cada caminhão do tipo utilizado, transporta 30 toneladas de madeira por viagem, pode-se dizer que houveram 1422 passagens (711 viagens de veículos carregados e 711 viagens de veículos vazios) (final da janeiro/00) nas estradas que foram melhoradas para a retirada da madeira do segundo desbaste.

3.7.4 Dados das vias e dos veículos de transporte e cálculos gerais dos custos de operação

Para serem calculados os caminhos mínimos, em relação aos custos de operação, todos os segmentos ou ligações entre nós consecutivos necessitam ser apresentados como dois segmentos em separado; um considerando a rampa como subida e outro como descida, sempre observando o sentido. Exemplo: para o segmento "12" considerar dois segmentos: de "1" para "2" subida e de "2" para "1" descida.

Os segmentos, tendo em vista o cálculo dos custos de operação e os percursos dos veículos, devem ser delimitados considerando tanto as mudanças das declividades das rampas como as interseções entre as vias.

Caso as variações de rampa no terreno natural não sejam acentuadas pode-se considerar somente os segmentos entre as interseções.

Havendo uma única via, sem conexão em uma das extremidades com o sistema viário, que atenda determinado talhão, as cargas a serem transportadas, poderão ser consideradas como alocadas já na interseção desta via com a rede viária da fazenda em estudo, para efeitos de determinação dos caminhos mínimos.

Um dos dados mais importantes para o cálculo dos custos de operação dos veículos são as inclinações e extensões das rampas das estradas, esses elementos são apresentados no “perfil” das estradas.

Os perfis das estradas podem ser obtidos a partir dos projetos geométricos, sempre que os mesmos estejam disponíveis ou trate-se de estradas novas a serem implantadas, caso em que estes projetos, normalmente, devem ser realizados. No estudo da estrada do estudo de caso anterior, a determinação dos custos de operação foi efetuada partindo-se de projeto geométrico da via.

O perfil das estradas também poderá ser obtido a partir de um levantamento topográfico de campo.

Atualmente, as empresas florestais utilizam-se do sistema GPS para localização e levantamento das cotas de pontos no campo, com estes dados são elaborados mapas, bastante precisos.

Neste estudos, os perfis das estradas foram obtidos a partir de mapa das fazendas, com curvas de nível de dez em dez metros, na escala de 1:10.000, apresentado na Figura 12.

Foram anotadas para o sistema viário as cotas dos pontos das interseção e dos pontos onde o sistema viário cruza as curvas de nível inteiras, verificando-se a distância horizontal entre estes pontos. Estas anotações são apresentadas no Anexo 3 - Tabela A3.5.

Verificando-se valores semelhantes nas inclinações das rampas adjacentes, as mesmas poderão ser agrupadas.

Para melhor visualização, com os pontos da Tabela A3.5 foram elaborados gráficos com os perfis das estradas. (Anexo 3 – Figura A3.1).

Além dos dados da via, são importantes os dados relativos aos veículos utilizados para o transporte da madeira. Observou-se que o transporte

da madeira nas fazendas eram efetuados, em geral, com os próprios caminhões da empresa, que operavam com semi-reboques. Verificou-se que o único tipo de veículos utilizados seriam do "tipo 7 – Carreta C", ou seja, um "Caminhão Articulado" formado por um cavalo mecânico 6x4 e um semi-reboque com 3 eixos. Este tipo de veículo é apresentado na Figura 13 (b).

Com os dados do veículo tipo 7 – Carreta C, apresentados no item 3.2, e utilizando-se a metodologia apresentada no item 3.3, foram elaboradas tabelas de custos de operação. No Item 4, estas mesmas tabelas serão desenvolvidas para os outros tipos de veículos considerados.

Com auxílio do programa VOC - Vehicle Operating Costs (custo de operação dos veículos) desenvolvido pelo Banco Mundial, WORLD BANK (1994), foram elaboradas as Tabelas 19; 20; 21 e 22, com os seguintes custos de operação:

- Custo de operação em rampa positiva, para composição tipo 7 c, veículo carregado (Tabela 19).

Para rampas de inclinação positiva de 0,00% até mais 11,95% os custos de operação por quilômetro da composição de veículos considerada carregada, varia em reais de setembro de 2001, de R\$ 1,8687 até R\$ 9,511.

- Custo de operação em rampa negativa, para composição tipo 7 c, veículo carregado (Tabela 20).

Para rampas de inclinação negativa de 0,00% até menos 11,95% os custos de operação por quilômetro da composição de veículos considerada carregada, varia em reais de setembro de 2001, de R\$ 1,8687 até R\$ 3,4413.

- Custo de operação em rampa positiva, para composição tipo 7 c, veículo vazio (Tabela 21).

Para rampas de inclinação positiva de 0,00% até mais 11,95% os custos de operação por quilômetro da composição de veículos considerada vazia, varia em reais de setembro de 2001, de R\$ 1,6171 até R\$ 4,2703.

- Custo de operação em rampa negativa, para composição tipo 7 c, veículo vazio (Tabela 22).

Para rampas de inclinação negativa de 0,00% até menos 11,95% os custos de operação por quilômetro da composição de veículos considerada vazia, varia em reais de setembro de 2001, de R\$ 1,6171 até R\$ 2,008.

FIGURA 13 FOTOS DE VEÍCULOS USADOS NAS FAZENDAS DA EMPRESA DO PLANALTO CATARINENSE



Figura 13^a - Tráfego intenso nas proximidades da fábrica



Figura 13^b Veículo no interior de reflorestamento sendo carregado diretamente pelo Forward

TABELA 19: CUSTO DE OPERAÇÃO EM RAMPA POSITIVA, PARA VEÍCULO CARREGADO, VEÍCULO TIPO 7 - CARRETA C, CUSTO DE OPERAÇÃO EM R\$ POR 1000 KM 09/2001

Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper
+0,00	1868,70	+3,00	3143,90	+6,00	4928,90	+9,00	7077,00
+0,05	1885,10	+3,05	3170,00	+6,05	4961,90	+9,05	7115,60
+0,10	1901,60	+3,10	3196,30	+6,10	4995,10	+9,10	7154,30
+0,15	1918,20	+3,15	3222,70	+6,15	5028,30	+9,15	7193,10
+0,20	1935,00	+3,20	3249,20	+6,20	5061,60	+9,20	7231,90
+0,25	1952,00	+3,25	3275,90	+6,25	5095,00	+9,25	7270,90
+0,30	1969,20	+3,30	3302,70	+6,30	5128,50	+9,30	7310,00
+0,35	1986,50	+3,35	3329,60	+6,35	5162,10	+9,35	7349,20
+0,40	2004,00	+3,40	3356,70	+6,40	5195,90	+9,40	7388,40
+0,45	2021,70	+3,45	3383,90	+6,45	5229,70	+9,45	7427,70
+0,50	2039,60	+3,50	3411,30	+6,50	5263,50	+9,50	7467,20
+0,55	2057,60	+3,55	3438,80	+6,55	5297,50	+9,55	7506,70
+0,60	2075,70	+3,60	3466,40	+6,60	5331,60	+9,60	7546,30
+0,65	2094,10	+3,65	3494,10	+6,65	5365,80	+9,65	7586,00
+0,70	2112,60	+3,70	3522,00	+6,70	5400,10	+9,70	7625,80
+0,75	2131,30	+3,75	3550,00	+6,75	5434,40	+9,75	7665,70
+0,80	2150,20	+3,80	3578,20	+6,80	5468,90	+9,80	7705,70
+0,85	2169,20	+3,85	3606,40	+6,85	5503,50	+9,85	7745,80
+0,90	2188,40	+3,90	3634,80	+6,90	5538,10	+9,90	7785,90
+0,95	2207,80	+3,95	3663,30	+6,95	5572,90	+9,95	7826,20
+1,00	2227,30	+4,00	3692,00	+7,00	5607,70	+10,00	7866,50
+1,05	2247,00	+4,05	3720,70	+7,05	5642,60	+10,05	7907,00
+1,10	2266,90	+4,10	3749,60	+7,10	5677,70	+10,10	7947,50
+1,15	2287,00	+4,15	3778,60	+7,15	5712,80	+10,15	7988,10
+1,20	2307,20	+4,20	3807,70	+7,20	5748,00	+10,20	8028,80
+1,25	2327,60	+4,25	3837,00	+7,25	5783,30	+10,25	8069,60
+1,30	2348,10	+4,30	3866,30	+7,30	5818,70	+10,30	8110,50
+1,35	2368,80	+4,35	3895,80	+7,35	5854,20	+10,35	8151,50
+1,40	2389,70	+4,40	3925,40	+7,40	5889,70	+10,40	8192,60
+1,45	2410,80	+4,45	3955,10	+7,45	5925,40	+10,45	8233,70
+1,50	2432,00	+4,50	3984,90	+7,50	5961,20	+10,50	8275,00
+1,55	2453,40	+4,55	4014,80	+7,55	5997,00	+10,55	8316,30
+1,60	2475,00	+4,60	4044,90	+7,60	6033,00	+10,60	8357,80
+1,65	2496,70	+4,65	4075,00	+7,65	6069,00	+10,65	8399,30
+1,70	2518,60	+4,70	4105,30	+7,70	6105,20	+10,70	8440,90
+1,75	2540,60	+4,75	4135,60	+7,75	6141,40	+10,75	8482,60
+1,80	2562,90	+4,80	4166,10	+7,80	6177,70	+10,80	8524,40
+1,85	2585,20	+4,85	4196,70	+7,85	6214,10	+10,85	8566,30
+1,90	2607,80	+4,90	4227,40	+7,90	6250,60	+10,90	8608,30
+1,95	2630,50	+4,95	4258,20	+7,95	6287,20	+10,95	8650,40
+2,00	2653,40	+5,00	4289,10	+8,00	6323,90	+11,00	8692,50
+2,05	2676,40	+5,05	4320,10	+8,05	6360,70	+11,05	8734,80
+2,10	2699,60	+5,10	4351,30	+8,10	6397,60	+11,10	8777,10
+2,15	2723,00	+5,15	4382,50	+8,15	6434,50	+11,15	8819,60
+2,20	2746,50	+5,20	4413,80	+8,20	6471,60	+11,20	8862,10
+2,25	2770,20	+5,25	4445,30	+8,25	6508,80	+11,25	8904,70
+2,30	2794,00	+5,30	4476,80	+8,30	6546,00	+11,30	8947,50
+2,35	2818,00	+5,35	4508,40	+8,35	6583,30	+11,35	8990,30
+2,40	2842,20	+5,40	4540,20	+8,40	6620,70	+11,40	9033,10
+2,45	2866,50	+5,45	4572,00	+8,45	6658,30	+11,45	9076,10
+2,50	2890,90	+5,50	4604,00	+8,50	6695,90	+11,50	9119,20
+2,55	2915,60	+5,55	4636,00	+8,55	6733,60	+11,55	9162,40
+2,60	2940,30	+5,60	4668,20	+8,60	6771,40	+11,60	9205,60
+2,65	2965,30	+5,65	4700,40	+8,65	6809,20	+11,65	9249,00
+2,70	2990,30	+5,70	4732,80	+8,70	6847,20	+11,70	9292,40
+2,75	3015,60	+5,75	4765,20	+8,75	6885,30	+11,75	9336,00
+2,80	3040,90	+5,80	4797,70	+8,80	6923,40	+11,80	9379,60
+2,85	3066,50	+5,85	4830,40	+8,85	6961,70	+11,85	9423,30
+2,90	3092,10	+5,90	4863,10	+8,90	7000,00	+11,90	9467,10
+2,95	3117,90	+5,95	4896,00	+8,95	7038,40	+11,95	9511,00

Fonte: Cálculos com metodologia HDM III

TABELA 20: CUSTO DE OPERAÇÃO EM RAMPA NEGATIVA, PARA VEÍCULO CARREGADO,
VEÍCULO TIPO 7 – CARRETA C, CUSTO DE OPERAÇÃO EM R\$ POR 1000 KM 09/2001

Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper
- 0,00	1868,7	- 3,00	1316,3	- 6,00	1652,2	-9,00	2367,6
- 0,05	1852,6	- 3,05	1319,0	- 6,05	1660,9	-9,05	2382,9
- 0,10	1836,6	- 3,10	1321,8	- 6,10	1669,7	-9,10	2398,2
- 0,15	1820,8	- 3,15	1324,7	- 6,15	1678,6	-9,15	2413,6
- 0,20	1805,2	- 3,20	1327,7	- 6,20	1687,6	-9,20	2429,2
- 0,25	1789,7	- 3,25	1330,8	- 6,25	1696,8	-9,25	2444,8
- 0,30	1774,4	- 3,30	1334,0	- 6,30	1706,0	-9,30	2460,6
- 0,35	1759,2	- 3,35	1337,3	- 6,35	1715,4	-9,35	2476,5
- 0,40	1744,3	- 3,40	1340,7	- 6,40	1724,9	-9,40	2492,4
- 0,45	1729,5	- 3,45	1344,2	- 6,45	1734,4	-9,45	2508,5
- 0,50	1714,8	- 3,50	1347,8	- 6,50	1744,1	-9,50	2524,7
- 0,55	1700,4	- 3,55	1351,4	- 6,55	1753,9	-9,55	2541,0
- 0,60	1686,1	- 3,60	1355,2	- 6,60	1763,8	-9,60	2557,4
- 0,65	1672,0	- 3,65	1359,0	- 6,65	1773,8	-9,65	2573,9
- 0,70	1658,0	- 3,70	1363,0	- 6,70	1783,9	-9,70	2590,5
- 0,75	1644,2	- 3,75	1367,1	- 6,75	1794,1	-9,75	2607,1
- 0,80	1630,6	- 3,80	1371,2	- 6,80	1804,5	-9,80	2623,9
- 0,85	1617,1	- 3,85	1375,4	- 6,85	1814,9	-9,85	2640,9
- 0,90	1603,8	- 3,90	1379,8	- 6,90	1825,5	-9,90	2657,9
- 0,95	1590,7	- 3,95	1384,2	- 6,95	1836,1	-9,95	2675,0
- 1,00	1577,8	- 4,00	1388,8	- 7,00	1846,9	-10,00	2692,2
- 1,05	1565,0	- 4,05	1393,4	- 7,05	1857,8	-10,05	2709,5
- 1,10	1552,3	- 4,10	1398,1	- 7,10	1868,8	-10,10	2726,9
- 1,15	1539,9	- 4,15	1402,9	- 7,15	1879,9	-10,15	2744,4
- 1,20	1527,6	- 4,20	1407,9	- 7,20	1891,1	-10,20	2762,0
- 1,25	1515,5	- 4,25	1412,9	- 7,25	1902,4	-10,25	2779,8
- 1,30	1503,5	- 4,30	1418,0	- 7,30	1913,9	-10,30	2797,6
- 1,35	1491,8	- 4,35	1423,2	- 7,35	1925,4	-10,35	2815,5
- 1,40	1480,1	- 4,40	1428,5	- 7,40	1937,1	-10,40	2833,5
- 1,45	1468,7	- 4,45	1433,9	- 7,45	1948,8	-10,45	2851,6
- 1,50	1457,4	- 4,50	1439,5	- 7,50	1960,7	-10,50	2869,9
- 1,55	1446,2	- 4,55	1445,1	- 7,55	1972,7	-10,55	2888,2
- 1,60	1434,3	- 4,60	1450,8	- 7,60	1984,8	-10,60	2906,6
- 1,65	1422,9	- 4,65	1456,6	- 7,65	1997,0	-10,65	2925,1
- 1,70	1412,0	- 4,70	1462,5	- 7,70	2009,3	-10,70	2943,8
- 1,75	1401,7	- 4,75	1468,5	- 7,75	2021,7	-10,75	2962,5
- 1,80	1391,9	- 4,80	1474,6	- 7,80	2034,2	-10,80	2981,3
- 1,85	1382,6	- 4,85	1480,8	- 7,85	2046,9	-10,85	3000,2
- 1,90	1373,9	- 4,90	1487,2	- 7,90	2059,6	-10,90	3019,2
- 1,95	1365,7	- 4,95	1493,6	- 7,95	2072,5	-10,95	3038,4
- 2,00	1358,0	- 5,00	1500,1	- 8,00	2085,5	-11,00	3057,6
- 2,05	1350,9	- 5,05	1506,7	- 8,05	2098,5	-11,05	3076,9
- 2,10	1344,3	- 5,10	1513,4	- 8,10	2111,7	-11,10	3096,3
- 2,15	1338,2	- 5,15	1520,2	- 8,15	2125,0	-11,15	3115,8
- 2,20	1332,7	- 5,20	1527,2	- 8,20	2138,4	-11,20	3135,4
- 2,25	1327,7	- 5,25	1534,2	- 8,25	2151,9	-11,25	3155,1
- 2,30	1323,2	- 5,30	1541,3	- 8,30	2165,6	-11,30	3175,0
- 2,35	1319,3	- 5,35	1548,6	- 8,35	2179,3	-11,35	3194,9
- 2,40	1315,9	- 5,40	1555,9	- 8,40	2193,1	-11,40	3214,9
- 2,45	1313,0	- 5,45	1563,4	- 8,45	2207,1	-11,45	3235,0
- 2,50	1310,7	- 5,50	1570,9	- 8,50	2221,1	-11,50	3255,2
- 2,55	1308,9	- 5,55	1578,6	- 8,55	2235,3	-11,55	3275,4
- 2,60	1307,6	- 5,60	1586,3	- 8,60	2249,6	-11,60	3295,8
- 2,65	1306,8	- 5,65	1594,2	- 8,65	2264,0	-11,65	3316,3
- 2,70	1306,6	- 5,70	1602,1	- 8,70	2278,4	-11,70	3336,9
- 2,75	1307,0	- 5,75	1610,2	- 8,75	2293,0	-11,75	3357,6
- 2,80	1307,8	- 5,80	1618,4	- 8,80	2307,7	-11,80	3378,4
- 2,85	1309,2	- 5,85	1626,7	- 8,85	2322,6	-11,85	3399,2
- 2,90	1311,2	- 5,90	1635,1	- 8,90	2337,5	-11,90	3420,2
- 2,95	1313,6	- 5,95	1643,6	- 8,95	2352,5	-11,95	3441,3

Fonte: Cálculos com Metodologia HDM III

TABELA 21: CUSTO DE OPERAÇÃO EM RAMPA POSITIVA, PARA VEÍCULO VAZIO,
VEÍCULO TIPO 7 – CARRETA C, CUSTO DE OPERAÇÃO EM R\$ POR 1000 KM 09/2001

Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper
+0,00	1617,1	+3,00	2042,2	+6,00	2631,1	+9,00	3381,8
+0,05	1622,9	+3,05	2050,7	+6,05	2642,3	+9,05	3395,6
+0,10	1628,6	+3,10	2059,2	+6,10	2653,5	+9,10	3409,5
+0,15	1634,5	+3,15	2067,8	+6,15	2664,8	+9,15	3423,5
+0,20	1640,4	+3,20	2076,4	+6,20	2676,1	+9,20	3437,4
+0,25	1646,3	+3,25	2085	+6,25	2687,5	+9,25	3451,5
+0,30	1652,3	+3,30	2093,7	+6,30	2698,9	+9,30	3465,5
+0,35	1658,3	+3,35	2102,5	+6,35	2710,4	+9,35	3479,6
+0,40	1664,3	+3,40	2111,3	+6,40	2721,9	+9,40	3493,8
+0,45	1670,5	+3,45	2120,1	+6,45	2733,5	+9,45	3508
+0,50	1676,6	+3,50	2129	+6,50	2745,1	+9,50	3522,2
+0,55	1682,8	+3,55	2137,9	+6,55	2756,7	+9,55	3536,5
+0,60	1689,1	+3,60	2146,9	+6,60	2768,4	+9,60	3550,8
+0,65	1695,3	+3,65	2155,9	+6,65	2780,1	+9,65	3565,1
+0,70	1701,7	+3,70	2165	+6,70	2791,9	+9,70	3579,5
+0,75	1708,1	+3,75	2174,1	+6,75	2803,8	+9,75	3594
+0,80	1714,5	+3,80	2183,2	+6,80	2815,6	+9,80	3608,5
+0,85	1721	+3,85	2192,4	+6,85	2827,5	+9,85	3623
+0,90	1727,5	+3,90	2201,7	+6,90	2839,5	+9,90	3637,6
+0,95	1734	+3,95	2211	+6,95	2851,5	+9,95	3652,2
+1,00	1740,6	+4,00	2220,3	+7,00	2863,6	+10,00	3666,8
+1,05	1747,3	+4,05	2229,7	+7,05	2875,7	+10,05	3681,5
+1,10	1754	+4,10	2239,1	+7,10	2887,8	+10,10	3696,3
+1,15	1760,7	+4,15	2248,6	+7,15	2900	+10,15	3711
+1,20	1767,5	+4,20	2258,1	+7,20	2912,2	+10,20	3725,9
+1,25	1774,4	+4,25	2267,7	+7,25	2924,5	+10,25	3740,7
+1,30	1781,2	+4,30	2277,3	+7,30	2936,8	+10,30	3755,6
+1,35	1788,2	+4,35	2286,9	+7,35	2949,2	+10,35	3770,6
+1,40	1795,1	+4,40	2296,6	+7,40	2961,6	+10,40	3785,5
+1,45	1802,1	+4,45	2306,4	+7,45	2974	+10,45	3800,6
+1,50	1809,2	+4,50	2316,2	+7,50	2986,5	+10,50	3815,6
+1,55	1816,3	+4,55	2326	+7,55	2999,1	+10,55	3830,8
+1,60	1823,5	+4,60	2335,9	+7,60	3011,6	+10,60	3845,9
+1,65	1830,7	+4,65	2345,8	+7,65	3024,3	+10,65	3861,1
+1,70	1837,9	+4,70	2355,8	+7,70	3036,9	+10,70	3876,3
+1,75	1845,2	+4,75	2365,8	+7,75	3049,7	+10,75	3891,6
+1,80	1852,5	+4,80	2375,9	+7,80	3062,4	+10,80	3906,9
+1,85	1859,9	+4,85	2386	+7,85	3075,2	+10,85	3922,3
+1,90	1867,3	+4,90	2396,1	+7,90	3088,1	+10,90	3937,7
+1,95	1874,8	+4,95	2406,3	+7,95	3101	+10,95	3953,1
+2,00	1882,3	+5,00	2416,6	+8,00	3113,9	+11,00	3968,6
+2,05	1889,9	+5,05	2426,9	+8,05	3126,9	+11,05	3984,1
+2,10	1897,5	+5,10	2437,2	+8,10	3139,9	+11,10	3999,6
+2,15	1905,1	+5,15	2447,6	+8,15	3153	+11,15	4015,2
+2,20	1912,8	+5,20	2458	+8,20	3166,1	+11,20	4030,9
+2,25	1920,6	+5,25	2468,5	+8,25	3179,2	+11,25	4046,6
+2,30	1928,4	+5,30	2479	+8,30	3192,4	+11,30	4062,3
+2,35	1936,2	+5,35	2489,6	+8,35	3205,7	+11,35	4078
+2,40	1944,1	+5,40	2500,2	+8,40	3219	+11,40	4093,8
+2,45	1952	+5,45	2510,9	+8,45	3232,3	+11,45	4109,7
+2,50	1960	+5,50	2521,6	+8,50	3245,7	+11,50	4125,6
+2,55	1968	+5,55	2532,3	+8,55	3259,1	+11,55	4141,5
+2,60	1976,1	+5,60	2543,1	+8,60	3272,6	+11,60	4157,4
+2,65	1984,2	+5,65	2553,9	+8,65	3286,1	+11,65	4173,4
+2,70	1992,3	+5,70	2564,8	+8,70	3299,6	+11,70	4189,5
+2,75	2000,5	+5,75	2575,7	+8,75	3313,2	+11,75	4205,6
+2,80	2008,8	+5,80	2586,7	+8,80	3326,8	+11,80	4221,7
+2,85	2017,1	+5,85	2597,7	+8,85	3340,5	+11,85	4237,8
+2,90	2025,4	+5,90	2608,8	+8,90	3354,2	+11,90	4254
+2,95	2033,8	+5,95	2619,9	+8,95	3368	+11,95	4270,3

Fonte: Cálculos Metodologia HDM III

TABELA 22: CUSTO DE OPERAÇÃO EM RAMPA NEGATIVA, PARA VEÍCULO VAZIO,
VEÍCULO TIPO 7 – CARRETA C, CUSTO DE OPERAÇÃO EM R\$ POR 1000 KM 09/2001

Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper	Rampa %	Cust. Oper
-0,00	1617,1	- 3,00	1360,8	- 6,00	1404,2	- 9,00	1645,5
-0,05	1611,4	- 3,05	1358,7	- 6,05	1407,2	- 9,05	1650,6
-0,10	1605,8	- 3,10	1356,8	- 6,10	1410,3	- 9,10	1655,8
-0,15	1600,1	- 3,15	1354,9	- 6,15	1413,3	- 9,15	1660,9
-0,20	1594,6	- 3,20	1353,1	- 6,20	1416,4	- 9,20	1666,1
-0,25	1589,1	- 3,25	1351,4	- 6,25	1419,5	- 9,25	1671,4
-0,30	1583,6	- 3,30	1349,8	- 6,30	1422,7	- 9,30	1676,7
-0,35	1578,2	- 3,35	1348,4	- 6,35	1425,9	- 9,35	1682,0
-0,40	1572,8	- 3,40	1347,0	- 6,40	1429,1	- 9,40	1687,3
-0,45	1567,4	- 3,45	1345,7	- 6,45	1432,4	- 9,45	1692,7
-0,50	1562,2	- 3,50	1344,5	- 6,50	1435,7	- 9,50	1698,1
-0,55	1556,9	- 3,55	1343,4	- 6,55	1439,0	- 9,55	1703,6
-0,60	1551,7	- 3,60	1342,4	- 6,60	1442,4	- 9,60	1709,1
-0,65	1546,5	- 3,65	1341,5	- 6,65	1445,8	- 9,65	1714,6
-0,70	1541,4	- 3,70	1340,7	- 6,70	1449,2	- 9,70	1720,2
-0,75	1536,4	- 3,75	1339,9	- 6,75	1452,7	- 9,75	1725,8
-0,80	1531,3	- 3,80	1339,3	- 6,80	1456,2	- 9,80	1731,4
-0,85	1526,4	- 3,85	1338,8	- 6,85	1459,7	- 9,85	1737,1
-0,90	1521,4	- 3,90	1338,4	- 6,90	1463,3	- 9,90	1742,8
-0,95	1516,6	- 3,95	1338,1	- 6,95	1466,9	- 9,95	1748,5
-1,00	1511,7	- 4,00	1337,9	- 7,00	1470,6	- 10,00	1754,3
-1,05	1506,9	- 4,05	1337,7	- 7,05	1474,3	- 10,05	1760,1
-1,10	1502,2	- 4,10	1337,7	- 7,10	1478,0	- 10,10	1766,0
-1,15	1497,5	- 4,15	1337,8	- 7,15	1481,8	- 10,15	1771,9
-1,20	1492,8	- 4,20	1337,9	- 7,20	1485,5	- 10,20	1777,8
-1,25	1488,2	- 4,25	1338,2	- 7,25	1489,4	- 10,25	1783,8
-1,30	1483,6	- 4,30	1338,6	- 7,30	1493,2	- 10,30	1789,8
-1,35	1479,1	- 4,35	1339,0	- 7,35	1497,1	- 10,35	1795,8
-1,40	1474,6	- 4,40	1339,6	- 7,40	1501,1	- 10,40	1801,9
-1,45	1470,2	- 4,45	1340,2	- 7,45	1505,0	- 10,45	1808,0
-1,50	1465,8	- 4,50	1341,0	- 7,50	1509,0	- 10,50	1814,1
-1,55	1461,5	- 4,55	1341,8	- 7,55	1513,1	- 10,55	1820,3
-1,60	1457,2	- 4,60	1342,8	- 7,60	1517,1	- 10,60	1826,5
-1,65	1452,9	- 4,65	1343,8	- 7,65	1521,2	- 10,65	1832,8
-1,70	1448,7	- 4,70	1345,0	- 7,70	1525,4	- 10,70	1839,0
-1,75	1444,3	- 4,75	1346,2	- 7,75	1529,6	- 10,75	1845,4
-1,80	1439,8	- 4,80	1347,5	- 7,80	1533,8	- 10,80	1851,7
-1,85	1435,4	- 4,85	1349,0	- 7,85	1538,0	- 10,85	1858,1
-1,90	1431,1	- 4,90	1350,5	- 7,90	1542,3	- 10,90	1864,5
-1,95	1426,9	- 4,95	1352,1	- 7,95	1546,6	- 10,95	1871,0
-2,00	1422,7	- 5,00	1353,8	- 8,00	1551,0	- 11,00	1877,5
-2,05	1418,7	- 5,05	1355,7	- 8,05	1555,4	- 11,05	1884,1
-2,10	1414,8	- 5,10	1357,6	- 8,10	1559,8	- 11,10	1890,6
-2,15	1411,0	- 5,15	1359,6	- 8,15	1564,3	- 11,15	1897,2
-2,20	1407,2	- 5,20	1361,7	- 8,20	1568,8	- 11,20	1903,9
-2,25	1403,6	- 5,25	1363,9	- 8,25	1573,3	- 11,25	1910,6
-2,30	1400,1	- 5,30	1366,2	- 8,30	1577,9	- 11,30	1917,3
-2,35	1396,6	- 5,35	1368,6	- 8,35	1582,5	- 11,35	1924,1
-2,40	1393,3	- 5,40	1371,1	- 8,40	1587,1	- 11,40	1930,8
-2,45	1390,1	- 5,45	1373,7	- 8,45	1591,8	- 11,45	1937,7
-2,50	1386,9	- 5,50	1376,3	- 8,50	1596,5	- 11,50	1944,5
-2,55	1383,9	- 5,55	1379,0	- 8,55	1601,2	- 11,55	1951,4
-2,60	1380,9	- 5,60	1381,6	- 8,60	1606,0	- 11,60	1958,4
-2,65	1378,1	- 5,65	1384,3	- 8,65	1610,8	- 11,65	1965,4
-2,70	1375,3	- 5,70	1387,1	- 8,70	1615,7	- 11,70	1972,4
-2,75	1372,7	- 5,75	1389,8	- 8,75	1620,6	- 11,75	1979,4
-2,80	1370,1	- 5,80	1392,7	- 8,80	1625,5	- 11,80	1986,5
-2,85	1367,6	- 5,85	1395,5	- 8,85	1630,4	- 11,85	1993,6
-2,90	1365,3	- 5,90	1398,4	- 8,90	1635,4	- 11,90	2000,8
-2,95	1363,0	- 5,95	1401,3	- 8,95	1640,5	- 11,95	2008,0

Fonte: Cálculos com metodologia HDM III

Nestas tabelas verifica-se que os custos de operação aumentam mais com a composição de veículos carregada no caso das rampas de inclinação positiva, ou seja as composições de veículos vazias têm menor influência em seus custos de operação ao trafegarem nas rampas de inclinação positivas.

Estas tabelas são usadas no Item 4 para a obtenção dos resultados (custos de operação por viagem e caminhos mínimos).

Em todas as tabelas os custos de operação se referem a setembro de 2001 e são apresentados para um percurso de 1000 (mil) quilômetros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO DE VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE ESTRADA FLORESTAL DE EMPRESA NO SUL DA BAHIA

Utilizando-se a metodologia HDM III – WORLD BANK (1994), foram obtidos os custos de operação para a composição de veículos, a ser utilizada na colheita da madeira dos reflorestamentos da Empresa situada no sul da Bahia.

Na Tabela 23, apresentam-se os custos de operação por passagem da composição de veículos carregada e vazia, por quilômetro, para o traçado atual e o novo traçado proposto.

TABELA 23: CUSTOS DE OPERAÇÃO POR VEICÍCULO/KM PARA O PROJETO 7 - TRECHO 3, VARIANDO TRAÇADO E CARGA DO VEÍCULO TIPO

	R\$ /km (08/2001)	
	Veic. Carreg.	Veic. Vazio
Custo Oper. Traçado Atual	5,544	2,628
Custo Oper. Traçado Novo	5,500	2,587
Diferença Custos/Km:	0,044	0,041

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

Verifica-se, pela Tabela 23 que a redução dos custos de operação com o novo traçado neste caso, resultaram em valores muito pequenos (R\$ 0,044 para a composição carregada e R\$ 0,041 para a composição vazia).

Com a nova alternativa de traçado, o volume de terraplanagem passou de 17.774,20 m³ para 50.946,20 m³ o que elevou em demasia os custos totais de construção.

Os custos de construção total, para a nova alternativa foram orçados em R\$ 482.002,97, conforme apresenta-se no Anexo 2 - Tabela A2.2.

Na Tabela 24 têm-se os custos totais e por quilômetro segundo o traçado atual e o traçado novo. A diferença entre os custos totais de construção nos dois traçados é de R\$ 103.183,86 por quilômetro.

TABELA 24: DIFERENÇA DE CUSTOS DE CONSTRUÇÃO CONFORME TRAÇADOS PROJETO 7 TRECHO 3

	R\$ (08/2001)	
	Custo total	Custo / km.
Projeto Traçado Atual	311.313,13	188.192,17
Projeto Traçado Novo	482.002,97	291.376,03
Diferença Custos:	170.689,84	103.183,86

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

A Tabela 25 apresenta o cronograma de colheita dos volumes estimados de madeira durante a vida do projeto (20 anos), o número de viagens dos caminhões e a redução dos custos de operação das composições vazias e carregadas devido à modificação proposta para o traçado. Os valores das reduções dos custos de operação apresentadas na Tabela 25 foram obtidos com a multiplicação dos valores unitários de redução dos custos de operação apresentados na Tabela 23 pelo número das viagens. Empregando-se a metodologia de avaliação econômica do Valor Atual, na última coluna da Tabela 25, apresenta os valores atuais das reduções dos custos de operação utilizando uma taxa de juros de 12% ao ano.

TABELA 25: ESTUDO DE VIABILIDADE (VALOR PRESENTE) DEVIDO A NOVO GREIDE – PROJETO P-7 TRECHO T-3

ANO	VOL. MADEIRA (TON/ANO)	N.º VIAG (40 TON)	REDUÇÃO CUSTO OPERAÇÃO			VALOR ATUAL
			CARREG.	VAZIO	TOTAL	
0	----	----	----	----	----	----
1	1500000	37500	1650	1537,5	3187,50	2845,98
2	15000	375	16,5	15,38	31,88	25,41
3	15000	375	16,5	15,38	31,88	22,69
4	15000	375	16,5	15,38	31,88	20,26
5	15000	375	16,5	15,38	31,88	18,09
6	15000	375	16,5	15,38	31,88	16,15
7	15000	375	16,5	15,38	31,88	14,42
8	1400000	35000	1540	1435	2975,00	1201,55
9	14000	350	15,4	14,35	29,75	10,73
10	14000	350	15,4	14,35	29,75	9,58
11	14000	350	15,4	14,35	29,75	8,55
12	14000	350	15,4	14,35	29,75	7,64
13	14000	350	15,4	14,35	29,75	6,82
14	14000	350	15,4	14,35	29,75	6,09
15	1300000	32500	1430	1332,5	2762,50	504,70
16	13000	325	14,3	13,325	27,63	4,51
17	13000	325	14,3	13,325	27,63	4,02
18	13000	325	14,3	13,325	27,63	3,59
19	13000	325	14,3	13,325	27,63	3,21
20	13000	325	14,3	13,325	27,63	2,86
TOTAL						4736,84

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

Verifica-se pelo resultado obtido que a alteração do alinhamento vertical (greide) não compensaria, neste caso, pois os ganhos adicionais em valor atual seriam R\$ 4.736,84 para a redução dos custos de operação por quilômetro no novo traçado contra um acréscimo de custo de R\$ 103.183,86 no custo de construção por quilômetro.

Outro aspecto a ser considerado seria a melhoria do IRI (Índice de Irregularidade Internacional) que nos cálculos dos custos de operação apresentados, utilizando a metodologia HDM III (WORLD BANK, 1994) foi adotado como sendo igual à 8 m/km.

Na Tabela 26 apresenta-se novos custos de operação por quilômetro, por viagem, considerando uma redução do IRI de 8 m/km para 3 m/km, o que pode ser obtido com a pavimentação definitiva da estrada ou com uma manutenção adequada.

TABELA 26: CUSTOS DE OPERAÇÃO POR VEÍCULO/KM PARA O PROJETO 7 - TRECHO 3, VARIANDO O "IRI" E CARGA DO VEÍCULO TIPO
R\$ /km (8/2001)

	Veíc. Carreg.	Veíc. Vazio
Custo Oper. Proj. Atual (IRI 8)	5,544	2,628
Custo Oper. Proj. Atual (IRI 3)	5,280	2,490
Diferença Custos/Km:	0,264	0,138

Fonte: Empresa do sul da Bahia, Pesquisa de Campo

O cálculo da redução dos custos de operação, ao longo do período de projeto, devido à melhoria das condições da superfície da via (devido à redução do IRI) é representado na Tabela 27.

Desta forma, considerando o traçado do projeto original, a redução da irregularidade superficial não poderia custar mais que R\$ 22.402,45 por quilômetro (Tabela 27) em valores de agosto/2001. Este valor resulta bastante elevado, justificando plenamente uma adequada conservação da via.

O modelo para cálculo dos custos de operação dos veículos desenvolvido pelo Banco Mundial, WORLD BANK (1994), permite elaborar tabelas de análise de sensibilidade dos custos de operação conforme modificações de diversas variáveis. Na Tabela 28 (variação dos custos de operação conforme a idade ou quilometragem de uso do veículo) e na Tabela 29 (variação dos custos de operação conforme variações da inclinação

da rampa de subida) apresenta-se alguns resultados considerando a composição tipo a ser usado na Bahia.

TABELA 27: ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA (VALOR PRESENTE) COM A MELHORIA DA SUPERFÍCIE DE ROLAMENTO - PROJETO P 7 - TRECHO T 3 R\$ /km (08/2001)

ANO	VOL. MADEIRA (TON/ANO)	N.º VIAG (40 TON)	REDUÇÃO CUSTO OPERAÇÃO			VALOR ATUAL
			CARREG.	VAZIO	TOTAL	
0						
1	1500000	37500	9900,00	5175	15075,00	13459,82
2	15000	375	99,00	51,75	150,75	120,18
3	15000	375	99,00	51,75	150,75	107,30
4	15000	375	99,00	51,75	150,75	95,80
5	15000	375	99,00	51,75	150,75	85,54
6	15000	375	99,00	51,75	150,75	76,37
7	15000	375	99,00	51,75	150,75	68,19
8	1400000	35000	9240	4830	14070,00	5682,64
9	14000	350	92,4	48,3	140,70	50,74
10	14000	350	92,4	48,3	140,70	45,30
11	14000	350	92,4	48,3	140,70	40,45
12	14000	350	92,4	48,3	140,70	36,11
13	14000	350	92,4	48,3	140,70	32,24
14	14000	350	92,4	48,3	140,70	28,79
15	1300000	32500	8580	4485	13065,00	2386,93
16	13000	325	85,8	44,85	130,65	21,31
17	13000	325	85,8	44,85	130,65	19,03
18	13000	325	85,8	44,85	130,65	16,99
19	13000	325	85,8	44,85	130,65	15,17
20	13000	325	85,8	44,85	130,65	13,54
TOTAL						22.402,45

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

TABELA 28: VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO CONFORME A IDADE OU QUILOMETRAGEM DE USO DO VEÍCULO TIPO - PROJETO P-7, TRECHO 3. (VEÍCULO CARREGADO) R\$ p/km (8/2001)

Idade (anos)	Quilometragem	Custo de Operação por Km	Custo de Operação Total por ano	Variação % por Km
0	0	5,5447	-----	-----
1	70.000	6,2077	388.129,00	12
2	140.000	6,3853	434.539,00	15
3	210.000	6,5114	446.971,00	17
4	280.000	6,6127	455.796,00	19
5	350.000	6,6987	462.889,00	21
6	420.000	6,7742	468.909,00	22
7	490.000	6,8421	474.194,00	23
8	560.000	6,9039	478.947,00	25
9	630.000	6,9610	483.273,00	26
10	700.000	7,0142	487.270,00	27

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

Observa-se que com o uso do veículo, embora os custos de amortização do capital sejam menores, aumentam os custos de manutenção resultando em custos operacionais maiores, sendo, por isso, importante que a substituição seja feita sempre na vida econômica do veículo/composição. A vida econômica, usada para a substituição do veículo/composição depende além dos custos de operação calculados dos valores de aquisição e revenda das composições/veículos conforme seu uso e/ou idade e da taxa de juros a ser utilizada. (LEITE, 1999).

Da Tabela 28 verifica-se que uma composição de veículos nova gastaria aproximadamente, em custos de operação, se rodasse 70.000 quilômetros por ano R\$ 388.129,00 no primeiro ano e R\$ 434.539,00 no segundo ano, o que corresponde a um aumento de R\$ 46.410,00. Ano a ano as perdas vão aumentando, até um ponto em que compensa vender o veículo/composição usado(a) e adquirir um(a) novo(a). Para o cálculo da vida econômica deve-se separar dos custos de operação os valores das depreciações e juros.

TABELA 29: VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO POR VEÍCULO/KM, CONFORME A RAMPA MÉDIA DE SUBIDA, PARA O VEÍCULO TIPO – PROJETO P-7, TRECHO 3. (VEÍCULO CARREGADO) R\$ p/km (8/2001)

Rampa %	Custo de Operação por Km	Extensão Em Nível Equivalente	Varição % Base=6,56%
0	2,1617	1,000000	-61
1	2,5133	1,162650	-55
2	2,9426	1,361243	-47
3	3,4325	1,587871	-38
4	3,9711	1,837026	-28
5	4,5534	2,106398	-18
6	5,1774	2,395059	-7
7	5,8421	2,702549	5
8	6,5471	3,028681	18
9	7,2920	3,373271	32
10	8,0769	3,736365	46
11	8,9015	4,117824	61
12	9,7659	4,517694	76
13	10,6700	4,935930	92
14	11,6137	5,372485	109
15	12,5971	5,827404	127

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

A Tabela 29 permite observar que, em muitos casos, é preferível aumentar a extensão da via reduzindo as rampas. No caso do exemplo uma rampa de 10% apresenta custos de operação (R\$ 8,0769 por km) quase iguais ao dobro do custo de operação numa rampa de 5% (R\$ 4,5534 por km). A redução de uma rampa de 10% para 5% representa uma economia de R\$ 3,5235 por composiçãoxkm, para este estudo de caso.

Supondo-se a passagem de 100 composições por dia, verifica-se que a redução diária nos custos de operação seria de R\$ 352,35, o que por ano representa cerca de R\$ 120.000,00.

Na Tabela 30, considerando um horizonte de projeto de 10 anos e taxas de juros variando de 12% à 30% ao ano, apresenta-se o valor atual dos benefícios, que variam entre R\$ 678.000,00 e R\$ 370.000,00, o que com certeza justifica a redução da rampa, possivelmente também mudando o traçado da via. Neste caso serão alterados os alinhamentos verticais e horizontais. No valor acima não foram incluídos os custos de operação em rampas negativas do tráfego, possivelmente de retorno, no outro sentido. Neste caso, as diferenças entre os custos de operação conforme as rampas são dadas pelo veículo vazio. No item 4 , mostra-se que a partir de determinado valor percentual da inclinação das rampas negativa ocorrem também consideráveis aumentos nos custos de operação para as diferentes composições de veículos.

TABELA 30: BENEFÍCIOS EM VALOR ATUAL DEVIDO ÀS REDUÇÕES DE CUSTO DE OPERAÇÃO OBTIDAS COM A MELHORIA DO IRI PARA VEÍCULO CARREGADO EM FUNÇÃO DA TAXA DE JUROS

Taxa de Juros por ano	Valor Atual
12%	678.000,00
20%	500.000,00
30%	370.000,00

Fonte: Empresa do sul da Bahia – Pesquisa de Campo

4.2 RESULTADOS DO ESTUDO DE CASO DE MELHORIA DA INFRAESTRUTURA VIÁRIA E DA OPERAÇÃO DOS TRANSPORTES EM EMPRESA NO PLANALTO CATARINENSE

Foram obtidos os seguintes resultados para o Estudo de Caso de Melhoria da Infraestrutura e da Operação dos Transportes em Empresa no Planalto Catarinense:

- Custos de operação para cada um dos segmentos da malha viária considerada.
- Caminhos mínimos na malha viária considerando distâncias mínimas e custos de operação para composições de veículos carregadas e vazias.
 - Alocação das cargas na malha viária.
 - Alocação das viagens na malha viária.
 - Custo de Operação Total da Malha Viária.
 - Viabilidade Técnico-Econômica de um Segmento Isolado.

4.2.1 Determinação dos Custos de Operação dos Veículos para os Segmentos da Malha Viária considerada

Os cálculos dos custos de operação foram efetuados para cada uma das rampas, em separado, considerando tanto a composição de veículos carregada como vazia e em cada um dos sentidos, ou seja, tanto em subida como em descida. Para definir os melhores percursos, os cálculos são efetuados ao menos nas proximidades dos talhões, rampa a rampa.

Para os trechos entre uma dada fazenda e o destino, os custos de operação podem ser calculados para toda a extensão. Neste caso, calcula-se a rampa média de subida e a rampa média de descida, sendo também fornecido ao programa de cálculo (WORD BANK 1994) qual a percentagem do trecho em subida (este procedimento de cálculo pode ser observado no item 4.1 - Estudo de Caso 1).

Após a definição das rampas conforme Anexo 3 - Tabela A3.5, foram definidos os segmentos e nós da rede viária em estudo, para isso observar que as rampas de mesma inclinação, são divididas em vários segmentos caso haja interseções com outras vias da rede viária, ao longo das mesmas.

No caso em estudo, a partir da Tabela A3.5 foi elaborada a Tabela 31 (sentido 1 e sentido 2) com a relação de segmentos de cada estrada da malha viária, definidos pelos pontos de mudança de declividade das rampas (Tabela A3.5) e os locais de interseções.

Considerando as Tabelas 19, 20, 21 e 22 foram atribuídos, também na Tabela 31, os custos de operação nos segmentos. Foram considerados dois sentidos; no sentido 1 têm-se os segmentos partindo do ponto A (unidade industrial) para os pontos no interior das fazendas e no sentido 2, o inverso. Foram anotados, na Tabela 31, os custos de operação nos dois sentidos, para o veículo trafegando carregado e vazio. Inicialmente foram anotados os custos de operação por quilômetro e, a seguir, multiplicando os valores pelas extensões de cada segmento, os custos de operação por segmento (ou rampa considerada).

4.2.2 - Determinação dos Caminhos Mínimos

Inicialmente, os caminhos mínimos foram determinados utilizando-se o programa de computador QSBPLUS, desenvolvido por CHANG e SULLIVAN (1986).

Para trabalhar com o programa QSBPLUS, há necessidade de que os nós (pontos de interseções ou de mudança da declividade) sejam numerados. O que para o estudo de caso é apresentado no Anexo 3 - Tabela A3.6.

Para os segmentos podem ser atribuídos quaisquer nomes (usando letras, símbolos ou números). Para facilitar os trabalhos pode-se, inclusive, omitir o nome dos segmentos, caso em que o programa adotará os seguintes nomes: B1; B2; B3; B4 e assim por diante.

TABELA 31: RAMPAS DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS 1 E 2 E CUSTO DE OPERAÇÃO PARA O VEÍCULO TIPO 7 (Carreta 3), CARREGADO E VAZIO

R\$ 09/2001

Sentido 1 (A->B; B->O; D->R; P->S; F->W; W->Q; BB->G; DD->HH; JJ->C; KK->EE;
XX->GG; BB->II; NN->E; MM->H; LL->FF; G->QQ; J->W; L->N; YY->TT; I->WW)

Estrada	Rampa		Extensão (m)	Custo Operação p/km		Custo Oper. p/rampa	
	Sentido	%		Veic. Carr.	Veic. Vazio	Veic. Carr.	Veic. Vazio
1	A->A1	-2,78%	1080	1,3074	1,3720	1,41199	1,48176
	A1->A2	-10,00%	300	2,6922	1,7543	0,80766	0,52629
	A2->A3	0,00%	210	1,8687	1,6171	0,39243	0,33959
	A3->A4	10,81%	370	8,5328	3,9069	3,15714	1,44555
	A4->B	3,57%	420	3,4498	2,14	1,44892	0,89880
Total (A->B)			2380	Total (A->B)		7,21813	4,69199
2	B->F	-0,90%	1330	1,6038	1,5214	2,13305	2,02346
	F->M	-1,90%	840	1,3739	1,4311	1,15408	1,20212
	M->O	-6,38%	580	1,7248	1,4291	1,00038	0,82888
Total (B->O)			2750	Total (B->O)		4,28751	4,05446
3	D->Q	-0,23%	860	1,8052	1,5946	1,55247	1,37136
	Q->R	-10,37%	270	2,8335	1,8019	0,76505	0,48651
Total (D->R)			1130	Total (D->R)		2,31752	1,85787
4	P->P1	0,00%	80	1,8687	1,6171	0,14950	0,12937
	P1->S	-9,30%	430	2,4606	1,6767	1,05806	0,72098
	Total (P->S)			510	Total (P->S)		1,20755
5	F->T1	-2,55%	510	1,3090	1,3840	0,66759	0,70584
	T1->U	-9,21%	380	2,4292	1,6661	0,92310	0,63312
	U->X	0,00%	320	1,8687	1,6171	0,59798	0,51747
	X->X1	0,75%	670	2,1313	1,7080	1,42797	1,14436
	X1->Z1	6,25%	320	5,0950	2,6850	1,63040	0,85920
Z1->W	0,79%	380	2,1464	1,7145	0,81563	0,65151	
Total (F->W) Rampas Ter. Nat.			2580	Total (F->W)		6,06267	4,51150
6	W->AA1	8,18%	330	6,4568	3,16	2,13074	1,04280
	AA1->AA2	2,15%	860	2,7230	1,9040	2,34178	1,63744
	AA2->Q	-2,94%	340	1,3140	1,3630	0,44676	0,46342
Total (W->Q)			1530	Total (W->Q)		4,91928	3,14366
7	BB->BB1	-5,83%	120	1,6230	1,3950	0,19476	0,16740
	BB1->CC	4,67%	300	4,0871	2,3450	1,22613	0,70350
	CC->DD	-8,67%	450	2,2700	1,6110	1,02150	0,72495
	DD->EE1	2,50%	200	2,8909	1,9600	0,57818	0,39200
	EE1->FF	-6,25%	80	1,6970	1,4190	0,13576	0,11352
	FF->FF1	6,25%	80	5,0950	2,6850	0,40760	0,21480
	FF1->GG	10,00%	100	7,8665	3,6668	0,78665	0,36668
GG->G	6,17%	470	5,0416	2,6650	2,36955	1,25255	
Total (BB->G)			1800	Total (BB->G)		6,72013	3,93540
8	DD->JJ1	7,03%	640	5,6287	2,8670	3,60237	1,83488
	JJ1->HH	0,75%	670	2,1313	1,7080	1,42797	1,14436
	Total (DD->HH)			1310	Total (DD->HH)		5,03034
9	JJ->NN1	-8,57%	210	2,24	1,602	0,47040	0,33642
	NN1->NN2	0,00%	110	1,8687	1,6171	0,20556	0,17788
	NN2->C	7,00%	800	5,6077	2,8636	4,48616	2,29088
Total (JJ->C)			1120	Total (JJ->C)		5,16212	2,80518
10	KK->KK1	-7,65%	340	1,996	1,521	0,67864	0,51714
	KK1->LL	5,00%	240	4,2891	2,4166	1,02938	0,57998
	LL->EE	-2,40%	500	1,3159	1,3933	0,65795	0,69665
Total (KK->EE)			1080	Total (KK->EE)		2,36597	1,79377
11	XX->M	7,69%	130	6,0980	3,0369	0,79274	0,39480
	M->M1	-1,67%	420	1,4120	1,4550	0,59304	0,61110
	M1->GG	-2,50%	400	1,3107	1,3869	0,52428	0,55476
Total (XX->GG)				Total (XX->GG)		1,91006	1,56066
12	BB->II	4,43%	880	3,9432	2,3000	3,47002	2,02400
	13	NN->NN1	-1,43%	140	1,4700	1,4700	0,20580
NN1->E		7,68%	560	6,0907	3,0300	3,41079	1,69680
Total (NN->E)			700	Total (NN->E)		3,61659	1,90260
14	MM->H	4,62%	260	4,0569	2,3400	1,05479	0,60840
	15	LL->FF	-3,27%	520	1,3320	1,3520	0,69264
16		G->PP1	-0,67%	900	1,6650	1,5440	1,49850
	PP1->QQ	-8,52%	270	2,2250	1,5990	0,60075	0,43173
Total (G->QQ)			1170	Total (G->QQ)		2,09925	1,82133
17	J->SS	-0,22%	920	1,7990	1,5920	1,65508	1,46464
	SS->V V	-1,89%	770	1,4140	1,4490	1,08878	1,11573
Total (J->V V)			1690	Total (J->V V)		2,74386	2,58037
18	L->V V1	-5,67%	300	1,5950	1,3850	0,47850	0,41550
	V V1->ZZ	0,31%	320	1,9727	1,6540	0,63126	0,52928
	ZZ->N	-2,50%	200	1,3107	1,3869	0,26214	0,27738
Total (L->N)			820	Total (L->N)		1,37190	1,22216
19	YY->WW1	-0,91%	440	1,6010	1,5190	0,70444	0,66836
	WW1-T	5,31%	320	4,4831	2,4810	1,43459	0,79392
Total (YY->T)			760	Total (YY->T)		2,13903	1,46228
20	I->WW	-7,22%	180	1,8960	1,4870	0,34128	0,26766

TABELA 31: RAMPAS DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS 1 E 2 E CUSTO DE OPERAÇÃO PARA O VEÍCULO TIPO 7 (Carreta 3), CARREGADO E VAZIO (Cont.)

R\$ 09/2001

Sentido 2 (B->A; O->B; R->D; S->P; W->F; Q->W; G->BB; HH->DD; C->JJ; EE->KK; GG->XX; II->BB; E->NN; H->MM; FF->LL; QQ->G; W->J; N->L; TT->YY; WW->I)

Estrada	Rampa		Extensão (m)	Custo Operação p/km		Custo Oper. p/rampa	
	Sentido	%		Veic. Carr.	Veic. Vazio	Veic. Carr.	Veic. Vazio
1	A1->A	2.78%	1080	3.0308	2.0050	3,27326	2,16540
	A2->A1	10.00%	300	7.8665	3.6668	2,35995	1,10004
	A3->A2	0.00%	210	1.8687	1.6171	0,39243	0,33959
	A4->A3	-10.81%	370	2.9813	1.853	1,10308	0,68561
	B->A4	-3.57%	420	1.3530	1.343	0,56826	0,56406
	Total (B->A)		2380			7,69698	4,85470
2	F->B	0.90%	1330	2.1884	1.7275	2,91057	2,29758
	M->F	1.90%	840	2.6078	1.8673	2,19055	1,56853
	O->M	6.38%	580	5.1824	2.7160	3,00579	1,57528
	Total (O->B)		2750			8,10692	5,44139
3	Q->D	0.23%	860	1.9452	1.6435	1,67287	1,41341
	R->Q	10.37%	270	8.1679	3.7780	2,20533	1,02006
	Total (R->D)		1130			3,87821	2,43347
4	P1->P	0.00%	80	1.8687	1.6171	0,14950	0,12937
	S->P1	9.30%	430	7.3100	3.4655	3,14330	1,49017
	Total (S->P)		510			3,29280	1,61953
5	T1->F	2.55%	510	2.9156	1.9680	1,48696	1,00368
	U->T1	9.21%	380	7.2397	3.4400	2,75109	1,30720
	X->U	0.00%	320	1.8687	1.6171	0,59798	0,51747
	X1->X	-0.75%	670	1.6442	1.5364	1,10161	1,02939
	Z1->X1	-6.25%	320	1.6968	1.4195	0,54298	0,45424
	W->Z1	-0.79%	380	1.6340	1.5330	0,62092	0,58254
	Total (W->F) Rampas Ter. Nat.		2580			7,10154	4,89452
6	AA1->W	-8.18%	330	2.1320	1.5660	0,70356	0,51678
	AA2->AA1	-2.15%	860	1.3382	1.4110	1,15085	1,21346
	Q->AA2	2.94%	340	3.1128	2.0320	1,05835	0,69088
	Total (Q->W)		1530			2,91276	2,42112
7	BB1->BB	5.83%	120	4.8173	2.5920	0,57808	0,31104
	CC->BB1	-4.67%	300	1.4590	1.3445	0,43770	0,40335
	DD->CC	8.67%	450	6.8244	3.2920	3,07098	1,48140
	EE1->DD	-2.50%	200	1.3107	1.3869	0,26214	0,27738
	FF->EE1	6.25%	80	5.0950	2.6975	0,40760	0,21500
	FF1->F	-6.25%	80	1.6968	1.4195	0,13574	0,11356
	GG->FF1	-10.00%	100	2.6922	1.7543	0,26922	0,17543
	G->GG	-6.17%	470	1.6800	1.4150	0,78960	0,66505
	Total (G->BB)		1800			5,95106	3,64221
8	JJ1->DD	-7.03%	640	1.8530	1.4730	1,18592	0,94272
	HH->JJ1	-0.75%	670	1.6442	1.5364	1,10161	1,02939
	Total (HH->DD)		1310			2,28753	1,97211
9	NN1->JJ	8.57%	210	6.7487	3.2650	1,41723	0,68565
	NN2->NN1	0.00%	110	1.8687	1.6171	0,20556	0,17788
	C->NN2	-7.00%	800	1.8469	1.4706	1,47752	1,17648
	Total (C->JJ)		1120			3,10030	2,04001
10	KK1->KK	7.65%	340	6.0691	3.0243	2,06349	1,02826
	LL->KK1	-5.00%	240	1.5001	1.3538	0,36002	0,32491
	EE->LL	2.40%	500	2.8422	1.9441	1,42110	0,97205
	Total (EE->KK)		1080			3,84462	2,32522
11	M->XX	-7.69%	130	2.0050	1.5240	0,26065	0,19812
	M1->M	1.67%	420	2.5054	1.8333	1,05227	0,76999
	GG->M1	2.50%	400	2.8909	1.9600	1,15636	0,78400
	Total (GG->XX)					2,46928	1,75211
12	II->BB	-4.43%	880	1.4300	1.3399	1,25840	1,17911
13	NN1->NN	1.43%	140	2.4023	1.7980	0,33632	0,25172
	E->NN1	-7.68%	560	2.0050	1.5230	1,12280	0,85288
	Total (E->NN)		700			1,45912	1,10460
14	H->MM	-4.62%	260	1.4554	1.3430	0,37840	0,34918
15	FF->LL	3.27%	520	3.2866	2.0880	1,70903	1,08576
16	PP1->G	0.67%	900	2.1015	1.6970	1,89135	1,52730
	QQ->PP1	8.52%	270	6.7110	3.2510	1,81197	0,87777
	Total (QQ->G)		1170			3,70332	2,40507
17	SS->J	0.22%	920	1.9418	1.6430	1,78646	1,51156
	V V->SS	1.69%	770	2.5142	1.8360	1,93593	1,41372
	Total (V V->J)		1690			3,72239	2,92528
18	V V1->L	5.67%	300	4.7134	2.5580	1,41402	0,76740
	ZZ->V V1	-0.31%	320	1.7710	1.5810	0,56672	0,50592
	N->ZZ	2.50%	200	2.8909	1.9600	0,57818	0,39200
	Total (N->L)		820			2,55892	1,66532
19	WW1->YY	0.91%	440	2.1923	1.7290	0,96461	0,76076
	T->WW1	-5.31%	320	1.5430	1.3665	0,49376	0,43728
	Total (T->YY)		760			1,45837	1,19804
20	WW->I	7.22%	180	5.7621	2.9170	1,03718	0,52506

Fonte: Pesquisa de Campo

No Anexo 3 - Tabela A3.7 apresentam-se as distâncias mínimas entre o nó 1 (área industrial) e todos os demais nós, obtidas pelo QSB.

A seguir as distâncias foram transformadas em custos de operação; ocorrem contudo vários valores para o mesmo segmento, visto que estes custos são diferentes em cada sentido de tráfego e com o veículo vazio e carregado.

Neste caso são criados vários (quatro) links diferentes entre os mesmos dois nós, e usar-se o QSB, optou-se contudo pela utilização do Algoritmo de Dijkstra, apresentado por STEINER (2000), cuja solução é muito simples e obtida a partir do procedimento a seguir:

- 1-Designa para o nó inicial o valor zero e o "sombreado", ele está avaliado;
- 2-Identifique todos os nós não avaliados conectados a um nó avaliado;
- 3-Seleciona o nó que fornece a mínima soma e o "sombreado". Este nó terá um "ponteiro" para indicar de onde a mínima soma foi obtida. Se o nó terminal ainda não estiver avaliado, retorne ao passo 2;
- 4-O menor custo de operação do nó inicial ao final é o valor do nó final.

No caso do veículo carregado, o nó inicial poderá ser o local de destino das cargas (fábrica de papel, por exemplo), sendo tomados os menores custos de operação, (sempre do veículo carregado) considerando o sentido que vai das áreas de colheita de madeira para a fábrica.

Para o estudo de caso, apresenta-se no Anexo 3 - Tabela A3.8, os caminhos mínimos obtidos com o veículo carregado pelo algoritmo de Dijkstra.

Com o veículo vazio pode-se fazer o mesmo porém, consideram-se os menores custos de operação para o sentido contrário ou seja do destino final das cargas (fábrica de papel) para as áreas de colheita da madeira.

No Anexo 3 - Tabela A3.9 apresenta-se os caminhos mínimos obtidos com o veículo vazio pelo algoritmo de Dijkstra.

Observa-se que em ambos os casos não foram considerados o tráfego pela rodovia federal próxima das fazendas, tendo em vista a grande distância adicional como, também, aspectos de segurança. Ocorre dificuldades para que os

veículos pesados adentrem a rodovia, sobretudo devido às curvas existentes, próximas dos pontos de acesso.

Na Tabela 32 são agrupados os resultados das tabelas anteriores, de forma a comprovar as diferenças de percursos existentes ao se minimizar a distância, os custos de operação com a composição carregada e os custos de operação com a composição vazia.

Tendo-se os valores dos custos de operação escritos ao lado de cada nó pode-se ver com facilidade os custos adicionais de um percurso em relação a outro.

Verifica-se que os caminhos mínimos, quando se consideram as distâncias mínimas, são diferentes de quando se considera os custos de operação mínimos com a composição carregada. Os caminhos também são diferentes quando se considera os custos de operação mínimos com a composição descarregada.

Nas fazendas da empresa, foram constatadas as diferenças apresentadas na Tabela 33. Estas diferenças também podem ser observadas na Figura 14, onde com cores diferentes são apresentados os percursos de menor custo de operação considerando a composição carregada, a composição vazia e as distâncias mínimas.

Mapas como o da Figura 14 poderão ser fornecidos aos motoristas durante a operação de colheita de madeira, definindo os percursos quando os veículos estiverem vazios e carregados.

Deve-se observar, também em cada caso, a existência de locais para retorno e posicionamento para recebimento das cargas.

Os mapas também serão úteis para os trabalhos de manutenção e melhorias das vias.

TABELA 32: DISTÂNCIAS E CUSTOS DE OPERAÇÃO MÍNIMOS, PARA O VEÍCULO CARREGADO E VAZIO DE CADA UM DOS NÓS ATÉ O NÓ No.1 (FÁBRICA)

Nó de Destino ou Origem	Distância Mínima		Custo de Operação			
	Nó Anterior	Dist. (m)	Veículo Carregado		Veículo Vazio	
			Nó Anterior	C. Oper. R\$	Nó Anterior	C. Oper. R\$
2	1	1080	1	3,27328	1	1,48176
3	2	1380	2	5,63321	2	2,00805
4	3	1590	3	6,02564	3	2,34764
5	4	1960	4	7,12872	4	3,79319
6	5	2380	5	7,89698	5	4,69199
7	6	2440	6	7,82828	6	4,78327
8	7	2900	7	8,83494	7	5,48311
9	8	3330	8	9,77595	8	6,13731
10	9	3710	9	10,60754	9	6,71544
11	10	3890	10	11,07894	10	6,97304
12	11	4000	11	11,36380	11	7,13046
13	12	4140	12	11,72889	12	7,33081
14	13	4380	13	12,35476	13	7,67427
15	14	4410	14	12,43299	14	7,71720
16	15	4550	15	12,79808	15	7,91755
17	52	4390	52	12,58898	52	7,73444
18	16	4920	16	14,71557	16	8,44632
19	18	5130	18	15,80387	18	8,74643
20	8	3410	8	9,82699	8	6,29636
21	20	3490	20	9,97649	20	6,42573
22	20	3760	20	10,50781	20	6,85447
23	22	4030	22	12,71314	22	7,34098
24	21	3920	21	13,11979	21	7,14671
25	10	4070	10	11,65716	10	7,21368
26	25	4220	25	12,09450	25	7,42128
27	26	4600	26	14,84559	26	8,05440
28	27	4670	27	14,97640	27	8,16760
29	28	4920	28	15,44358	28	8,57188
30	29	5590	29	16,54519	29	9,71624
31	30	5660	30	16,90184	30	9,90419
32	31	5780	33	16,90508	33	10,04287
33	34	5670	34	16,24273	34	9,85813
34	35	5290	35	15,42710	35	9,27559
35	36	5030	36	13,74833	36	8,86843
36	37	4960	37	13,29635	37	8,75881
37	22	4100	22	10,95457	22	7,54535
38	39	4840	49	16,67300	39	9,47570
39	40	4720	40	17,09913	40	9,16466
40	41	4420	41	15,87300	41	8,76131
41	47	3970	47	14,85150	47	7,27991
42	41	4070	41	14,98257	41	7,47591
43	42	4170	44	14,77650	42	7,67191
44	43	4250	45	14,64074	43	22,31265
45	44	4330	46	14,23314	46	34,65267
46	11	4360	11	13,44649	11	20,41953
47	53	3660	53	13,10860	53	6,82328
48	47	3990	47	13,71809	47	7,76939
49	48	4660	48	14,81970	48	8,91375
50	49	5070	49	15,40800	49	9,85675
51	42	4570	44	15,33338	42	8,44796
52	12	4260	12	12,41859	12	7,47964
53	54	3490	54	12,72580	54	6,26823
54	55	3350	55	12,52000	55	6,13763
55	7	3240	7	12,31444	7	6,95975
56	57	5150	57	17,04140	57	9,80113
57	51	4810	51	16,36276	51	8,77287
58	25	4140	11	11,72841	25	7,30934
59	58	4510	58	12,50597	58	7,88082
60	59	4730	59	12,96830	59	8,22030
61	60	5000	60	14,78027	60	8,65203
62	71	4600	14	12,89848	71	8,08259
63	62	5240	62	14,14121	62	9,10147
64	65	5160	65	14,35133	65	8,97694
65	66	4920	66	14,01197	66	8,53630
66	68	4670	68	13,65847	68	8,07730
67	66	4710	66	13,56421	66	8,13270
68	15	4610	15	13,37567	15	7,99420
69	67	5030	67	14,13093	67	8,66198
70	62	4720	62	13,09058	62	8,29007
71	13	4320	13	12,76607	13	7,59847
72	71	4360	58	12,84919	58	7,65097

 = Casos em que os caminhos são diferentes

Fonte: Pesquisa de Campo

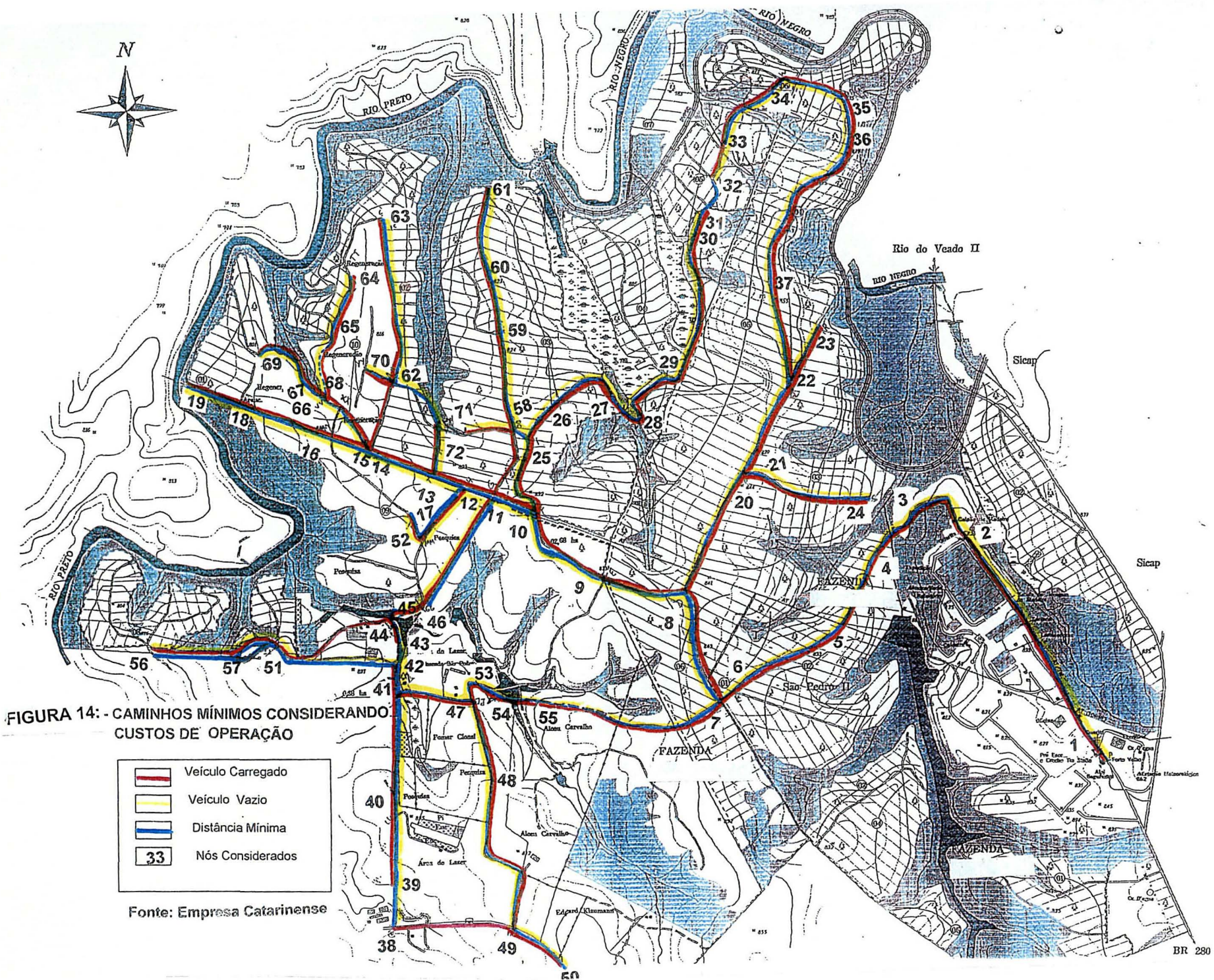


FIGURA 14: - CAMINHOS MÍNIMOS CONSIDERANDO CUSTOS DE OPERAÇÃO

- Veículo Carregado
- Veículo Vazio
- Distância Mínima
- 33 Nós Considerados

Fonte: Empresa Catarinense

TABELA 33: NÓS PARA OS QUAIS EXISTEM DIFERENÇAS DE PERCURSO AO CONSIDERAR-SE AS DISTÂNCIAS MÍNIMAS OU OS CUSTOS DE OPERAÇÃO MÍNIMOS PARA O VEÍCULO CONSIDERADO (CARRETA 3) CARREGADO E/OU VAZIO.

Nós Com Diferenças	Próximos nós de passagem considerando o Percurso Mínimo para:		
	Distâncias Mínimas	Custo de Operação Mínimo	
		Composição Carregada	Composição Vazia
32	31; 30; 29; 28	33; 34; 35; 36	33; 34; 35; 36
38	39; 40; 41; 47	49; 48; 47; 53	39; 40; 41; 47
43	42; 41; 47; 53	44; 44; 45; 46	42; 41; 47; 53
44	43; 42; 41; 47	45; 46; 11; 10	43; 42; 41; 47
45	44; 43; 42; 41	46; 11; 10; 9	46; 11; 10; 9
51	42; 41; 47; 53	44; 45; 46; 11	42; 41; 47; 53
58	25; 10; 9; 8	11; 10; 9; 8	25; 10; 9; 8
62	71; 13; 12; 11	14; 13; 12; 11	71; 13; 12; 11
72	71; 13; 12; 11	58; 11; 10; 9	58; 25; 10; 9

Fonte: Empresa do Planalto Catarinense - Pesquisa de Campo

4.2.3 Alocação das Cargas de Colheita na Malha Viária

A alocação das cargas nos trechos pode ser iniciada determinando as áreas de influência da floresta para cada nó da malha viária. Em seguida estas áreas podem ser transformadas em produção de madeira; esta atividade é simplificada caso todos os plantios das áreas tenham a mesma idade e as áreas tenham a mesma característica em termos de produção (mesmo índice de sítio).

No caso destas fazendas, foram coletadas informações diretas da produção, com base em inventários dos diferentes talhões, determinando-se as viagens diretamente, como será exposto no item seguinte.

Nas fazendas em estudo, nem todas as áreas foram reflorestadas em 1985; os talhões 9 e 10 só foram reflorestados em 1995. Inclusive no mapa da Figura 11, o talhão 10 aparece como “área de regeneração” e o talhão 9 como “área de pesquisa”.

Havendo áreas diferentes em relação a produtividade ou em relação a idade das árvores, este método não é aconselhável pois as áreas não podem ser acumuladas.

A alocação das cargas florestais nos nós deve ser efetuada, acumulando as cargas alocadas em cada nó e seguindo os mapas dos caminhos mínimos, sempre saindo das extremidades dos percursos e seguindo em direção ao destino.

Para o estudo de caso, inicialmente, verificou-se a posição de cada um dos nós da rede viária em relação as fazendas e talhões. Em seguida, através da análise do posicionamento dos nós de um mesmo talhão, alocou-se a cada um deles um percentual das áreas (consideradas homogêneas) , conforme Anexo 3 - Tabela A3.10.

Os posicionamentos dos nós em relação às fazendas, talhões e áreas de influência são apresentados no Anexo 3 - Tabela A3.11.

Observando os caminhos mínimos considerando os custos de operação com o veículo carregado e vazio, as áreas alocadas aos nós podem ser acumuladas. Estas áreas deverão ser em seguida transformadas em cargas. No Anexo 3 - Tabelas A3.12 e A3.13 são apresentadas, para o estudo de caso, as áreas acumuladas alocadas em cada um dos nós, tanto para o deslocamento no sentido da fábrica como para o sentido inverso.

Na Tabela A3.13 foi incluída uma coluna adicional, mostrando os casos em que existe diferença entre as áreas acumuladas alocadas para o percurso feito pelos veículos vazios e pelos veículos carregados. Estas diferenças são devidas a que os percursos de custos de operação mínimos com os veículos vazios e carregados são diferentes.

A transformação das áreas alocadas em cargas poderia ser realizada prevendo-se a produtividade, conforme a idade das espécies. No Item 3.1.2 "Fase de Análise e Elaboração do Modelo", na parte de geração das cargas, foram apresentados alguns dados de produtividade para algumas espécies, com base em RODIGHERI (1997), que poderiam servir para um primeira estimativa das cargas.

Com a prática as empresas, com base em inventários próprios deverão definir valores de produtividade mais adequados. Neste estudo de caso no item

seguinte, utilizam-se dados já das cargas previstas por talhão, obtidos nas pesquisas de campo.

4.2.4 Alocação de Viagens na Malha Viária

Obteve-se nas pesquisas de campo, as cargas que foram transportadas relativas ao segundo desbaste realizado no anos de 1999 e 2000, por talhão, conforme foi apresentado na Tabela 34 e foram previstos os volumes de carga a serem gerados pelo terceiro desbaste, previsto para 2004/2005; pelo quarto desbaste em 2009/2010 e pelo corte raso em 2014/2015, conforme as informações obtidas no campo.

Com os dados obtidos e considerando a produtividade obtêm-se a Tabela 35, com a produção futura estimada por talhão. As empresas mantêm inventários permanentes com valores das produtividades.

As estimativas da Tabela 35 consideram que no terceiro desbaste, o total colhido será equivalente aos valores obtidos no segundo desbaste vezes 1,75; no quarto desbaste o total colhido será equivalente ao total do segundo desbaste vezes 2,5 e que no corte raso o total colhido será equivalente ao total do segundo desbaste vezes 8. Esses valores deverão ser baseados em previsões que serão ajustadas a medida que sejam realizados os inventários florestais.

Considerando a carga média por caminhão, do tipo utilizado, como sendo de 30 toneladas, os valores da Tabela 35 podem ser transformados no número de viagens necessárias, conforme valores apresentados na Tabela 36, a seguir.

Na Tabela 36 são apresentados os valores relativos às viagens carregadas; os números de viagens vazias serão idênticos aos números de viagens carregadas.

TABELA 34: RELAÇÃO DOS NÓS COM FAZENDA, TALHÃO E NÚMERO DE VIAGENS CARREGADAS COM ORIGEM NO NÓ CONSIDERADO CORRESPONDENTES AO 2º. DESBASTE

Nós	Fazenda	Talhões	Número de Viagens	Nós	Fazenda	Talhões	Número de Viagens	
1	Área Indust.	Único	Não Utiliza Sist.Viário Estudado	37	Fazenda 2.1	4PI e 5PI	72	
2	Área Indust.	Único	Não Utiliza Sist.Viário Estudado	38	Fazenda 2	Campo	Não Considerado	
3	Área indust.	Único	Não Utiliza Sist.Viário Estudado	39	Fazenda 2	Campo	Não Considerado	
4	Fazenda 2.1	3PI	31	40	Fazenda 2	Campo	Não Considerado	
5	Fazenda 2.2	1PII e 2PII	50	41	Fazenda 2	único	15	
6	Fazenda 2.2	1PII e 2PII	83	42	Fazenda 2	único	15	
7	Fazenda 2.1 e 2.2	6PI; 1PII até 5PII	190	43	Fazenda 2	Campo	Não Considerado	
				44	Fazenda 1	Campo	Não Considerado	
8	Fazenda 2.1	6PI	56	45	Fazenda 1	Canoeira	Não Considerado	
9	Fazenda 2.1	5PI e 6PI	33	46	Fazenda 1	9B*	Plantio 1995	
10	Fazenda 1	3B	30	47	Fazenda 2	Pomar Clonal	Não Considerado	
11	Fazenda 1	2B e 3B	14	48	Fazenda 2	Pesquisa	Não Considerado	
12	Fazenda 1	2B	6	49	Fazenda 2	Campo	Não Considerado	
13	Fazenda 1	2B	22	50	Fazenda 2	Vizinhos	Não Considerado	
14	Fazenda 1	2B	11	51	Fazenda 1	8B	15	
15	Fazenda 1	10B*	Plantio 1995	52	Fazenda 1	9B*	Plantio 1995	
16	Fazenda 1	10B*	Plantio 1995	53	Fazenda 2	Campo	Não Considerado	
17	Fazenda 1	Campo	Não Considerado	54	Fazenda 2	Campo	Não Considerado	
18	Fazenda 1	1B e 10B*	15	+Plantio 95	55	Fazenda 2	Vizinhos	Não Considerado
19	Fazenda 1	1B	10	56	Fazenda 1	8B	54	
20	Fazenda 2.1	3PI e 5PI	65	57	Fazenda 1	8B	8	
21	Fazenda 2.1	3PI	39	58	Fazenda 1	2B+3B	41	
22	Fazenda 2.1	3PI e 5PI	73	59	Fazenda 1	2B+3B	51	
23	Fazenda 2.1	3PI	9	60	Fazenda 1	2B+3B	51	
24	Fazenda 2.1	3PI	8	61	Fazenda 1	2B+3B	21	
25	Fazenda 1	3B	20	62	Fazenda 1	2B+10B*	22	+Plantio 95
26	Fazenda 1	3B	30	63	Fazenda 1	2B+10B*	32	+Plantio 95
27	Fazenda 1	3B	20	64	Fazenda 1	2B+10B*	11	+Plantio 95
28	Fazenda 1	4B e 5PI	31	65	Fazenda 1	2B+10B*	11	+Plantio 95
29	Fazenda 1	4B e 5PI	82	66	Fazenda 1	10B*	Plantio 95	
30	Fazenda 1	5B	6	67	Fazenda 1	10B*	Plantio 95	
31	Fazenda 1	5B	14	68	Fazenda 1	10B*	Plantio 95	
32	Fazenda 1	5B+7B	43	69	Fazenda 1	1B+10B*	25	+Plantio 95
33	Fazenda 1	5B	11	70	Fazenda 1	10B*	Plantio 95	
34	Fazenda 1	6B	27	71	Fazenda 1	2B	11	
35	Fazenda 2.1	4PI e 5PI	35	72	Fazenda 1	2B	11	
36	Fazenda 2.1	4PI e 5PI	16					

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. 3PI = talhão 3 da Fazenda 2.1; 1PII = talhão 1 da Fazenda 2.2 e 3B = talhão 3 da Fazenda 1

* Áreas com plantio em 1995; as demais áreas foram plantadas em 1985.

TABELA 35: PRODUÇÕES ESTIMADAS PARA AS FAZENDAS (toneladas)

Talhões	2º.Desbaste* (1999/2000)	3º. Desbaste (2004/2005)	4º. Desbaste (2009/2010)	Corte Raso (2014/2015)
Fazenda 2.1				
1	1580	2765	3950	12640
2	2964	5187	7410	23712
3	4643	8125	11608	37144
4	2129	3726	5323	17032
5	5105	8934	12763	40840
6	3719	6508	9298	29752
Sub-total	20139	35245	50350	161120
Fazenda 2.2				
1	1115	1951	2788	8920
2	3871	6774	9678	30968
3	755	1321	1888	6040
4	1943	3400	4858	15544
5	1069	1871	2673	8552
Sub-Total	8753	15318	21883	70024
Fazenda 1				
1	1479	2588	3698	11832
2	6474	11330	16185	51792
3	5926	10371	14815	47408
4	2108	3689	5270	16864
5	1675	2931	4188	13400
6	821	1437	2053	6568
7	550	963	1375	4400
8	2298	4022	5745	18384
Sub-total	21330	37329	53328	170648
Total Geral	50222**	87892	125560	401792

Fonte: Empresa do Planalto Catarinense - Pesquisa de Campo

Obs. * 1º. Desbaste já efetuado em 1995

** Entre junho/99 até janeiro/2000 foram transportadas 21.327 toneladas

Considerando a Tabela 34 com as viagens originadas em cada um dos nós, relativas ao segundo desbaste e os caminhos mínimos relativo aos custos de operação do veículo carregado, apresentados na Figura 14, elaborou-se a Tabela A3.14 com o número acumulado de viagens carregadas, que passam em cada um dos nós.

A Tabela A3.14 foi elaborada partindo do final das vias (interior dos reflorestamentos) e acumulando as viagens em direção à fábrica.

TABELA 36: PRODUÇÕES ESTIMADAS PARA AS FAZENDAS EM NÚMERO DE VIAGENS CARREGADAS (30t cada)

Talhões	2º.Desbaste* (1999/2000)	3º. Desbaste (2004/2005)	4º. Desbaste (2009/2010)	Corte Raso (2014/2015)
Fazenda 2.1				
1	53	92	132	421
2	99	173	247	790
3	155	271	387	1238
4	71	124	177	568
5	170	298	425	1361
6	124	217	310	992
Sub-total	671	1175	1678	5371
Fazenda 2.2				
1	37	65	93	297
2	129	226	323	1032
3	25	44	63	201
4	65	113	162	518
5	36	62	89	285
Sub-Total	292	511	729	2334
Fazenda 1				
1	49	86	123	394
2	216	378	540	1726
3	198	346	494	1580
4	70	123	176	562
5	56	98	140	447
6	27	48	68	219
7	18	32	46	147
8	77	134	192	613
Sub-total	711	1244	1778	5688
Total Geral	1674*	2930	4185	13393

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense – Pesquisa de Campo

Obs. * 771 viagens realizadas entre junho/99 e janeiro/2000.

A Tabela A3.15 fornece o número de viagens acumuladas, relativas ao segundo desbaste para os veículos vazios ou seja, saindo da fábrica em direção aos talhões. Esta Tabela foi elaborada com base na Tabela 36 e Figura 14, observando-se os percursos dos veículos vazios, que tanto podem ser considerados como partindo do final das vias em direção à fábrica ou fazer o caminho que realmente fazem os veículos vazios, ou seja da fábrica em relação aos talhões.

As mesmas relações de produtividade entre os desbastes e o corte raso são válidas para as viagens, portanto, multiplicando os dados das Tabelas A3.14 e A3.15 por 1,75; 2,5 e 8 obtêm-se as viagens, acumuladas na malha viária para o terceiro desbaste (2004 e 2005), quarto desbaste (2009 e 2010) e corte raso (2014 e 2015). Todos os valores obtidos são apresentados na Tabela 37.

Os talhões "9" e "10" só foram plantados em 1995, havendo necessidade de efetuar um novo cronograma de colheitas para estes talhões e tratá-los de forma isolada. Considera-se que o primeiro desbaste destes talhões seja efetuado em 2003, o segundo desbaste em 2007, o terceiro desbaste em 2011 e o corte raso em 2016.

Na Tabela A3.16 apresentam-se os nós de onde se originam viagens dos talhões "9" e "10" e os valores percentuais de distribuição das áreas ou viagens geradas, já apresentados anteriormente.

Considerando os rendimentos apontados por RODIGHERI (1997), apresentados no Quadro A1.2, para Pinus de 20 m³/ha no primeiro desbaste, após 8 anos; 40 m³/ha no segundo desbaste, após 12 anos; 90 m³/ha no terceiro desbaste, após 16 anos e 400 m³/ha no corte raso, após 21 anos, elabora-se a Tabela A3.17 com as produções estimadas para as áreas de plantio em 1995.

Com os valores das Tabelas A3.16, A3.17 e os caminhos mínimos considerando os custos de operação do veículo carregado e vazio, elaboram-se as Tabelas A3.18 e A3.19 com as viagens acumuladas em todos os nós da malha viária, para as áreas de plantio em 1995.

Considerando as relações entre as produções estimadas das áreas plantadas em 1995, para o primeiro desbaste e os demais desbastes incluindo o corte raso, é elaborada a Tabela 38 com as viagens acumuladas na malha viária para veículos carregados e vazios. As relações, neste caso, valem: 2 (40/20); 4,5 (90/20) e 20 (400/20), já que não foi considerado um quarto desbaste e, tendo em vista que partiu-se do primeiro desbaste e não do segundo como no caso anterior (das áreas plantadas em 1985).

TABELA 37: VIAGENS ACUMULADAS NOS NÓS PARA TODOS OS DESBASTES E CORTE RASO NAS FAZENDAS PARA VEÍCULOS CARREGADOS E VAZIOS

Nós	Veículo Carregado				Veículo Vazio			
	2o. Desbaste (1999/2000)	3o. Desbaste (2004/2005)	4o. Desbaste (2009/2010)	Corte Raso (2014/2015)	2o. Desbaste (1999/2000)	3o. Desbaste (2004/2005)	4o. Desbaste (2009/2010)	Corte Raso (2014/2015)
1	1546	2706	3865	12368	1546	2706	3865	12368
2	1546	2706	3865	12368	1546	2706	3865	12368
3	1546	2706	3865	12368	1546	2706	3865	12368
4	1546	2706	3865	12368	1546	2706	3865	12368
5	1515	2651	3788	12120	1515	2651	3788	12120
6	1465	2564	3663	11720	1465	2564	3663	11720
7	1382	2419	3455	11056	1382	2419	3455	11056
8	1162	2034	2905	9296	1085	1899	2713	8680
9	708	1239	1770	5664	631	1104	1578	5048
10	675	1181	1688	5400	598	1047	1495	4784
11	442	774	1105	3536	190	333	475	1520
12	176	308	440	1408	176	308	440	1408
13	170	298	425	1360	170	298	425	1360
14	137	240	343	1096	83	145	208	664
15	72	126	180	576	72	126	180	576
16	25	44	63	200	25	44	63	200
17	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*
18	25	44	63	200	25	44	63	200
19	10	18	25	80	10	18	25	80
20	398	697	995	3184	398	697	995	3184
21	47	82	118	376	47	82	118	376
22	286	501	715	2288	286	501	715	2288
23	8	14	20	64	8	14	20	64
24	8	14	20	64	8	14	20	64
25	203	355	508	1624	378	662	945	3024
26	183	320	458	1464	183	320	458	1464
27	153	268	383	1224	153	268	383	1224
28	133	233	333	1064	133	233	333	1064
29	102	179	255	816	102	179	255	816
30	20	35	50	160	20	35	50	160
31	14	25	35	112	14	25	35	112
32	43	75	108	344	43	75	108	344
33	54	95	135	432	54	95	135	432
34	81	142	203	648	81	142	203	648
35	116	203	290	928	116	203	290	928
36	132	231	330	1056	132	231	330	1056
37	205	359	513	1640	205	359	513	1640
38	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
39	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
40	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
41	30	53	75	240	107	187	268	856
42	15	26	38	120	92	161	230	736
43	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
44	77	135	193	616	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
45	77	135	193	616	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
46	77	135	193	616	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*
47	30	53	75	240	107	187	268	856
48	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
49	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
50	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado	Não Considerado
51	77	135	193	616	77	135	193	616
52	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*
53	30	53	75	240	107	187	268	856
54	30	53	75	240	107	187	268	856
55	30	53	75	240	107	187	268	856
56	54	95	135	432	54	95	135	432
57	62	109	155	496	62	109	155	496
58	175	306	438	1400	175	306	438	1400
59	123	215	308	984	123	215	308	984
60	72	126	180	576	72	126	180	576
61	21	37	53	168	21	37	53	168
62	54	95	135	432	54	95	135	432
63	32	56	80	256	32	56	80	256
64	11	19	28	88	11	19	28	88
65	22	39	55	176	22	39	55	176
66	47	82	118	376	47	82	118	376
67	25	44	63	200	25	44	63	200
68	47	82	118	376	47	82	118	376
69	25	44	63	200	25	44	63	200
70	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*	Plantio 95*
71	11	19	28	88	65	114	163	520
72	11	19	28	88	11	19	28	88

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. * Plantio de 1995 tratado em tabela separada.

Não foram consideradas viagens para locais de campo, capoeira, pomar clonal, vizinhos e áreas experimentais.

TABELA 38 VIAGENS ACUMULADAS NOS NÓS PARA TODOS OS DESBASTES E CORTE RASO
NA FAZENDA 1 TALHÕES 9 E 10 (PLANTIO 95) PARA VEÍCULOS CARREGADOS E VAZIOS

Nós	Veículo Carregado				Veículo Vazio			
	1o. Desbaste 2003	2o. Desbaste 2007	3o. Desbaste 2011	Corte Raso 2016	1o. Desbaste 2003	2o. Desbaste 2007	3o. Desbaste 2011	Corte Raso 2016
1	17	34	77	340	17	34	77	340
2	17	34	77	340	17	34	77	340
3	17	34	77	340	17	34	77	340
4	17	34	77	340	17	34	77	340
5	17	34	77	340	17	34	77	340
6	17	34	77	340	17	34	77	340
7	17	34	77	340	17	34	77	340
8	17	34	77	340	17	34	77	340
9	17	34	77	340	17	34	77	340
10	17	34	77	340	17	34	77	340
11	17	34	77	340	17	34	77	340
12	16,5	33	74	330	16,5	33	74	330
13	12	24	54	240	12	24	54	240
14	12	24	54	240	6	12	27	120
15	6	12	27	120	6	12	27	120
16	0,96	2	4	19	0,96	2	4	19
17	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0,6	1	3	12	0,6	1	3	12
19	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0	0	0
46	0,5	1	2	10	0,5	1	2	10
47	0,0	0	0	0	0	0	0	0
48	0,0	0	0	0	0	0	0	0
49	0,0	0	0	0	0	0	0	0
50	0,0	0	0	0	0	0	0	0
51	0,0	0	0	0	0	0	0	0
52	4,5	9	20	90	4,5	9	20	90
53	0	0	0	0	0	0	0	0
54	0	0	0	0	0	0	0	0
55	0	0	0	0	0	0	0	0
56	0	0	0	0	0	0	0	0
57	0	0	0	0	0	0	0	0
58	0	0	0	0	0	0	0	0
59	0	0	0	0	0	0	0	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
61	0	0	0	0	0	0	0	0
62	6	12	27	120	6	12	27	120
63	1,2	2	5	24	1,2	2	5	24
64	1,2	2	5	24	1,2	2	5	24
65	2,4	5	11	48	2,4	5	11	48
66	4,2	8	19	84	4,2	8	19	84
67	1,56	3	7	31	1,56	3	7	31
68	4,8	10	22	96	4,8	10	22	96
69	1,2	2	5	24	1,2	2	5	24
70	3,6	7	16	72	3,6	7	16	72
71	0	0	0	0	6	12	27	120
72	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. No caso de número fracionário, supõe-se que o veículo seja carregado em mais de um local.

Não foram consideradas viagens para locais de campo, capoeira, pomar clonal, vizinhos e áreas experimentais.

Na Tabela 39 são reunidas as viagens relativas às áreas plantadas em 1985 e as áreas plantadas em 1995. Essas viagens referem-se somente ao transporte de toras de madeira, não sendo consideradas outras possíveis viagens geradas pelas áreas de campo, capoeira, pomar clonal, áreas de vizinhos, além das viagens com outros propósitos como os de administração, transporte de pessoal, controle de pragas, controle de incêndios, passeios e outras. Muitas destas outras viagens são realizadas em veículos de passeio, caso em que os custos de operação em relação ao dos caminhões de carga, são bem menores.

É importante que as empresas procurem registrar todas as viagens, anotando os tipos de veículos utilizados e os percursos, de forma a poder fazer previsões de tráfego, cada vez mais corretas. Nas estradas mais importantes é possível que hajam percentuais significativos de viagens com outros propósitos que não os de colheita de madeira.

Na maioria dos casos, as outras viagens não são tão prioritárias como as de colheita de madeira, consideradas básicas para a implantação ou melhoria do sistema viário. Estas outras viagens podem ser realizadas com sistemas viários mais simples. Neste estudo de caso, considerando que o sistema viário situa-se em propriedades da própria empresa, sem tráfego de passagem, optou-se por desprezar estas outras viagens.

Os valores dos números das viagens de transporte de toras, obtidas para toda a malha viária, apresentados na Tabela 39, poderão ser ajustados pela empresa de forma a procurar uniformizar os volumes anuais de colheita, fazendo com que os mesmos sejam mais uniformes a cada ano, com o que poderão ser reduzidos os custos totais já que seriam usados de modo mais uniforme o pessoal, os veículos e os equipamentos disponíveis. Os valores poderão ser apresentados também de forma crescente caso seja esperada uma expansão das atividades da empresa. Estas fazendas poderão, também, ser consideradas áreas estratégicas, onde as colheitas podem depender de situações de mercado ou mesmo de condições climáticas.

TABELA 39. VIAGENS ACUMULADAS NOS NÓS PARA TODOS OS DESBASTES E CORTE RASO INCLUINDO AS VIAGENS GERADAS PELAS ÁREAS PLANTADAS EM 1995 NAS FAZENDAS VEÍCULOS CARREGADOS E VAZIOS

Nós	Veículo Carregado												Veículo Vazio											
	2000*	2003	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2014	2015	2016	2000*	2003	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2014	2015	2016		
1	889	17	1353	1353	34	1933	1933	77	6184	6184	340	889	17	1353	1353	34	1933	1933	77	6184	6184	340		
2	889	17	1353	1353	34	1933	1933	77	6184	6184	340	889	17	1353	1353	34	1933	1933	77	6184	6184	340		
3	889	17	1353	1353	34	1933	1933	77	6184	6184	340	889	17	1353	1353	34	1933	1933	77	6184	6184	340		
4	889	17	1353	1353	34	1933	1933	77	6184	6184	340	889	17	1353	1353	34	1933	1933	77	6184	6184	340		
5	872	17	1326	1326	34	1894	1894	77	6060	6060	340	872	17	1326	1326	34	1894	1894	77	6060	6060	340		
6	843	17	1282	1282	34	1831	1831	77	5860	5860	340	843	17	1282	1282	34	1831	1831	77	5860	5860	340		
7	795	17	1209	1209	34	1728	1728	77	5528	5528	340	795	17	1209	1209	34	1728	1728	77	5528	5528	340		
8	669	17	1017	1017	34	1453	1453	77	4648	4648	340	624	17	949	949	34	1356	1356	77	4340	4340	340		
9	407	17	620	620	34	885	885	77	2832	2832	340	363	17	552	552	34	789	789	77	2524	2524	340		
10	388	17	591	591	34	844	844	77	2700	2700	340	344	17	523	523	34	748	748	77	2392	2392	340		
11	254	17	387	387	34	553	553	77	1768	1768	340	109	17	166	166	34	238	238	77	760	760	340		
12	101	16,5	154	154	33	220	220	74	704	704	330	101	16,5	154	154	33	220	220	74	704	704	330		
13	98	12	149	149	24	213	213	54	680	680	240	98	12	149	149	24	213	213	54	680	680	240		
14	79	12	120	120	24	171	171	54	548	548	240	48	6	73	73	12	104	104	27	332	332	120		
15	41	6	63	63	12	90	90	27	288	288	120	41	6	63	63	12	90	90	27	288	288	120		
16	14	1	22	22	2	31	31	4	100	100	19	14	1	22	22	2	31,3	31,3	4	100	100	19		
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18	14	0,6	22	22	1	31	31	3	100	100	12	14	0,6	22	22	1	31,3	31,3	3	100	100	12		
19	6	0	9	9	0	13	13	0	40	40	0	6	0	9	9	0	12,5	12,5	0	40	40	0		
20	229	0	348	348	0	498	498	0	1592	1592	0	229	0	348	348	0	498	498	0	1592	1592	0		
21	27	0	41	41	0	59	59	0	188	188	0	27	0	41	41	0	58,8	58,8	0	188	188	0		
22	165	0	250	250	0	358	358	0	1144	1144	0	165	0	250	250	0	358	358	0	1144	1144	0		
23	5	0	7	7	0	10	10	0	32	32	0	5	0	7	7	0	10	10	0	32	32	0		
24	5	0	7	7	0	10	10	0	32	32	0	5	0	7	7	0	10	10	0	32	32	0		
25	117	0	178	178	0	254	254	0	812	812	0	217	0	331	331	0	473	473	0	1512	1512	0		
26	105	0	160	160	0	229	229	0	732	732	0	105	0	160	160	0	229	229	0	732	732	0		
27	88	0	134	134	0	191	191	0	612	612	0	88	0	134	134	0	191	191	0	612	612	0		
28	77	0	116	116	0	166	166	0	532	532	0	77	0	116	116	0	166	166	0	532	532	0		
29	59	0	89	89	0	128	128	0	408	408	0	59	0	89	89	0	128	128	0	408	408	0		
30	12	0	18	18	0	25	25	0	80	80	0	12	0	18	18	0	25	25	0	80	80	0		
31	8	0	12	12	0	18	18	0	56	56	0	8	0	12	12	0	17,5	17,5	0	56	56	0		
32	25	0	38	38	0	54	54	0	172	172	0	25	0	38	38	0	53,8	53,8	0	172	172	0		
33	31	0	47	47	0	68	68	0	216	216	0	31	0	47	47	0	67,5	67,5	0	216	216	0		
34	47	0	71	71	0	101	101	0	324	324	0	47	0	71	71	0	101	101	0	324	324	0		
35	67	0	102	102	0	145	145	0	464	464	0	67	0	102	102	0	145	145	0	464	464	0		
36	76	0	116	116	0	165	165	0	528	528	0	76	0	116	116	0	165	165	0	528	528	0		
37	118	0	179	179	0	256	256	0	820	820	0	118	0	179	179	0	256	256	0	820	820	0		
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
41	17	0	26	26	0	38	38	0	120	120	0	62	0	94	94	0	134	134	0	428	428	0		
42	9	0	13	13	0	19	19	0	60	60	0	53	0	81	81	0	115	115	0	368	368	0		
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
44	44	0	67	67	0	96	96	0	308	308	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
45	44	0	67	67	0	96	96	0	308	308	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
46	44	0,5	67	67	1	96	96	2	308	308	10	0	0,5	0	0	1	0	0	2	0	0	10		
47	17	0,0	26	26	0	38	38	0	120	120	0	62	0	94	94	0	134	134	0	428	428	0		
48	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
49	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
50	0	0,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
51	44	0,0	67	67	0	96	96	0	308	308	0	44	0	67	67	0	96,3	96,3	0	308	308	0		
52	0	4,5	0	0	9	0	0	20	0	0	90	0	4,5	0	0	9	0	0	20	0	0	90		
53	17	0	26	26	0	38	38	0	120	120	0	62	0	94	94	0	134	134	0	428	428	0		
54	17	0	26	26	0	38	38	0	120	120	0	62	0	94	94	0	134	134	0	428	428	0		
55	17	0	26	26	0	38	38	0	120	120	0	62	0	94	94	0	134	134	0	428	428	0		
56	31	0	47	47	0	68	68	0	216	216	0	31	0	47	47	0	67,5	67,5	0	216	216	0		
57	36	0	54	54	0	78	78	0	248	248	0	36	0	54	54	0	77,5	77,5	0	248	248	0		
58	101	0	153	153	0	219	219	0	700	700	0	101	0	153	153	0	219	219	0	700	700	0		
59	71	0	108	108	0	154	154	0	492	492	0	71	0	108	108	0	154	154	0	492	492	0		
60	41	0	63	63	0	90	90	0	288	288	0	41	0	63	63	0	90	90	0	288	288	0		
61	12	0	18	18	0	26	26	0	84	84	0	12	0	18	18	0	26,3	26,3	0	84	84	0		
62	31	6	47	47	12	68	68	27	216	216	120	31	6	47	47	12	67,5	67,5	27	216	216	120		
63	18	1,2	28	28	2	40	40	5	128	128	24	18	1,2	28	28	2	40	40	5	128	128	24		
64	6	1,2	10	10	2	14	14	5	44	44	24	6	1,2	10	10	2	13,8	13,8	5	44	44	24		
65	13	2,4	19	19	5	28	28	11	88	88	48	13	2,4	19	19	5	27,5	27,5	11	88	88	48		
66	27	4,2	41	41	8	59	59	19	188	188	84	27	4,2	41	41	8	58,8	58,8	19	188	188	84		
67	14	1,56	22	22	3	31	31	7	100	100	31	14	1,56	22	22	3	31,3	31,3	7	100	100	31		
68	27	4,8	41	41	10	59	59	22	188	188	96	27	4,8	41	41	10	58,8	58,8	22	188	188	96		
69	14	1,2	22	22	2	31	31	5	100	100	24	14	1,2	22	22	2	31,3	31,3	5	100	100	24		
70	0	3,6	0	0	7	0	0	16	0	0	72	0	3,6	0	0	7	0	0	16	0	0	72		
71	6	0	10	10	0	14	14	0	44	44	0	37	6	57	57	12	81,3	81,3	27	260	260	120		
72	6	0</																						

Da mesma forma, pela Tabela 39, as colheitas estariam encerradas no ano de 2016. O sistema viário contudo, deverá ter um horizonte de projeto maior, podendo atender aos transportes por 20 anos ou mais.

Com o número de viagens acumuladas, podem ser apresentados fluxogramas de tráfego para as viagens carregadas e vazias. Esses fluxogramas mostram a importância das vias, as quais são diretamente proporcionais aos volumes de tráfego. As estradas principais, situadas mais perto da fábrica ou dos destinos, aparecem com linhas mais espessas, que representam um volume maior de veículos, no fluxograma. Com base na espessura das linhas do fluxograma pode-se definir onde deverão ter ser realizados os melhores projetos, que embora tenham maiores custos de construção deverão ter menores custos de operação para os veículos.

4.2.5 Custo de Operação Total da Malha Viária

Os custos de operação, tanto para as composições carregadas como para as vazias, foram determinados para as diversas inclinações de rampas, no item 3.3.4 e foram apresentados nas Tabelas 19, 20, 21 e 22; estes valores foram utilizados na determinação dos caminhos mínimos considerando os custos de operação, conforme Tabela 32.

Para os estudos de viabilidade técnica-econômica do item a seguir, há necessidade de determinação dos custos de operação totais, considerando todas as viagens previstas com composições carregadas e vazias, por trecho. Estes custos poderão variar conforme as alternativas de perfil horizontal e vertical das vias, assim como com as condições de superfície. A soma destes custos com os custos de construção e conservação, que também variam com as características da via e com os próprios volumes de tráfego, deverá ser minimizada.

Para a otimização da construção do sistema viário, cada um dos trechos ou pelo menos os mais críticos, deverão ser estudados, considerando o total de viagens acumuladas que passam no trecho específico e os custos de operação no mesmo, variando as condições da via. No item seguinte, é

apresentado um exemplo, sendo estudado a construção do segmento entre os nós 26 até 29.

Para demonstrar a importância dos custos de operação calcula-se o valor do custo de operação total da malha viária em estudo. Para isso os custos de operação fornecidos nas Tabelas A3.8 e A3.9 devem ser multiplicados pelas viagens geradas (não as acumuladas), nos vários períodos de colheita considerados em cada um dos nós.

Para obter-se as viagens geradas em cada um dos nós, usam-se os dados da Tabela 34 (para as áreas plantadas em 1985) e as Tabelas A3.16 e A3.17 (para as áreas plantadas em 1995). Os valores destas tabelas, necessitam ser ajustados, pois antes da data de referência desta parte do trabalho (fevereiro de 2000), já tinham sido colhidas parte da madeira dos plantios de 1985.

Em fevereiro de 2000, já tinha sido realizado o primeiro desbaste e colhido 42,465 % do segundo desbaste, nas áreas plantadas em 1985.

Devem ser obtidas as viagens geradas para os demais desbastes e corte raso. Estas viagens podem ser obtidas utilizando, neste caso, os mesmos fatores usados no item anterior ou seja, 1,75 para se obter as viagens do terceiro desbaste; 2,5 para se obter as viagens do quarto desbaste e 8 para se obter as viagens do corte raso, tudo para os plantios de 1985. A seguir usam-se os fatores 2 para se obter as viagens do segundo desbaste; 4,5 para se obter as viagens do terceiro desbaste e 20 para se obter as viagens para o corte raso dos plantios efetuados de 1995.

Na Tabela A3.20 apresentam-se para os veículos carregados e vazios, os custos unitários pelos caminhos mínimos de cada um dos nós até a indústria e o número de viagens geradas em cada ano de colheita previsto.

Nas Tabelas A3.21 e A3.22 são apresentados para os veículos vazios e carregados, os custos totais conforme os nós de origem das viagens.

Para efeito de verificação, os mesmos valores totais obtidos nas Tabelas A3.21 e A3.22 podem ser calculados tomando as viagens acumuladas em cada tramo e multiplicando esses valores pelos custos de operação unitários, também, de cada tramo isolado.

Na Tabela 40 apresenta-se um resumo dos custos de operação totais obtidos para os veículos, carregados e vazios.

TABELA 40: RESUMO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO TOTAIS VEÍCULOS VAZIOS E CARREGADOS PARA TODA A MALHA VIÁRIA ESTUDADA

Veículos/Ano.	R\$ Agosto/2001										
	Custo de Operação Total										
	2000	2003	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2014	2015	2016
Vazios	6.255	118	9.513	9.513	237	13.590	13.590	535	43.488	43.488	2377
Carregados	10.359	194	15.755	15.755	388	22.507	22.507	874	72.023	72.023	3887
Total	16.614	313	25.268	25.268	626	36.097	36.097	1.409	115.511	115.511	6265

Fonte: Empresa do Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

Para comparar os valores dos custos de operação com os custos de construção, há necessidade de trasladá-los para o mesmo instante no tempo. Para isso há necessidade de fórmulas desenvolvidas na Matemática Financeira.

A fórmula usada é $VP = F/(1+i)^n$

Sendo: VP = Valor presente

F = Valor futuro

i = taxa de juros

n = número de períodos de tempo, decorridos entre a época para a qual se quer obter o valor presente e a ocorrência do valor futuro.

Para a taxa de juros deverá ser utilizada a TMA (taxa de mínima atratividade da empresa). Quanto maior o valor da TMA menor será o valor presente obtido.

Na Tabela 41 apresentam-se os valores presentes (ou atuais) correspondentes ao ano de 2000, ao variar a TMA da empresa entre 10% e 40% ao ano com capitalização anual.

Dependendo do valor da taxa de mínima atratividade, os valores dos custos de operação podem ser bastante superiores aos valores dos custos de construção, apresentados no Item 3.7.2.

Os valores dos custos de operação são comparados com os valores pagos pelo transporte, pela empresa. Nota-se, que qualquer redução percentual dos valores pode ser bastante significativa. Acredita-se que com a escolha correta

dos veículos e dos itinerários e com a construção adequada das vias, possam ser alcançadas reduções em torno de 20%.

TABELA 41: VALOR PRESENTE DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO TOTAIS EM 2000

TMA	R\$ de agosto de 2001											
	2000	2003	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2014	2015	2016	Total
10%	15104	235	17259	15690	321	15309	13917	494	30418	27653	1363	137763
15%	14448	206	14447	12563	236	10261	8923	303	16325	14196	670	92577
20%	13846	181	12186	10155	175	6996	5830	190	8997	7497	339	66391
25%	13292	160	10350	8280	131	4845	3876	121	5080	4064	176	50376
30%	12781	143	8847	6805	100	3404	2618	79	2934	2257	94	40061
35%	12307	127	7607	5635	77	2424	1795	52	1730	1281	51	33087
40%	11868	114	6578	4698	59	1747	1248	35	1040	743	29	28158

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

As distâncias de transporte existentes neste estudo de caso, são relativamente muito pequenas já que as fazendas estão do lado da fábrica; para outras fazendas da mesma empresa estes custos serão bem maiores. Deve-se considerar, também, que não foram computadas todas as viagens de transporte de toras (o primeiro desbaste e parte do segundo desbaste foram realizados antes do estudo) além disso, não são consideradas as viagens com outros propósitos.

4.2.6 Estudo de Viabilidade Técnica-Econômica de um Segmento Isolado

Durante as visitas à Empresa do Planalto Norte Catarinense, teve-se oportunidade de acompanhar a implantação de melhorias, num trecho da via número 5, da malha viária estudada, entre os nós 26 (T1), 27(U), 28(V) e 29 (X). Trata-se de trecho cujo terreno natural apresenta declividade elevada, havendo necessidade de definir para a implantação das melhorias uma inclinação menor da rampa.

As condições do perfil do terreno natural e da estrada existente são apresentadas na Tabela 42, onde ocorrem declividades de rampas superiores a 16%, o que é indesejável, mesmo tecnicamente, pela impossibilidade de ser usada por caminhões pesados.

TABELA 42: DADOS DO PERFIL DO TERRENO NATURAL
ESTRADA PRINCIPAL No.5 - PONTOS T1, U, V, X

Nós	Cota (m)	Distância (m)	Dist. Acum.(m)	Rampa Terr. %
26(T1)	820	-	-	-
	810	100	100	-10,00%
	800	60	160	-16,67%
	790	130	290	-7,69%
27(U)	785	90	380	-5,56%
28(V)	785	70	450	0,00%
29(X)	785	250	700	0,00%

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

Conhecendo-se os percursos mínimos em relação aos custos de operação e as áreas de influência, foram determinados o números de viagens carregadas e vazias passando pelos nós. Estes valores foram apresentados na Tabela 39. Observando-se o sentido de tráfego dos veículos obtêm-se os volumes de tráfego nos segmentos em estudos; estes valores são apresentados na Tabela 43. Observa-se que os volumes de tráfego são muito pequenos, atingindo um máximo de 612 viagens em 2015.

TABELA 43: NÚMERO DE VIAGENS ACUMULADAS DE VEÍCULOS CARREGADOS E VAZIOS PASSANDO NO TRECHO EM ESTUDO CONFORME ANOS DE COLHEITA

Ano/ Tramo	Número de Viagens (ida e volta) - Veículo Carregado e Vazio										
	2000*	2003	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2014	2015	2016
27-26	88	0	134	134	0	191	191	0	612	612	0
28-27	77	0	116	116	0	166	166	0	532	532	0
29-28	59	0	89	89	0	128	128	0	408	408	0

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

* Obs. São considerados só os volumes a serem transportados após janeiro de 2000.

Considera-se que os volumes de madeira a serem colhidos após o ano de 2016, quando o corte raso já terá sido efetuado em todos os talhões, não gerem mais benefícios econômicos, ou seja são considerados só os benefícios de uma rotação. Este aspecto se justifica pelo fato de que os valores monetários, que ocorrem após muitos anos (mais de 20 anos no caso), resultarem em valores muito pequenos quando trasladados para a época atual, quando é realizada a avaliação econômica.

São conhecidos, também, os custos de operação do veículo utilizado, na colheita de madeira, conforme as rampas. Estes custos considerando 1000 quilômetros de via foram apresentados na Tabela 19, (veículo carregado em rampa de declividade positiva) e na Tabela 22 (veículo vazio em rampa de declividade negativa).

Para a definição da melhor declividade das rampas, são alteradas as quantidades de volumes de corte e aterro. Em relação aos custos, para obter as declividades diferentes, consideram-se, neste caso, alterações nos custos de corte e carregamento de “chamote” para aterro, transporte, espalhamento de “chamote”, acerto e conformação do “chamote”.

Na Tabela 44 apresentam-se os custos unitários, necessários para variar a declividade da rampa no trecho estudado. O custo total para corte, carregamento, transporte e espalhamento do material local usado “chamote”, foi de R\$ 2,80 por m³.

TABELA 44: CUSTOS UNITÁRIOS DOS SERVIÇOS PARA ALTERAÇÃO DO GREIDE ENTRE OS NÓS 26 E 29.

Serviços	Equipamento	Custo Unitário R\$	Unid.
Corte e Carregamento do Chamote p/aterro	PC	0,75	m ³
Transporte	C.Basculantes	1,50	m ³
Espalhamento Chamote	Trator Esteira	0,55	m ³
Custo Total por m ³ = R\$		2,80	

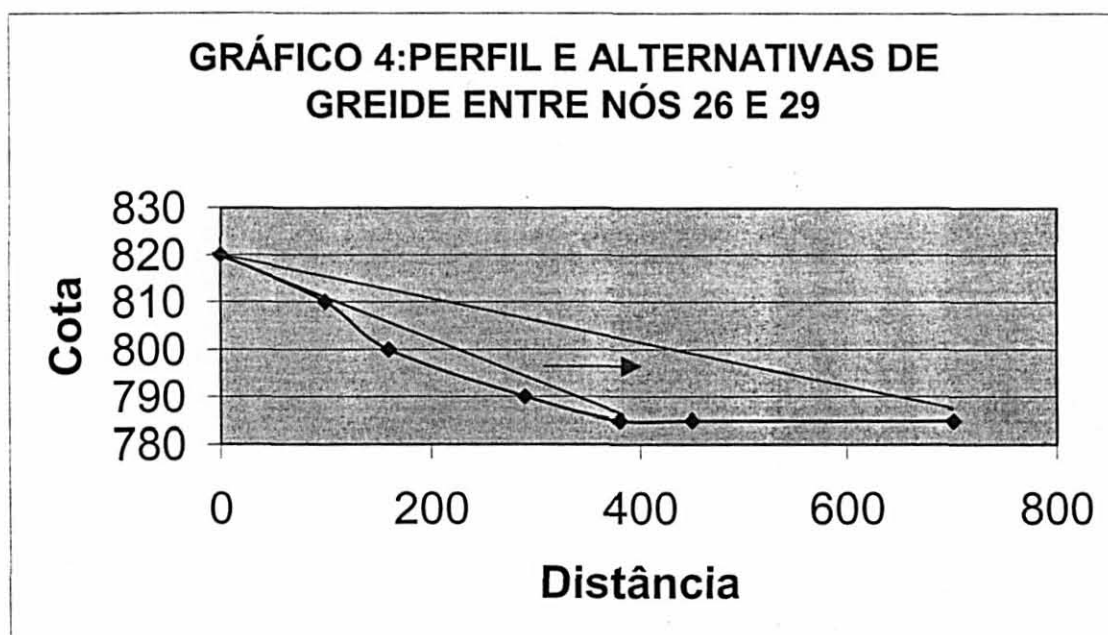
Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense -Pesquisa de Campo
Obs. - m³ medidos no aterro.

É importante definir se os valores pagos referem-se aos volumes medidos no corte, no transporte ou no aterro final. Deve-se observar que muitos materiais, aumentam de volume após sua retirada do corte (fenômeno chamado de empolamento), nestes casos o volume transportado é maior que o volume de corte, que por sua vez pode ser também, maior do que o volume obtido no aterro após a devida compactação. Em muitos casos o peso específico compactado é maior que o peso específico natural (obtido no corte) que por sua vez é maior que o peso específico solto (que ocorre no transporte).

Neste caso, os valores apresentados referem-se ao material devidamente compactado, já nos aterros.

No Gráfico 4, a seguir, apresenta-se o perfil do terreno natural, do trecho estudado e as possibilidades de variação da declividade da rampa estudada.

Observando-se o perfil do terreno natural, são propostas diversas alternativas de perfil, a serem estudadas, como as apresentadas na Tabela 45.



Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de campo

TABELA 45: ALTERNATIVAS DE PERFIL PARA TRECHO DA ESTRADA PRINCIPAL No. 5 ENTRE NÓS 26 (T1) E 29 (X).

Nós/ Pontos	Cota	Dist	Alternativas de Inclinações de Rampas em %									
			a=(TN)	b	c	d	e	f	g	h	i	j
26(T1)	820	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	810	100	-10,0%	-12,5%	-10,3%	-9,2%	-10,0%	-10,0%	-10,0%	-10,0%	-10,0%	-5,0%
	800	60	-16,7%	-12,5%	-10,3%	-9,2%	-10,5%	-10,0%	-10,0%	-7,1%	-4,2%	-5,0%
	790	130	-7,7%	-7,7%	-10,3%	-9,2%	-10,5%	-10,0%	-6,6%	-7,1%	-4,2%	-5,0%
27(U)	785	90	-5,6%	-5,6%	-5,6%	-9,2%	-5,6%	-6,7%	-6,6%	-7,1%	-4,2%	-5,0%
28(V)	785	70	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-6,6%	-7,1%	-4,2%	-5,0%
29(X)	785	250	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	-4,2%	-5,0%

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

Deve-se observar, que caso fosse estudado um trecho maior da estrada, poderiam eventualmente, serem consideradas outras declividades de rampas ainda menores, havendo inclusive com o uso de cortes, alturas menores para os taludes. O estabelecimento de boas alternativas de greide depende muito da prática construtiva do engenheiro; as inclinações das rampas não podem ser maiores que as permitidas pelos fabricantes dos veículos (entorno de 12%) e os aterros muito altos apresentam custos proibitivos para as estradas florestais. A disponibilidade de material mais próximo, para os aterros, também, deve ser levada em conta. De preferência, considerando o sentido de movimento dos veículos carregados, as inclinações maiores devem ser as iniciais. Este último aspecto, no caso do exemplo, dado a conformação do terreno, não pode ser considerado.

Considerando a rampa com declividade de 12% como a máxima recomendada pelo fabricante do veículo, é eliminada a alternativa "a" (terreno natural) na Tabela 45.

Para o cálculo dos volumes dos aterros em cada uma das alternativas consideradas, costuma-se traçar as seções transversais, as quais são efetuadas, nos trechos em reta de 20 em 20 metros (ou de estaca em estaca); no caso de curvas com pequenos raios, são convenientes as seções transversais de 10 em 10 metros. Em terrenos montanhosos podem ser adotadas seções transversais mais próximas uma da outra.

Seria conveniente também, efetuar um estudo topográfico para uma definição mais precisa dos volumes de terraplenagem. Deve-se mencionar a existência de aparelhos topográficos, tipo "estação", que coletam os dados de campo e os passam automaticamente para computadores. Programas de computador, como o TOPOGRAPH, usado para o Estudo de Caso 1, permitem o desenho da planta e perfil do trecho e calculam automaticamente os volumes de terraplenagem a medida que o engenheiro lança no próprio computador, o greide desejado para a via.

Os volumes de aterro são calculados considerando as cotas do terreno natural e as cotas dos greides segundo cada uma das alternativas, nos pontos de

cota conhecidas. Inicialmente são calculadas as alturas dos taludes nestes pontos observando-se as diferenças de cotas acumuladas do terreno natural e as diferenças de cotas pelos greides de cada uma das alternativas. Os resultados destes cálculos são apresentados na Tabela A3.23.

Verifica-se que as alturas dos taludes (também chamadas de cotas vermelhas), apresentadas na Tabela A3.23, no caso das alternativas “h”, “i” e “j”, são muito grandes, exigindo aterros de grandes dimensões; o que dado ao tráfego reduzido não são em geral, viáveis economicamente para as estradas florestais.

Para o cálculo da área das seções transversais, considera-se que a inclinação dos taludes, para o material usado, “Chamote” seja de 1:1,5 ou seja 1 metro na vertical para cada metro e meio na horizontal.

A largura da plataforma nos trechos retos, com simples raspagem (sem aterro ou corte) é de 6 metros; no trecho estudado, em aterro e com curvas horizontais, tendo em vista a segurança, estas larguras são aumentadas para 7 metros, para os taludes de até 5 metros de altura e para 8 metros no caso de taludes entre 5 e 8 metros. Neste caso, considerando as larguras adicionais e as baixas velocidades dos veículos pesados nas rampas foi desconsiderada a construção de superelevação e os possíveis volumes adicionais devido à mesma nos trechos em curva horizontal

Considerando as larguras das plataformas, as inclinações dos taludes e as alturas dos aterros (ou cortes) obtêm-se as larguras das bases e as áreas aproximadas das seções transversais. Com o levantamento topográfico das seções transversais são efetuados cálculos mais exatos das áreas das seções transversais.

Os resultados destes cálculos são apresentados na Tabela A3.24. Verifica-se nesta tabela que algumas seções transversais apresentaram áreas superiores a 113 m² no caso da alternativa “g”.

Observa-se, também, que tendo em vista a altura dos taludes, poderá ser conveniente a construção de proteção lateral (guardrail). O levantamento topográfico das seções transversais definirá se as proteções devem ser executadas em ambos os lados da plataforma, em aterro. Esta proteção, pode

reduzir a gravidade de acidentes e é recomendável sempre que a altura dos taludes de aterro forem maiores do que 2 metros. Poderão ser usadas barras metálicas, trilhos ou possivelmente toras de madeira resistente ligadas a estacas, com pequeno espaçamento entre elas.

Para o cálculo dos volumes de terraplanagem, multiplica-se a média aritmética das seções adjacentes pela distância entre elas. Os volumes de terraplanagem são apresentados na Tabela 46. Nota-se que para as alternativas "f" e "g" estes volumes ultrapassam os 20.000 m³.

TABELA 46: VOLUMES DE ATERROS CONFORME AS ALTERNATIVAS DE GREIDE

Nós/ Pontos	Distância (m)	Volumes Parciais de Aterro (m ³)					
		b	c	d	e	f	g
26(T1)	-	-	-	-	-	-	-
	100	-127,67*	362,81	0,00	0,00	0,00	0,00
	60	1187,26	2727,03	1546,44	1560,00	1680,00	2843,14
	130	2738,36	8203,91	3350,62	3932,50	9428,18	13539,45
27(U)	90	0,00	1915,61	0,00	382,50	7081,70	8605,22
28(V)	70	0,00	0,00	0,00	0,00	2391,28	2719,47
29(X)	250	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Total:		3925,62*	13209,36	4897,06	5875,00	20581,16	27707,27

Fonte: Empresa do Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

Obs: *Excluídos 127,67m³ correspondente a corte.

Tendo em vista que os custos de construção da Tabela 44, referem-se aos volumes finais em aterro, os custos de construção de cada alternativa, para a parte referente a terraplanagem são dados pelos volumes multiplicados pelo custo unitário apresentado na tabela citada, sem a necessidade de ajustes. Os resultados são apresentados na Tabela 47.

TABELA 47: CUSTOS DE CONSTRUÇÃO DE TERRAPLENAGEM

R\$ de agosto de 1999

Alternativa	b	c	d	e	f	g
Custo Implantação Terr.	R\$ 10.992	R\$ 36.986	R\$ 13.712	R\$ 16.450	R\$ 57.627	R\$ 77.580

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

A alternativa mais econômica é a "b" (R\$ 10.992), seguindo-se a "d" (R\$ 13.712) e a alternativa "e" (R\$ 16.450).

Os custos de operação dos veículos carregados e vazios unitários (dados em 1.000 km), para as inclinações das rampas consideradas nas alternativas, obtidos das Tabelas 19 (veículo carregado, rampa positiva) e 22 (veículo vazio, rampa negativa), são apresentados na Tabela 48. Dependendo da inclinação da rampa considerada, estes custos podem variar de R\$ 3,50 a R\$ 10,10 por quilômetro para viagem de ida e volta.

TABELA 48 : INCLINAÇÕES DE RAMPAS CONSIDERADAS E CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO CARREGADO E VAZIO

R\$ por 1000 km valores de 09/2001

Veículo Carregado		Veículo Vazio		Ida e Volta
Inclinação	Custo Oper.	Inclinação	Custo Oper.	Custo Oper.
10,53%	R\$ 8.300,00	-10,53%	R\$ 1.817,00	R\$ 10.117,00
10,34%	R\$ 8.143,00	-10,34%	R\$ 1.794,00	R\$ 9.937,00
10,00%	R\$ 7.866,50	-10,00%	R\$ 1.754,30	R\$ 9.620,80
9,21%	R\$ 7.240,00	-9,21%	R\$ 1.667,00	R\$ 8.907,00
7,14%	R\$ 5.706,00	-7,14%	R\$ 1.480,00	R\$ 7.186,00
6,67%	R\$ 5.380,00	-6,67%	R\$ 1.448,00	R\$ 6.828,00
6,55%	R\$ 5.297,50	-6,55%	R\$ 1.439,00	R\$ 6.736,50
5,56%	R\$ 4.642,00	-5,56%	R\$ 1.379,50	R\$ 6.021,50
0,00%	R\$ 1.868,70	0,00%	R\$ 1.617,10	R\$ 3.485,80

Fonte: Empresa do Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

Considerando em cada alternativa as inclinações de rampas com suas extensões e os custos de operação, calcula-se o custo de operação total por viagem de ida e volta para as alternativas, conforme Tabela 49. Nota-se que as variações dos custos de operação entre as alternativas propostas são pequenas, na casa dos centavos.

Na Tabela 50 são apresentados os custos de implantação da terraplenagem e os custos de operação unitários para as alternativas. Comparando-se os resultados apresentados nesta tabela, verifica-se que as melhores alternativas são a "b" e "f", por apresentarem menores custos de construção ou de operação.

Considerando as características físicas de cada uma destas alternativas e o número de viagens previstas nos segmentos apresenta-se nas Tabelas 51 e 52 o cálculo dos custos de operação totais para as alternativas "b" e "f".

TABELA 49 : CUSTOS DE OPERAÇÃO NO TRECHO, CONFORME ALTERNATIVAS PARA UMA VIAGEM (IDA E VOLTA)

R\$ de 09/2001

Alternativa	Inclinações	Extensão (m)	Custo Operação no Trecho	
			Parcial	Total
'b	10,34%	290	R\$ 2,88	
	5,56%	90	R\$ 0,54	
	0,00%	320	R\$ 1,12	R\$ 4,54
'c	9,21%	380	R\$ 3,38	
	0,00%	320	R\$ 1,12	R\$ 4,50
'd	10,00%	100	R\$ 0,96	
	10,53%	190	R\$ 1,92	
	5,56%	90	R\$ 0,54	
	0,00%	320	R\$ 1,12	R\$ 4,54
'e	10,00%	290	R\$ 2,79	
	6,67%	90	R\$ 0,61	
	0,00%	320	R\$ 1,12	R\$ 4,52
'f	10,00%	160	R\$ 1,54	
	6,55%	290	R\$ 1,95	
	0,00%	250	R\$ 0,87	R\$ 4,36
'g	10,00%	100	R\$ 0,96	
	7,14%	350	R\$ 2,52	
	0,00%	250	R\$ 0,87	R\$ 4,35

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

TABELA 50: RESUMO DOS CUSTOS DE IMPLANTAÇÃO DE TERRAPLENAGEM E OPERAÇÃO UNITÁRIA CONFORME A ALTERNATIVA

Alternativas	b	c	D	e	F	G
Custo Implantação Terr. (R\$ de agosto de 1999)	R\$ 10.992	R\$ 36.986	R\$ 13.712	R\$ 16.450	R\$ 57.627	R\$ 77.580
Custo Operação Unitário (R\$ de setembro de 2001)	R\$ 4,54	R\$ 4,50	R\$ 4,54	R\$ 4,52	R\$ 4,36	R\$ 4,35

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

TABELA 51 : CUSTOS DE OPERAÇÃO TOTAL PARA ALTERNATIVA "b"

R\$ 09/2001

Caract. Físicas	Ano	2000	2004	2005	2009	2010	2014	2015
Tramo 27-26	Viagens/ano	88	134	134	191	191	612	612
290m -10,34%	Custo Op.1 R\$	253,59	386,15	386,15	550,41	550,41	1.763,62	1.763,62
90m-5,56%	Custo Op.2 R\$	47,69	72,62	72,62	103,51	103,51	331,66	331,66
Tramo 28-27	Viagens/ano	77	116	116	166	166	532	532
70m-0%	Custo Op.3 R\$	18,79	28,30	28,30	40,50	40,50	129,81	129,81
Tramo 29-28	Viagens/ano	59	89	89	128	128	408	408
250m-0%	Custo Op.4 R\$	51,42	77,56	77,56	111,55	111,55	355,55	355,55
Custo Operação TOTAL R\$		371,49	564,63	564,63	805,97	805,97	2.580,65	2.580,65

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

TABELA 52 : CUSTOS DE OPERAÇÃO TOTAIS PARA ALTERNATIVA "f"

Caract.Físicas	Ano	R\$ de 09/2001						
		2000	2004	2005	2009	2010	2014	2015
Tramo 27-26	Viagens/ano	88	134	134	191	191	612	612
160m -10,00%	Custo Op.1 R\$	135,46	206,27	206,27	294,01	294,01	942,07	942,07
220m-6,55%	Custo Op.2 R\$	130,42	198,59	198,59	283,07	283,07	907,00	907,00
Tramo 28-27	Viagens/ano	77	116	116	166	166	532	532
70m-6,55%	Custo Op.3 R\$	36,31	54,70	54,70	78,28	78,28	250,87	250,87
Tramo 29-28	Viagens/ano	59	89	89	128	128	408	408
250m-0%	Custo Op.4 R\$	51,42	77,56	77,56	111,55	111,55	355,55	355,55
Custo Operação TOTAL R\$		353,60	537,12	537,12	766,90	766,90	2.455,49	2.455,49

Fonte: Empresa Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

Para a avaliação econômica, todos os valores devem ser trasladados para a mesma época. Como a construção seria realizada no início do ano 2000, todos os valores dos custos de operação são levados para esta época. Calcula-se portanto os valores presentes dos custos de operação (P), utilizando-se a fórmula, a seguir, já apresentada:

$$P = F/(1+TMA)^n$$

Os resultados obtidos, para taxas de juros de 10%, 20% e 30% ao ano com capitalização anual, são apresentados na Tabela 53. Verifica-se, que os custos de operação, neste exemplo, tendo em vista os baixos volumes anuais de tráfego, representam valores bem menores do que os custos de construção. Neste caso, a alternativa escolhida será a "b".

TABELA 53 : VALOR PRESENTE PARA DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO TOTAIS CONFORME A TAXA DE JUROS ADOTADA

Alternativa	R\$ de 09/2001		
	TMA=10%	TMA=20%	TMA=30%
B	R\$ 3.057,63	R\$ 1.525,56	R\$ 971,68
F	R\$ 2.909,32	R\$ 1.451,60	R\$ 924,61
Diferença (b-f)	R\$ 148,31	R\$ 73,96	R\$ 47,07

Fonte: Empresa do Planalto Norte Catarinense - Pesquisa de Campo

Observa-se que as áreas atendidas, pelo trecho estudado são relativamente pequenas gerando um volume de tráfego reduzido; nestes casos os aspectos técnicos são os mais relevantes. A rodovia deverá atender as exigências

técnicas, em termos da possibilidade de operação dos veículos (capacidade de subida em rampas); com os menores custos de construção possíveis para a via.

Normalmente tanto os custos de construção como os de operação são trasladados para uma mesma época, considerando as taxas de inflação. Os custos de construção referem-se a valores de agosto de 1999 e os custos de operação a valores que correspondem à setembro de 2001. Portanto os custos de construção atualizados de agosto de 1999 para setembro de 2001 seriam maiores do que os valores apresentados nas tabelas.

Caso os resultados fossem próximos poderia haver necessidade de um estudo de sensibilidade, verificando com maior precisão os volumes calculados e os custos atribuídos tanto para os aspectos construtivos, como para os aspectos operacionais. Considerando que a extensão do trecho permanece constante em todas as alternativas, os custos de revestimento primário podem ser considerados equivalentes podendo ser desprezados. Da mesma forma, os custos de conservação podem ser desprezados, tendo em vista a pequena extensão do trecho considerado e a semelhança das alternativas.

4.3 RESULTADOS DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO CONSIDERANDO A VARIAÇÃO DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DAS ESTRADAS, TIPOS DE VEÍCULOS E CONDIÇÕES DE CARGA

Considerando os aspectos metodológicos foram calculados os custos de operação para caminhões utilizados no transporte florestal:

Os dados utilizados correspondem às características dos veículos, carga e condições das vias definidos no Item 3.2.

Considerando as possibilidades de melhoria do traçado das vias, são apresentadas as tabelas com as variações dos custos de operação para cada um dos veículos, variando o "IRI – Índice Internacional de Rugosidade", a Rampa Positiva, a Rampa Negativa e a Curvatura Horizontal.

Apresenta-se também para cada um dos tipos de veículos considerados, a variação do Custo de Operação ao variar ao mesmo tempo, o IRI

e a rampa positiva. Esta condição ocorre quando é melhorada a condição da superfície da via, através de patrolamento ou pavimentação e, ao mesmo tempo, através de terraplanagem, são reduzidas as inclinações das rampas.

Conhecendo-se os veículos a serem usados, com estas tabelas encontra-se os Custos de Operação em diferentes condições da via. Com os Custos de Construção e Conservação é escolhida a melhor alternativa em termos de minimização do Custo Total, conforme apresentado no item 3.6 (Estudo de Casos).

Os valores dos custos de operação são também utilizados para encontrar comprimentos de via equivalentes ou seja, é estudado se um traçado de maior extensão com rampas menores é melhor ou pior que outro traçado menor, de rampas mais acentuadas, para determinado tipo de veículo.

Considerando as cargas transportadas pelos veículos, calculou-se o custo unitário por tonelada transportada em cada caso, podendo-se comparar os veículos entre si.

Foram elaboradas as Tabelas 54 até 70 com os resultados obtidos para os cálculos dos Custos de Operação para os veículos de transporte florestal considerados.

Na Tabela 54 e Gráfico 5 correspondente apresenta-se a variação dos custos de operação dos veículos considerando a variação do IRI (Índice de Irregularidade Internacional) que reflete as condições de superfície da via.

O crescimento dos custos de operação, à medida que aumenta o valor do IRI, é de certa forma equivalente para todos os tipos de veículos considerados. Os maiores custos de operação são apresentados pelos veículos tipo Tri-trem, Rodotrem e Treminhão. Os menores custos de operação correspondem aos caminhões simples (4x2 e 6x2), seguidos pelo veículo tipo Carreta no. 1 e pelo Biminhão.

Observa-se neste caso, que o aumento dos custos de operação dos veículos ao trafegarem numa via de pouca conservação (IRI superior a 15), em relação a uma via bem conservada (IRI menor que 5), é de cerca de 50% para todos os tipos de veículos.

Na Tabela 55 e Gráfico 6 correspondente têm-se a variação dos custos de operação por tonelada transportada pelos veículos considerados em relação a variação do IRI.

Constata-se que o caminhão simples 4x2 apresenta por tonelada custos muito maiores que os demais veículos. Neste caso, os veículos maiores levam ampla vantagem. Os menores custos operacionais por tonelada são apresentados pelos veículos do tipo Biminhão, Treminhão e Rodotrem aparecendo em seguida o Tri-trem e o Bi-trem. Entre as Carretas ou Caminhões Articulados com Semi-reboque a Carreta 2 constituída de um cavalo mecânico 4x2 e semi-reboque de 3 eixos apresenta custos de operação por tonelada menores que o custos apresentados pelas outras carretas.

Na Tabela 56 e Gráfico 7 correspondente observa-se a variação dos custos de operação dos veículos com a variação da inclinação das rampas positivas.

Os custos de operação dos veículos do tipo Treminhão e Tri-trem são bastante incrementados à medida que aumenta a inclinação das rampas. Todos os veículos tem custos de operação maiores à medida que a inclinação da rampa aumenta. Os veículos menores contudo, tem seus custos aumentados de forma linear enquanto que para os maiores o aumento é na forma exponencial.

Analisando-se a relação entre os valores obtidos encontra-se os comprimentos de vias equivalentes em termos dos custos de operação. Um veículo do tipo Tri-trem apresenta numa rampa de 5% o custo por km de R\$ 6,7369, enquanto que numa rampa de 10% este valor sobe para R\$ 12,4992 ou seja, tem um aumento de 85,5%. Portanto, para este veículo nas condições dadas: 1,0 quilômetro de via com 10% de rampa, equivale a 1,85 quilômetros se a via tivesse uma rampa de só 5%.

No Gráfico 8 e Tabela 57 constata-se que o custo de operação por tonelada, para os veículos menores, nas vias de pequena declividade, é bem maior que o custo dos veículos maiores. Já para as vias com declividades maiores, os custos dos veículos maiores tendem a aumentar rapidamente e principalmente no caso do veículo tipo Treminhão, os custos de operação por

tonelada, são bem maiores que no caso dos veículos menores. Constata-se para todos os demais tipos de veículos maiores que os ganhos, em relação aos veículos menores, no custo de operação por tonelada, tendem a ficar bem menores à medida que a inclinação da rampa aumenta; portanto, os veículos maiores podem não ser os mais indicados para trechos de rampas acentuadas.

Pela Tabela 58 e Gráfico 9 correspondente observa-se que os custos de operação tendem a ser menores nas rampas negativas de pequena inclinação, à medida que a inclinação da rampa negativa cresce, os custos de operação aumentam bastante, sobretudo para os veículos maiores como os do tipo Tri-trem, Rodotrem e Treminhão.

Para rampas de descida muito acentuadas, os veículos maiores por questões de segurança devem manter velocidades menores, esta velocidade pode inclusive ser menor que a velocidade de subida de mesma inclinação. Este fato conduz a aumentos consideráveis nos custos de operação para os veículos maiores nas descidas muito inclinadas.

Observa-se na Tabela 59, que as variações nos custos de operação devido ao aumento dos graus de curvatura por quilômetro das curvas horizontais não são tão expressivas como no caso das rampas. No caso do Treminhão os valores não obedecem a uma lógica pré-estabelecida, aumentando e depois diminuindo; este fato se deve às velocidades calculadas pelo programa em cada caso. Para maior curvatura, o programa adota velocidades menores, o que influi na redução dos custos de operação deste tipo de veículo. No caso do Treminhão, a velocidade sem curvatura horizontal foi calculada com o programa VOC que utiliza a metodologia do HDM III em 52 km/h sendo que a velocidade no caso da curvatura horizontal máxima resultou em 38 km/h.

As Tabelas 60 até 69 apresentam as variações dos custos de operação para cada um dos tipos de veículos, considerando-se alterações ao mesmo tempo do IRI e da inclinação da rampa de subida. Estas tabelas permitem analisar os custos de operação variando ao mesmo tempo estes dois aspectos.

As variações dos custos de operação de uma condição de via para outra, em termos das variações simultâneas do IRI e da inclinação da rampa de

subida são bastante elevadas, sobretudo para os veículos maiores e representam ganhos que serão obtidos quando for melhorada a superfície da via e reduzida a inclinação da rampa.

No caso do veículo Tri-trem, Tabela 68, o custo de operação numa rampa de inclinação positiva de 12,9% e com IRI de 14,9 é de R\$ 19,697 por quilômetro. Este valor cai para R\$ 6,368 caso a estrada possa ser melhorada reduzindo-se a inclinação da rampa de subida para 4,3% e melhorando também a superfície da via para um IRI de 4,6. Estes valores indicam que 1 quilômetro de via na primeira situação equivale em termos de custos de operação, para este tipo de veículo, a 3,1 quilômetros.

Considera-se que caso a estrada fosse melhorada, reduzindo-se a inclinação da rampa e o IRI para os valores citados, haveria uma economia de R\$ 13,329 por quilômetro, para cada passagem deste tipo de veículo. Se esta estrada fosse importante, situando-se nas proximidades de uma indústria, por exemplo, e nela ocorressem 50 passagens deste tipo de veículo por dia a economia seria de R\$ 666,45 por quilômetro, por dia ou de R\$ 243.254,00 por ano. Este valor corresponde ao custo de uma excelente estrada inclusive com pavimento definitivo. Com estes cálculos verifica-se que as empresas florestais estariam gastando a mais valores monetários consideráveis em seus transportes.

Para a escolha do melhor tipo de veículo a ser utilizado, além dos custos de operação, há necessidade de dimensionar a frota necessária, como apresentado no item 3.2. O dimensionamento da frota depende do volume de carga a ser transportado em cada viagem e dos tempos de viagem. O tempo total de viagem, além dos tempos de carga e descarga, deverá considerar as velocidades alcançadas pelos veículos. Desta forma na Tabela 70 e Gráfico 10 correspondente, apresentam-se as velocidades dos vários tipos de veículos, conforme a variação da inclinação das rampas positivas.

Pela Tabela 70 ou pelo Gráfico 10, constata-se que os caminhões menores tendem a manter as maiores velocidades nas rampas. As velocidades dos veículos tipo Treminhão e Biminhão apesar de serem altas nas rampas leves tendem a cair bastante à medida que cresce a inclinação da rampa. Nas maiores

inclinações as menores velocidades são apresentadas pelos veículos dos tipos Biminhão, Rodotrem e Tri-trem.

As maiores velocidades são sempre do caminhão simples tipo 4x2 que pode manter uma velocidade de mais de 30 km/h numa inclinação de rampa em subida de 10%, enquanto nas mesmas condições as velocidades dos caminhões tipos biminhão e rodotrem não passam de 12 km/h.

As velocidades médias de operação dos veículos mais pesados resultam bastante baixas mesmo nas pequenas inclinações das rampas tendo em vista o peso total dos mesmos.

Observa-se que todos os gráficos e tabelas foram desenvolvidos considerando-se os veículos carregados, com o peso máximo utilizados na prática e constantes da Tabela 8 do item 3.2. Quando os valores ultrapassarem os definidos pela Lei da Balança haverá necessidade de permissão especial para que os veículos possam trafegar em estradas públicas. É aconselhável sempre que possível calcular os custos de operação atribuindo aos veículos, velocidades que tenham sido medidas na prática, de forma a obter resultados mais precisos.

Para uma discussão mais aprofundada dos resultados, os mesmos são comparados com outros estudos semelhantes realizados. Um trabalho bastante profundo sobre os custos operacionais dos caminhões especificamente em estradas florestais, é apresentado por MACHADO (1989).

Na Tabela 71 apresentam-se os valores de custos de operação por tonelada dos caminhões obtidos por MACHADO (1989) atualizados para setembro de 2000 ao lado dos valores destes mesmos custos obtidos para os mesmos veículos pela metodologia do HDM III (Tabela 55).

Comparando os valores da Tabela 71 verifica-se que os resultados são próximos, a menos do caso do veículo caminhão 6x2 para as classes de estradas 12 e 13 que apresentam uma discrepância maior. Verifica-se que existe uma certa correlação, entre as classes de estradas definidas por MACHADO (1989) e o valor do IRI. Considera-se, contudo, que este tipo de correlação não é adequado, pois o IRI depende muito da conservação da via e, a mesma via pode apresentar valores de IRI diferentes, conforme as condições de sua superfície. Além disso a

classificação das vias pelo SIBRACEF (Sistema Brasileiro de Classificação de Estradas Florestais), leva em conta o rendimento em termos do consumo de combustíveis do veículo, o que é bastante afetado pelas inclinações das rampas.

Para evitar possíveis erros de atualização, pode-se analisar, também, a variação relativa entre os valores obtidos.

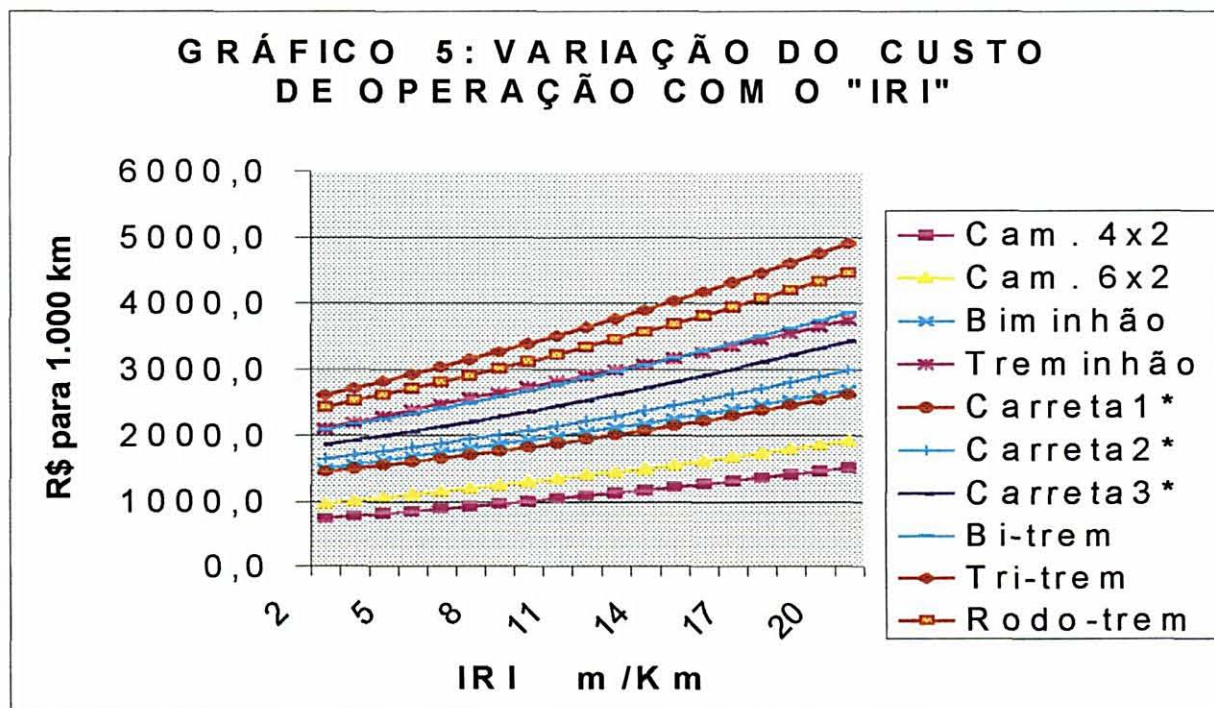
Pela Tabela 71 verifica-se que o veículo tipo caminhão 6x2 sempre apresenta um maior custo por tonelada transportada, qualquer que seja a classe da estrada, embora só o mesmo tenha condições de trafegar nas estradas piores (classes 11, 12 e 13). O veículo do tipo "rodotrem" que só trafega nas estradas melhores (classes 1, 2, 3 e 4) seria o de menor custo por tonelada transportada. O veículo do tipo "bi-trem" seria o mais econômico para as estradas das classes 5, 6, 7, 8, 9, e 10, enquanto que o veículo tipo "treminhão" não seria indicado, se for levado em conta somente o custo da tonelada transportada, para nenhuma das classes de estradas consideradas por MACHADO(1989).

Observando a Tabela 57 ou o Gráfico 8 correspondente que representam a variação dos custos de operação com a variação da inclinação das rampas positivas, chega-se a mesma conclusão em relação ao "treminhão", verificando-se que o mesmo só seria adequado para baixas inclinações de rampas, possivelmente dado a grande perda de velocidade nas rampas de maior inclinação, como se pode verificar na Tabela 70 ou Gráfico 10.

TABELA 54 : VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO COM A VARIAÇÃO DO IRI (M/KM)
Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Veic/IRI	Cam. 4x2	Cam. 6x2	Bimi-nhão	Tremi-nhão	Carreta 1*	Carreta 2*	Carreta 3*	Bi-trem	Tri-trem	Rodo-trem
2	753,9	987,2	1505,9	2118,0	1464,9	1660,5	1868,7	2105,3	2620,2	2444,3
3	790,3	1031,2	1569,1	2212,4	1513,7	1717,9	1937,2	2183,6	2726,1	2537,1
4	826,4	1075,1	1631,8	2305,4	1562,7	1775,4	2006,0	2262,4	2832,4	2630,4
5	862,6	1119,4	1694,0	2396,6	1612,3	1833,7	2075,6	2342,0	2939,8	2724,7
6	899,3	1164,3	1755,8	2485,9	1663,1	1893,4	2146,6	2423,2	3049,1	2820,6
7	936,9	1210,0	1817,4	2573,3	1715,9	1955,0	2219,8	2506,6	3160,9	2918,7
8	975,4	1256,9	1879,1	2659,2	1771,0	2019,1	2295,7	2592,9	3275,9	3019,8
9	1015,2	1305,3	1941,2	2744,3	1828,9	2086,2	2374,9	2682,6	3394,7	3124,2
10	1056,2	1355,2	2003,9	2829,3	1890,0	2156,5	2457,5	2776,0	3517,6	3232,3
11	1098,5	1406,7	2067,8	2914,9	1954,2	2230,2	2543,7	2873,0	3644,7	3344,2
12	1142,1	1460,0	2132,9	3001,5	2021,5	2307,1	2633,3	2973,7	3775,9	3459,9
13	1186,9	1514,8	2199,4	3089,7	2091,5	2386,8	2726,0	3077,7	3910,7	3578,9
14	1232,7	1571,0	2267,4	3179,6	2163,9	2469,1	2821,3	3184,5	4048,8	3701,1
15	1279,4	1628,5	2336,8	3271,4	2238,3	2553,6	2919,0	3293,8	4189,7	3825,8
16	1327,0	1687,2	2407,7	3365,0	2314,4	2639,8	3018,6	3405,1	4332,9	3952,9
17	1375,2	1746,8	2479,8	3460,3	2391,9	2727,6	3119,8	3518,2	4478,2	4081,8
18	1423,9	1807,2	2553,2	3557,4	2470,5	2816,6	3222,3	3632,7	4625,1	4212,4
19	1473,2	1868,4	2627,7	3656,0	2550,0	2906,6	3325,9	3748,3	4773,4	4344,4
20	1522,9	1930,1	2703,3	3756,2	2630,4	2997,4	3430,4	3865,0	4922,9	4477,5

Fonte: Pesquisa de Campo

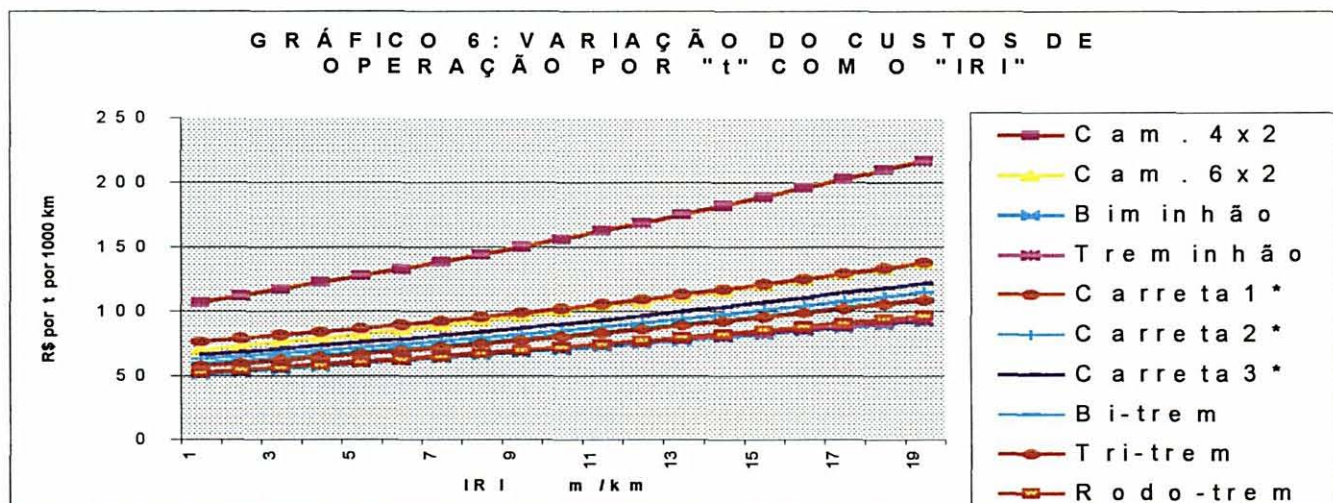


Fonte: Dados - Pesquisa de Campo, Metodologia - WORLD BANK (1994)

TABELA 55 : VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO POR TONELADA CONFORME TIPOS DE VEÍCULOS E IRI

		R\$ por tonelada e por 1000 Km 09/2000								
Veículo	Cam. 4x2	Cam. 6x2	Bimi-nhão	Tremi-nhão	Carreta 1*	Carreta 2*	Carreta 3*	Bi-trem	Tri-trem	Rodo-trem
Carga(t)	7	14	29	40	19	26	28	35	45	46
IRI										
2	107,7	70,5	51,9	53,0	77,1	63,9	66,7	60,2	58,2	53,1
3	112,9	73,7	54,1	55,3	79,7	66,1	69,2	62,4	60,6	55,2
4	118,1	76,8	56,3	57,6	82,2	68,3	71,6	64,6	62,9	57,2
5	123,2	80,0	58,4	59,9	84,9	70,5	74,1	66,9	65,3	59,2
6	128,5	83,2	60,5	62,1	87,5	72,8	76,7	69,2	67,8	61,3
7	133,8	86,4	62,7	64,3	90,3	75,2	79,3	71,6	70,2	63,5
8	139,3	89,8	64,8	66,5	93,2	77,7	82,0	74,1	72,8	65,6
9	145,0	93,2	66,9	68,6	96,3	80,2	84,8	76,6	75,4	67,9
10	150,9	96,8	69,1	70,7	99,5	82,9	87,8	79,3	78,2	70,3
11	156,9	100,5	71,3	72,9	102,9	85,8	90,8	82,1	81,0	72,7
12	163,2	104,3	73,5	75,0	106,4	88,7	94,0	85,0	83,9	75,2
13	169,6	108,2	75,8	77,2	110,1	91,8	97,4	87,9	86,9	77,8
14	176,1	112,2	78,2	79,5	113,9	95,0	100,8	91,0	90,0	80,5
15	182,8	116,3	80,6	81,8	117,8	98,2	104,3	94,1	93,1	83,2
16	189,6	120,5	83,0	84,1	121,8	101,5	107,8	97,3	96,3	85,9
17	196,5	124,8	85,5	86,5	125,9	104,9	111,4	100,5	99,5	88,7
18	203,4	129,1	88,0	88,9	130,0	108,3	115,1	103,8	102,8	91,6
19	210,5	133,5	90,6	91,4	134,2	111,8	118,8	107,1	106,1	94,4
20	217,6	137,9	93,2	93,9	138,4	115,3	122,5	110,4	109,4	97,3

Fonte: Pesquisa de Campo

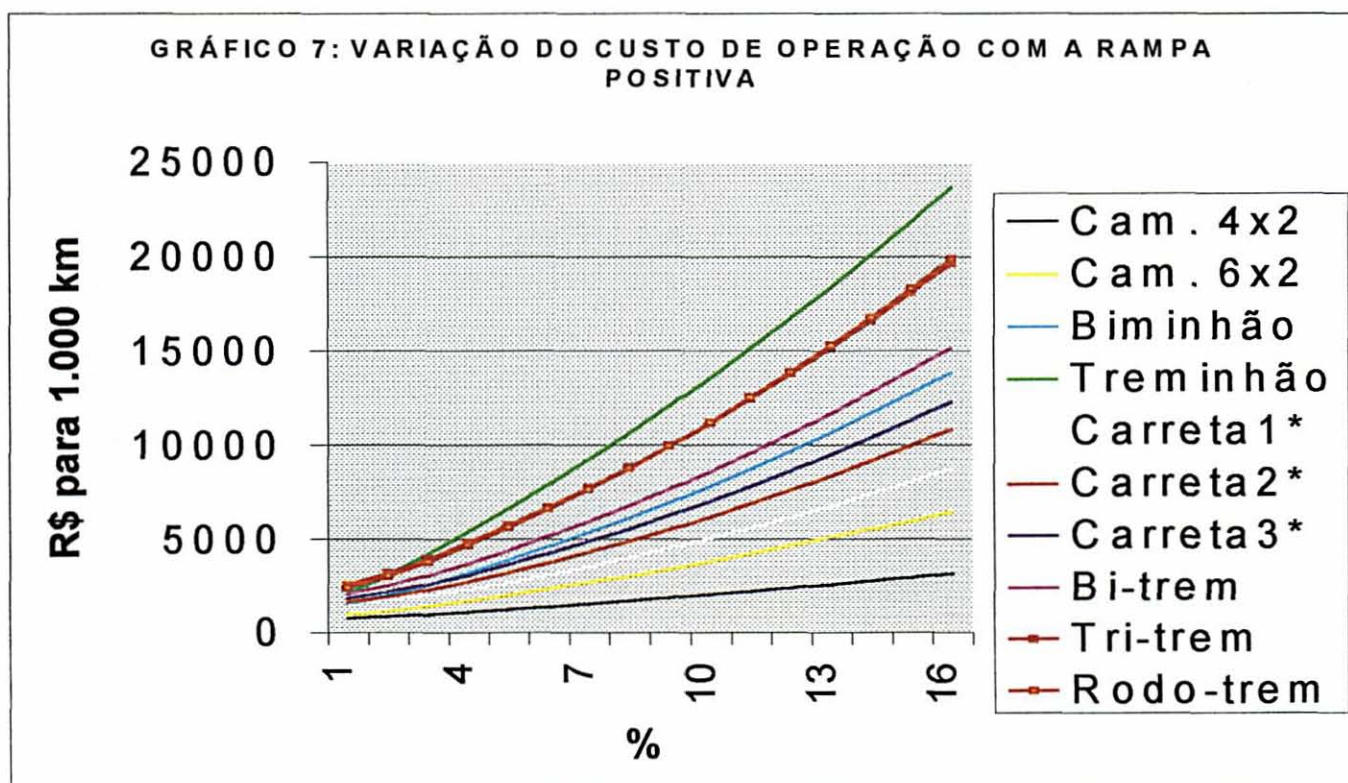


Fonte: Dados - Pesquisa de Campo, Metodologia - WORLD BANK (1994)

TABELA 56 : VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO COM A VARIAÇÃO DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000										
Veic/ (+%)	Cam. 4x2	Cam. 6x2	Bimi- nhão	Tremi- nhão	Carreta 1*	Carreta 2*	Carreta 3*	Bi-trem	Tri- trem	Rodo- trem
0	753,9	987,2	1505,9	2118,0	1464,9	1660,5	1868,7	2105,3	2620,2	2444,3
1	849,6	1200,7	2033,6	3113,9	1710,4	1976,2	2227,3	2564,5	3242,0	3087,0
2	961,1	1456,2	2627,9	4255,7	1998,3	2350,0	2653,4	3114,7	3990,8	3858,2
3	1086,6	1744,4	3265,9	5455,1	2328,1	2779,6	3143,9	3745,7	4837,1	4725,2
4	1224,2	2056,6	3943,1	6694,1	2698,1	3259,1	3692,0	4442,2	5756,1	5663,8
5	1371,6	2387,5	4658,7	7976,4	3105,1	3782,0	4289,1	5192,4	6736,9	6664,6
6	1527,2	2734,4	5412,4	9306,8	3545,6	4343,3	4928,9	5990,5	7775,8	7724,7
7	1689,5	3096,3	6204,0	10688,5	4016,7	4940,2	5607,7	6834,6	8871,7	8843,5
8	1857,8	3472,7	7033,5	12123,7	4516,6	5571,4	6323,9	7723,6	10024,2	10020,7
9	2031,6	3863,6	7900,9	13613,5	5044,2	6236,1	7076,9	8657,5	11233,4	11256,4
10	2210,6	4268,8	8806,2	15158,6	5598,8	6934,0	7866,5	9636,0	12499,2	12550,5
11	2394,7	4688,2	9749,4	16759,6	6180,3	7664,8	8692,5	10659,2	13821,7	13903,2
12	2583,9	5122,0	10730,6	18416,7	6788,2	8428,4	9555,0	11727,1	15201,0	15314,5
13	2777,9	5570,0	11749,8	20130,1	7422,6	9224,7	10453,8	12839,7	16637,2	16784,6
14	2976,8	6032,3	12807,1	21900,1	8083,4	10053,7	11389,0	13997,0	18130,4	18313,5
15	3180,6	6508,8	13902,5	23726,8	8770,4	10915,4	12360,7	15199,1	19680,7	19901,3

Fonte: Pesquisa de Campo

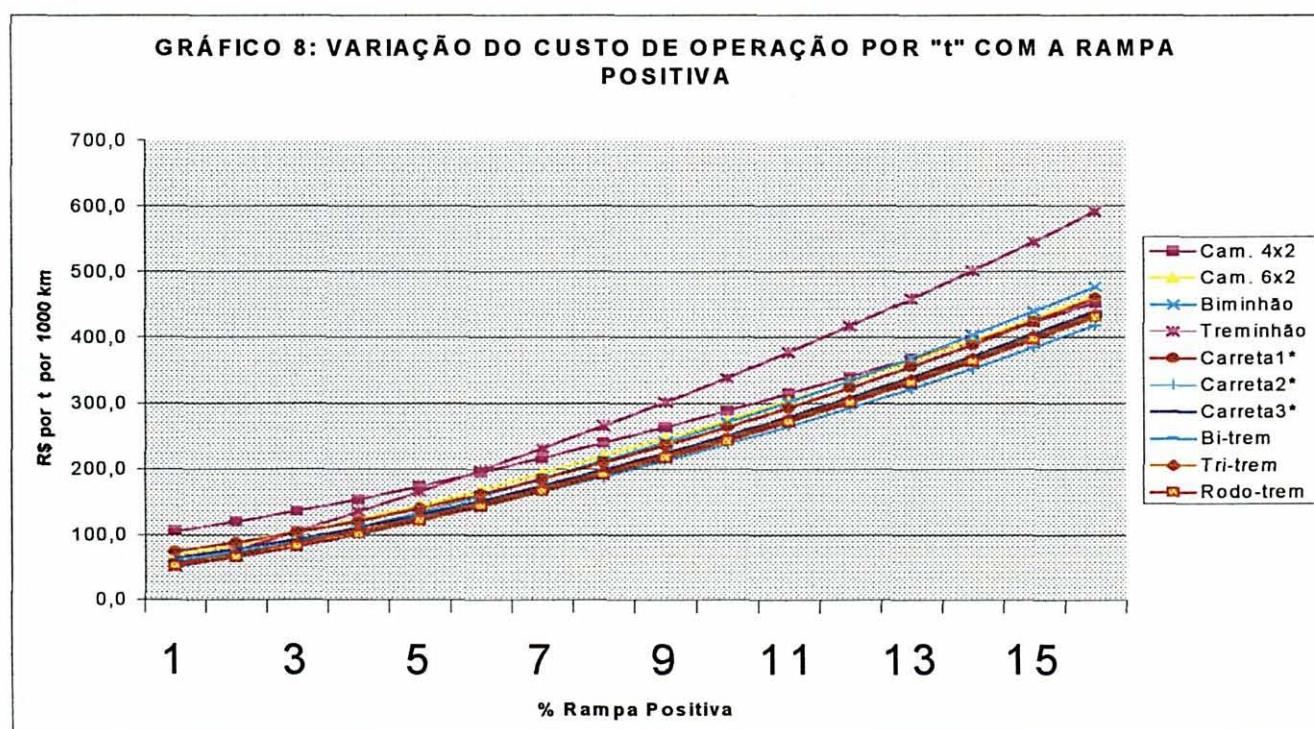


Fonte: Dados -Pesquisa de Campo, Metodologia - WORLD BANK (1994)

TABELA 57 : VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO POR TONELADA COM A VARIAÇÃO DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por tonelada por 1000 km R\$ 09/2000										
Veiculo	Cam. 4x2	Cam. 6x2	Bimi-nhão	Tremi-nhão	Carreta 1*	Carreta 2*	Carreta 3*	Bi-trem	Tri-trem	Rodo-trem
Carga(t)/ %	7	14	29	40	19	26	28	35	45	46
0	107,7	70,5	51,9	53,0	77,1	63,9	66,7	60,2	58,2	53,1
1	121,4	85,8	70,1	77,8	90,0	76,0	79,5	73,3	72,0	67,1
2	137,3	104,0	90,6	106,4	105,2	90,4	94,8	89,0	88,7	83,9
3	155,2	124,6	112,6	136,4	122,5	106,9	112,3	107,0	107,5	102,7
4	174,9	146,9	136,0	167,4	142,0	125,4	131,9	126,9	127,9	123,1
5	195,9	170,5	160,6	199,4	163,4	145,5	153,2	148,4	149,7	144,9
6	218,2	195,3	186,6	232,7	186,6	167,1	176,0	171,2	172,8	167,9
7	241,4	221,2	213,9	267,2	211,4	190,0	200,3	195,3	197,1	192,3
8	265,4	248,1	242,5	303,1	237,7	214,3	225,9	220,7	222,8	217,8
9	290,2	276,0	272,4	340,3	265,5	239,9	252,7	247,4	249,6	244,7
10	315,8	304,9	303,7	379,0	294,7	266,7	280,9	275,3	277,8	272,8
11	342,1	334,9	336,2	419,0	325,3	294,8	310,4	304,5	307,1	302,2
12	369,1	365,9	370,0	460,4	357,3	324,2	341,3	335,1	337,8	332,9
13	396,8	397,9	405,2	503,3	390,7	354,8	373,4	366,8	369,7	364,9
14	425,3	430,9	441,6	547,5	425,4	386,7	406,8	399,9	402,9	398,1
15	454,4	464,9	479,4	593,2	461,6	419,8	441,5	434,3	437,3	432,6

Fonte: Pesquisa de Campo



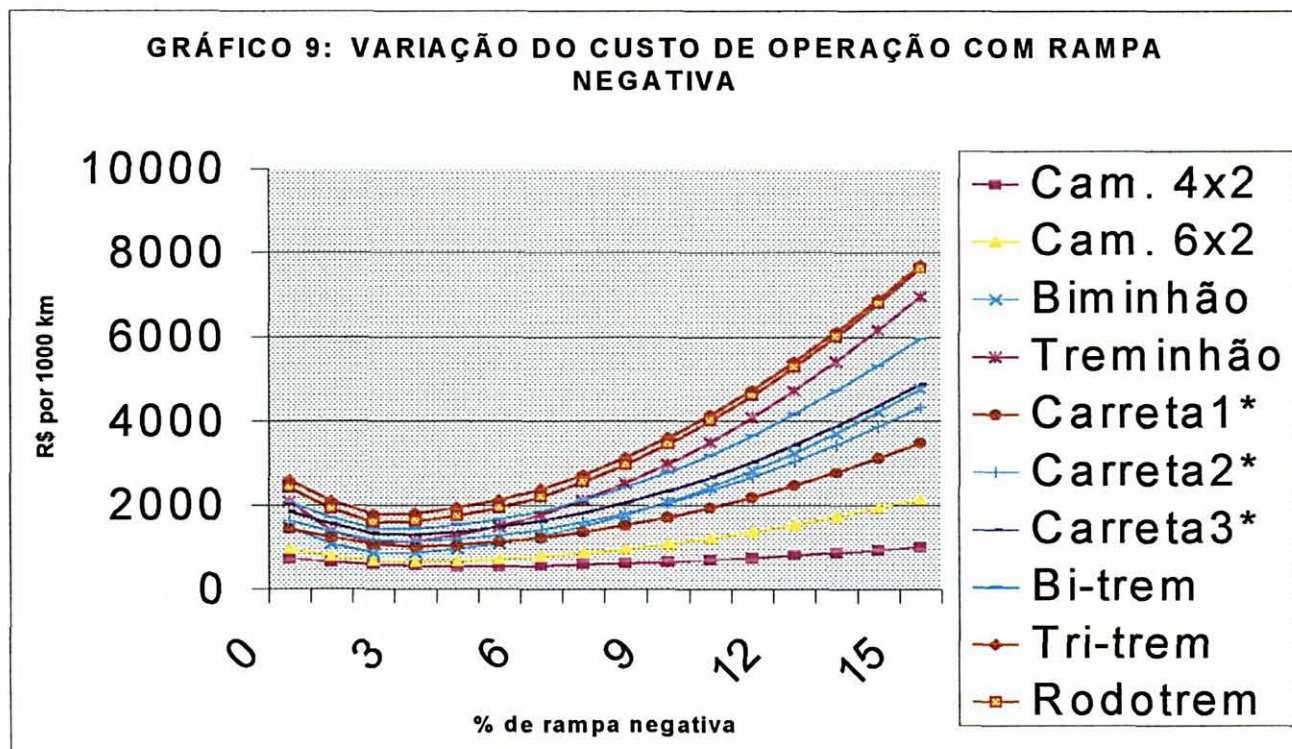
Fonte: Dados - Pesquisa de Campo, Metodologia - WORLD BANK (1994)

TABELA 58 :VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO COM A VARIAÇÃO DA RAMPA NEGATIVA (-%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Veic/ (-%)	Cam. 4x2	Cam. 6x2	Bimi- nhão	Tremi- nhão	Carreta 1*	Carreta 2*	Carreta 3*	Bi-trem	Tri- trem	Rodo- trem
0	753,9	987,2	1505,9	2118,0	1464,9	1660,5	1868,7	2105,3	2620,2	2444,3
1	674,7	822,4	1104,3	1414,8	1261,6	1402,8	1577,8	1738,8	2135,8	1944,0
2	613,4	715,2	900,2	1125,7	1099,3	1204,1	1358,0	1475,0	1811,6	1612,3
3	586,1	682,5	900,3	1169,4	1030,5	1148,9	1316,3	1462,4	1836,8	1642,0
4	572,9	693,8	979,8	1301,7	1068,3	1212,3	1388,8	1554,0	1957,2	1765,9
5	574,1	736,8	1110,2	1512,7	1145,6	1311,4	1500,1	1696,2	2146,5	1960,5
6	589,5	798,3	1291,5	1795,4	1250,6	1446,9	1652,2	1892,9	2410,5	2231,2
7	613,7	879,2	1519,8	2142,2	1384,3	1620,8	1846,9	2146,3	2750,0	2578,1
8	644,1	979,5	1791,6	2549,0	1547,5	1834,0	2085,5	2455,7	3160,6	2996,4
9	680,6	1098,6	2104,2	3013,9	1740,9	2086,3	2367,6	2818,2	3637,0	3481,1
10	723,5	1235,6	2456,4	3535,9	1964,6	2376,7	2692,2	3231,0	4175,1	4028,7
11	772,7	1389,7	2847,3	4114,8	2218,4	2703,6	3057,6	3691,9	4772,9	4637,2
12	828,0	1560,1	3276,6	4750,5	2501,5	3065,7	3462,4	4199,3	5428,9	5305,6
13	889,3	1746,1	3744,1	5442,9	2813,3	3462,2	3905,7	4752,6	6142,6	6033,2
14	956,4	1947,4	4249,8	6192,1	3153,1	3892,4	4386,6	5351,3	6913,6	6820,0
15	1029,0	2163,6	4793,5	6998,0	3520,3	4355,9	4904,8	5995,1	7741,9	7665,8

Fonte: Pesquisa de Campo



Fonte: Dados - Pesquisa de Campo, Metodologia WORLD BANK (1994)

TABELA 59 : VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO CONFORME A VARIAÇÃO DAS CURVAS HORIZONTAIS (GRAUS/KM)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Veic/ Grau	Cam. 4x2	Cam. 6x2	Bimi- nhão	Tremi- nhão	Carreta 1*	Carreta 2*	Carreta 3*	Bi-trem	Tri- trem	Rodo- trem
0	753,9	987,2	1505,9	2118,0	1464,9	1660,5	1868,7	2105,3	2620,2	2444,3
50	757,2	991,7	1509,8	2118,8	1471,1	1667,6	1876,9	2114,5	2631,5	2454,6
100	762,3	998,2	1513,8	2117,6	1479,9	1677,6	1888,1	2126,9	2646,5	2468,2
150	767,9	1005,3	1518,8	2117,8	1489,2	1688,2	1899,9	2140,1	2662,4	2482,7
200	773,6	1012,8	1524,8	2120,2	1498,4	1698,6	1911,7	2153,2	2678,3	2497,2
250	779,0	1020,3	1531,5	2124,5	1507,2	1708,7	1923,1	2166,1	2694,0	2511,5
300	784,3	1027,7	1539,0	2130,4	1515,6	1718,5	1934,3	2178,8	2709,6	2525,7
350	788,1	1032,0	1539,9	2127,6	1519,1	1722,1	1938,2	2182,9	2714,2	2529,9
400	791,7	1036,0	1541,0	2125,5	1522,2	1725,3	1941,6	2186,5	2718,2	2533,5
450	795,0	1039,6	1542,1	2123,9	1524,9	1728,1	1944,6	2189,6	2721,7	2536,6
500	798,0	1043,0	1543,3	2122,7	1527,3	1730,6	1947,3	2192,4	2724,8	2539,4
550	800,7	1046,2	1544,4	2121,8	1529,4	1732,8	1949,6	2194,9	2727,6	2542,0
600	803,3	1049,1	1545,5	2121,1	1531,3	1734,8	1951,8	2197,1	2730,1	2544,2
650	805,6	1051,8	1546,6	2120,6	1533,0	1736,6	1953,7	2199,1	2732,3	2546,2
700	807,8	1054,3	1547,6	2120,2	1534,5	1738,2	1955,4	2200,9	2734,3	2548,0
750	809,8	1056,6	1548,6	2119,9	1535,9	1739,6	1956,9	2202,5	2736,1	2549,7
800	811,6	1058,7	1549,6	2119,7	1537,2	1741,0	1958,4	2204,0	2737,8	2551,2
850	813,4	1060,7	1550,5	2119,6	1538,3	1742,2	1959,7	2205,4	2739,3	2552,6
900	815,0	1062,6	1551,4	2119,5	1539,4	1743,3	1960,8	2206,6	2740,7	2553,9
950	816,5	1064,4	1552,2	2119,4	1540,4	1744,3	1961,9	2207,8	2742,0	2555,0
1000	817,9	1066,0	1553,0	2119,4	1541,3	1745,3	1963,0	2208,8	2743,2	2556,1

Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA 60 VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 1 (CAMINHÃO 4X2) COM VARIAÇÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	753,88	847,02	942,32	1044,33	1154,79	1272,71	1396,01	1522,87
2,1	978,17	1073,30	1167,49	1265,21	1369,97	1482,65	1602,06	1726,52
4,3	1265,38	1363,20	1457,61	1552,09	1650,96	1757,07	1870,84	1991,32
6,4	1595,95	1697,64	1795,13	1890,62	1987,53	2089,50	2198,60	2315,23
8,6	1956,43	2063,09	2165,99	2266,51	2366,70	2469,56	2577,84	2693,15
10,7	2341,62	2454,22	2563,92	2671,83	2779,09	2887,67	2999,99	3118,19
12,9	2749,88	2869,35	2986,85	3103,51	3220,06	3337,74	3458,33	3583,82
15,0	3180,59	3307,84	3434,07	3560,54	3687,85	3816,82	3948,75	4085,27

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 61 VARIACÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 2 (CAMINHÃO 6X2) COM VARIACÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000								
Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	987,22	1100,39	1216,66	1340,73	1475,46	1620,23	1772,58	1930,11
2,1	1495,64	1615,40	1732,04	1849,12	1972,40	2105,55	2248,82	2400,75
4,3	2149,40	2278,22	2402,33	2522,73	2643,50	2769,87	2905,41	3051,32
6,4	2887,67	3028,63	3166,62	3301,49	3434,69	3569,52	3709,86	3858,87
8,6	3694,32	3850,22	4005,44	4159,90	4313,99	4469,21	4628,09	4793,64
10,7	4566,94	4740,57	4915,78	5092,88	5272,10	5454,24	5640,81	5833,99
12,9	5505,12	5699,34	5897,42	6100,04	6307,66	6520,95	6741,01	6969,51
15,0	6508,81	6726,54	6950,50	7181,73	7420,98	7669,08	7927,13	8196,60

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 62 VARIACÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 3 (BIMINHÃO) COM VARIACÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000								
Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	1505,87	1667,39	1826,25	1985,90	2151,73	2326,82	2511,13	2703,26
2,1	2716,55	2896,42	3072,36	3244,38	3414,35	3585,90	3762,81	3947,86
4,3	4143,67	4347,27	4551,07	4755,24	4960,05	5166,34	5375,71	5590,28
6,4	5747,04	5981,52	6219,83	6462,84	6711,14	6965,41	7226,59	7496,02
8,6	7524,53	7797,52	8078,14	8367,83	8667,70	8978,83	9302,44	9639,98
10,7	9476,05	9795,35	10126,55	10471,60	10832,15	11209,80	11606,29	12023,54
12,9	11601,92	11975,37	12365,57	12774,99	13205,82	13660,26	14140,66	14649,55
15,0	13902,47	14337,93	14795,61	15278,54	15789,49	16331,30	16906,98	17519,81

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 63 : VARIACÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 4 (TREMINHÃO) COM VARIACÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000								
Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	2118,03	2357,75	2585,64	2805,01	3026,56	3258,15	3501,71	3756,17
2,1	4424,40	4693,18	4938,76	5155,93	5351,88	5541,46	5738,32	5950,68
4,3	7055,83	7361,04	7655,90	7934,50	8194,49	8438,82	8674,87	8912,01
6,4	9892,52	10245,04	10597,61	10947,13	11291,12	11628,81	11961,82	12294,08
8,6	12968,30	13379,09	13798,15	14224,58	14657,38	15096,14	15541,44	15995,17
10,7	16296,44	16776,84	17273,26	17786,38	18316,69	18864,86	19432,10	20020,38
12,9	19881,88	20443,42	21029,04	21640,70	22280,15	22949,30	23650,44	24386,38
15,0	23726,81	24381,13	25068,22	25791,18	26552,97	27356,70	28205,88	29104,48

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 64 : VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 5 (CARRETA 1) COM VARIAÇÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	1464,95	1590,90	1723,57	1872,22	2041,22	2227,54	2425,42	2630,35
2,1	2042,85	2180,94	2323,98	2479,30	2652,35	2843,15	3047,99	3262,93
4,3	2810,80	2965,75	3123,80	3289,58	3468,80	3665,25	3878,72	4106,80
6,4	3743,92	3920,28	4099,76	4284,89	4479,68	4689,12	4916,56	5162,58
8,6	4814,73	5017,46	5225,08	5439,37	5662,73	5898,87	6152,04	6425,43
10,7	6011,42	6245,76	6487,65	6738,84	7001,18	7277,26	7570,53	7884,83
12,9	7330,40	7601,70	7883,74	8178,51	8487,91	8814,17	9160,11	9529,24
15,0	8770,41	9084,02	9412,06	9756,83	10120,52	10505,45	10914,35	11350,49

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 65 : VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 6 (CARRETA 2) COM VARIAÇÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	1660,54	1808,62	1963,95	2136,07	2329,58	2541,39	2765,57	2997,43
2,1	2408,07	2571,81	2740,14	2919,81	3116,59	3331,73	3562,36	3804,79
4,3	3404,36	3589,03	3776,59	3970,52	4175,59	4396,49	4635,17	4890,79
6,4	4594,82	4805,94	5021,12	5242,36	5472,31	5714,71	5973,52	6251,43
8,6	5947,14	6191,09	6441,72	6700,83	6970,31	7252,58	7550,83	7868,53
10,7	7452,66	7736,06	8029,53	8335,05	8654,54	8990,10	9344,30	9720,23
12,9	9108,99	9438,55	9782,16	10142,16	10520,75	10920,23	11343,18	11792,57
15,0	10915,36	11297,78	11698,84	12121,29	12567,73	13040,89	13543,69	14079,36

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 66 : VARIAÇÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 7 (CARRETA 3) COM VARIAÇÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	1868,75	2045,61	2230,49	2433,53	2659,47	2904,94	3163,56	3430,37
2,1	2719,63	2914,26	3113,67	3324,66	3553,44	3801,72	4066,71	4344,58
4,3	3857,91	4076,09	4296,74	4522,68	4759,17	5012,28	5284,89	5576,38
6,4	5215,15	5462,93	5714,59	5971,22	6235,17	6511,18	6804,79	7119,79
8,6	6749,73	7034,26	7325,93	7625,89	7935,41	8256,97	8594,68	8953,38
10,7	8452,80	8781,52	9121,41	9474,10	9841,04	10224,05	10625,90	11050,51
12,9	10323,16	10703,57	11099,79	11513,97	11948,09	12404,20	12884,84	13393,33
15,0	12360,72	12800,34	13260,99	13745,41	14256,15	14795,84	15367,38	15974,18

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 67 VARIACÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 8 (BI-TREM) COM VARIACÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	2105,29	2307,72	2518,77	2748,90	3003,11	3278,04	3567,08	3865,04
2,1	3200,26	3425,32	3654,47	3893,43	4148,56	4423,26	4716,29	5024,43
4,3	4651,38	4904,93	5161,36	5422,52	5691,91	5974,98	6276,44	6598,20
6,4	6346,72	6636,44	6931,84	7234,13	7544,81	7866,59	8203,57	8560,24
8,6	8251,78	8586,73	8931,42	9287,46	9656,33	10039,82	10440,50	10861,92
10,7	10362,31	10751,74	11155,74	11576,48	12015,95	12476,17	12959,56	13469,08
12,9	12678,00	13131,17	13604,52	14100,81	14622,64	15172,64	15753,70	16369,06
15,0	15199,08	15725,25	16278,01	16860,73	17476,68	18129,24	18822,00	19558,91

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 68 VARIACÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 9 (TRI-TREM) COM VARIACÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	2620,22	2893,62	3177,12	3482,08	3814,02	4169,39	4540,95	4922,90
2,1	4106,44	4409,69	4716,88	5032,59	5362,71	5712,10	6081,87	6470,12
4,3	6030,24	6368,96	6712,17	7061,64	7419,63	7789,58	8175,74	8581,86
6,4	8238,51	8623,22	9016,27	9419,41	9834,31	10262,92	10707,80	11172,23
8,6	10708,25	11150,73	11606,61	12078,11	12567,29	13076,27	13607,42	14163,56
10,7	13438,01	13950,13	14481,77	15035,70	15614,62	16221,25	16858,53	17529,69
12,9	16428,52	17022,19	17642,48	18292,87	18976,75	19697,64	20459,30	21265,79
15,0	19680,71	20367,79	21089,65	21850,50	22654,55	23506,22	24410,23	25371,65

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 69 VARIACÃO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO DO VEÍCULO 10 (RODOTREM) COM VARIACÃO DO IRI (M/KM) E DA RAMPA POSITIVA (+%)

Custo de Operação por 1000 km R\$ 09/2000

Ramp/IRI	2,0	4,6	7,1	9,7	12,3	14,9	17,4	20,0
0,0	2444,26	2684,17	2932,98	3201,00	3493,55	3807,87	4137,62	4477,51
2,1	3976,97	4247,36	4520,79	4800,88	5092,90	5402,01	5730,25	6076,57
4,3	5943,58	6250,23	6561,19	6877,89	7202,11	7536,83	7886,11	8253,93
6,4	8197,03	8551,03	8913,47	9286,04	9670,22	10067,75	10480,94	10912,87
8,6	10719,64	11133,12	11560,31	12003,43	12464,50	12945,57	13448,93	13977,28
10,7	13510,71	13995,90	14501,10	15029,15	15582,74	16164,63	16777,73	17425,29
12,9	16571,01	17140,12	17736,60	18363,97	19025,67	19725,28	20466,62	21253,81
15,0	19901,33	20566,60	21267,62	22008,69	22794,11	23628,38	24516,33	25463,14

Fonte: Pesquisa de campo

Obs.

Colunas : Rugosidade Média (IRI) m/km

Linhas : Rampa positiva média %

TABELA 70 VARIÇÃO DA VELOCIDADE DOS TIPOS DE VEÍCULOS COM A VARIÇÃO DA RAMPA POSITIVA

Veicul, Rampa %	Km/hora									
	1 Cam. 4x2	2 Cam. 6x2	3 Bimi- nhão	4 Tremi- nhão	5 Carreta 1	6 Carreta 2	7 Carreta 3	8 Bi-trem	9 Tri-trem	10 Rodo- trem
0	52	51	49	51	37	37	37	37	37	37
1	51	50	43	46	37	36	36	36	35	35
2	50	48	36	40	36	36	36	35	33	33
3	49	45	30	34	36	34	35	33	29	29
4	47	41	25	29	34	32	33	30	25	25
5	44	37	21	25	33	30	31	27	22	22
6	42	34	19	22	31	27	28	24	19	19
7	39	31	17	20	29	25	26	22	17	17
8	37	28	15	18	27	22	23	20	15	15
9	34	26	13	16	25	20	22	18	14	14
10	32	24	12	15	23	19	20	16	13	12
11	30	22	11	14	21	17	18	15	12	11
12	28	21	10	13	20	16	17	14	11	11
13	27	19	10	12	19	15	16	13	10	10
14	25	18	9	11	17	14	15	12	10	9
15	24	17	9	10	16	13	14	11	9	9

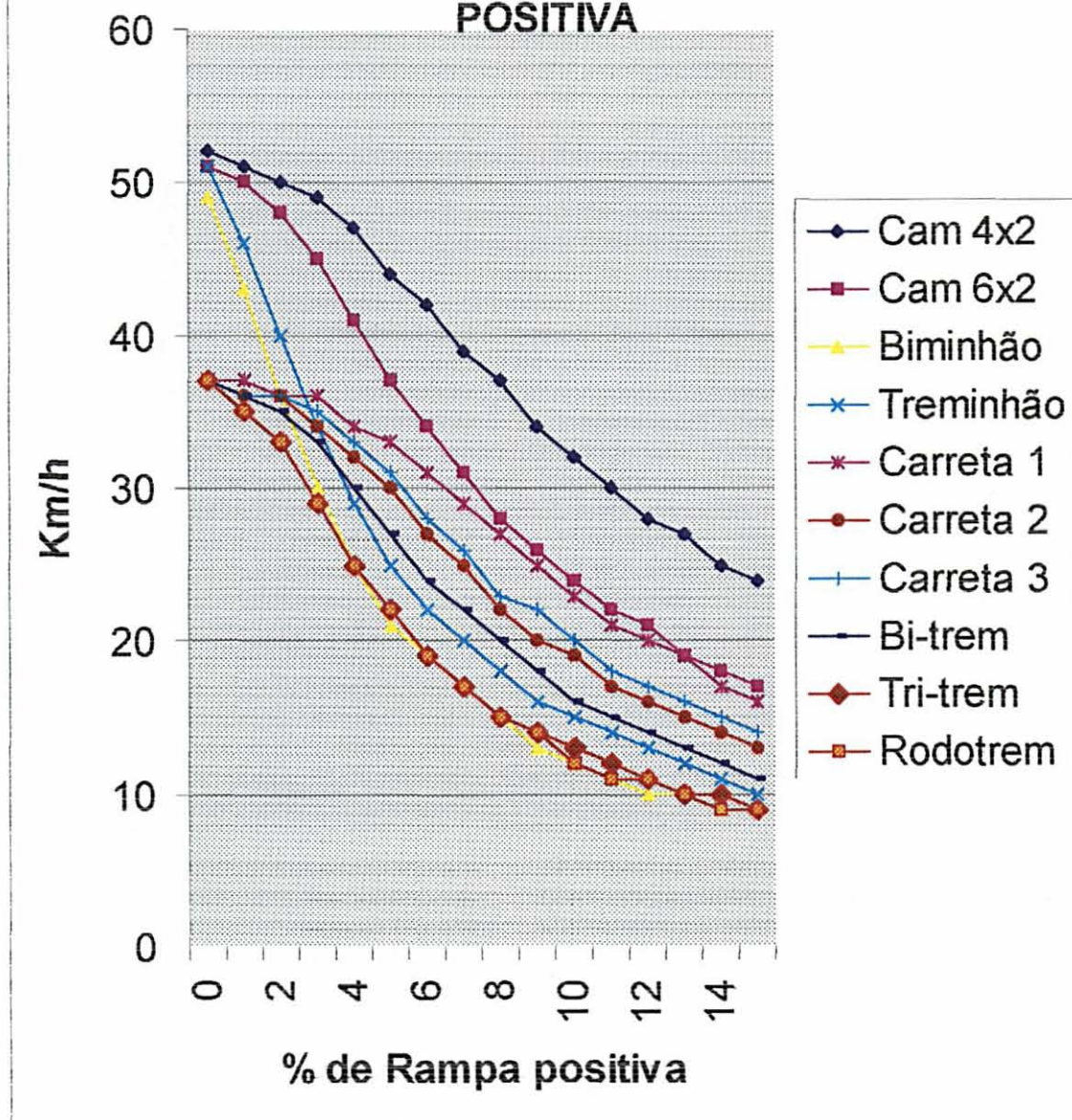
Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA 71 VALORES DOS CUSTOS DO OPERAÇÃO POR TONELADA SEGUNDO MACHADO (1989) E HDM III

Classes	IRI (m/Km)	R\$ 09/ 2000							
		Rodotrem		Treminhão		Biminhão		Caminhão (6x2)	
		MA- CHADO	HDM III	MA- CHADO	HDM III	MA- CHADO	HDM III	MA- CHADO	HDM III
1	2	43,95	53,1	65,34	53,0	54,00	51,9	71,05	70,5
2	3	46,80	55,2	66,45	55,3	55,05	54,1	76,10	73,7
3	4	49,86	57,2	67,48	57,6	55,99	56,3	80,87	76,8
4	5	53,87	59,2	68,81	59,9	58,26	58,4	84,77	80,0
5	6		61,3	70,95	62,1	59,03	60,5	93,84	83,2
6	7		63,5	73,74	64,3	62,64	62,7	103,80	86,4
7	8		65,6	77,62	66,5	64,53	64,8	111,14	89,8
8	9		67,9	83,74	68,6	69,36	66,9	124,03	93,2
9	10		70,3		70,7	76,71	69,1	142,21	96,8
10	11		72,7		72,9	87,87	71,3	169,01	100,5
11	12		75,2		75,0		73,5	217,44	104,3
12	13		77,8		77,2		75,8	309,11	108,2
13	14		80,5		79,5		78,2	437,02	112,2
	15		83,2		81,8		80,6		116,3
	16		85,9		84,1		83,0		120,5
	17		88,7		86,5		85,5		124,8
	18		91,6		88,9		88,0		129,1
	19		94,4		91,4		90,6		133,5
	20		97,3		93,9		93,2		137,9

Fonte: MACHADO (1989) atualizada para 09/2000 e Pesquisa de Campo com Metodologia HDM III

**GRÁFICO 10: VARIAÇÃO DA VELOCIDADE
DOS VEÍCULOS DE TRANSPORTE
FLORESTAL COM VARIAÇÃO DA RAMPA
POSITIVA**



Fonte: Dados - Pesquisa Campo, Cálculos - Metodologia WORLD BANK (1994)

5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nas pesquisas permitem a formulação das seguintes conclusões:

- Os custos de transporte nas atividades florestais de reflorestamentos, são reduzidos quando as características técnicas das estradas são definidas à partir da minimização da somatória dos custos totais, que envolvem os custos de construção, conservação e de operação das composições dos veículos durante o período de projeto. Estes custos determinam a prioridade dos investimentos viários.
- Metodologias utilizadas em outros tipos de vias e tipos de transporte, como os modelos de demanda e de cálculo dos custos de operação se aplicam à melhoria das vias e do transporte florestal.
- A metodologia do modelo de quatro etapas (geração, distribuição, divisão modal e alocação) é aplicável na definição dos volumes de tráfego para a malha viária florestal.
- A metodologia do HDM III para os cálculos dos custos de operação dos veículos se aplica ao transporte florestal.
- As metodologias estudadas permitem aos técnicos do setor florestal reduzirem os custos para a empresa florestal e para os proprietários dos veículos de transporte.
- A metodologia da Função de Produção otimiza a produtividade dos veículos de transporte, a análise é feita para o sistema completo, envolvendo as vias e velocidades operacionais, as capacidades e tempos de carga e descarga.
- Ocorre grande variação nos custos operacionais dos veículos utilizados no transporte florestal em função das características da via. No planejamento das melhorias do sistema viário são definidos os veículos e as vias a serem usados no transporte florestal.
- Os acréscimos dos custos de operação das composições de veículos usadas no transporte florestal são muito significativos com o aumento da inclinação das

rampas das estradas, redução dos raios das curvas horizontais e sobretudo com o aumento da irregularidade da superfície das vias. Para volumes de tráfego elevados estes acréscimos de custos, considerando a vida útil das vias é bastante superior aos custos de construção de melhorias geométricas na via que evitam a ocorrência dos mesmos.

- No caso das vias de elevado volume de tráfego situadas mais próximas dos destinos da madeira as empresas florestais recuperam em pouco tempo, com a operação dos veículos, os gastos adicionais de melhoria de suas estradas.
- A definição dos percursos a serem utilizados pelas composições de veículos vazios e carregados usados no transporte de toras de madeira reflorestada depende das características dos segmentos viários e podem ser diferentes.
- As melhorias do sistema viário constituem-se em investimentos da empresa florestal, seus custos e benefícios devem ser conhecidos, para justificar a obtenção de recursos para o setor.
- A redução dos custos de transporte da colheita de madeira determina as estratégias a serem seguidas pelos técnicos da área florestal. As atividades de transporte florestal são otimizadas com a definição das características das vias, dos veículos e dos itinerários.
- A escolha do tipo de veículo e da forma como será efetuado o transporte relaciona-se com as características do sistema viário.
- Os volumes de tráfego por segmento de via devem ser previstos para a otimização do projeto da melhoria.
- As empresas florestais fornecendo orientações técnicas, ambientais e econômicas para os motoristas possibilitam que os mesmos trabalhem em adequadas condições sociais e obtenham a longo prazo, maiores lucros.
- No caso da Empresa do sul da Bahia, onde foi estudada uma única via, foram obtidas as seguintes conclusões:
 - O greide definido tecnicamente, considerando rampas máximas admissíveis e a compensação dos volumes de terraplenagem é adequado para baixos volumes de tráfego, a redução dos custos de operação assume maior

importância nas vias de alto volume de tráfego, em geral nas proximidades dos destinos da madeira.

- A melhoria da superfície da via com a redução do IRI, conduz a ganhos expressivos mesmo para baixos volumes de tráfego.
- A observação da idade do veículo com atualizações constantes dos cálculos da vida econômica conduz a ganhos importantes.
- As reduções de inclinações de rampas devem ser estudadas, juntamente com as alternativas de mudança do traçado.

No estudo da malha viária da Empresa do Planalto Catarinense foram obtidas as seguintes conclusões:

- Numa malha viária existente, por ocasião da colheita de madeira, nem todos os segmentos podem ser necessários; verificando-se os percursos de menor custo de operação para os veículos carregados e vazios é possível recomendar a eliminação de trechos e definir as prioridades de melhoria e de conservação.

No estudo realizado constatou-se que:

- a) A ligação entre os nós 7 e 55 é pouco utilizada, sobretudo por veículos carregados. A construção desta ligação não é inviável, se forem considerados só os benefícios advindos do transporte da madeira; no futuro, com novos reflorestamentos, a ligação poderá ser viável economicamente.
 - b) A ligação entre os nós 11 e 58 situa-se muito próximo da ligação entre os nós 10 e 25. Esta ligação só seria usada pelos veículos carregados vindos dos nós 59, 60, 61 e 72. Os custos de construção desta ligação não compensam o aumento dos custos de operação com o uso da ligação paralela pelos veículos carregados, vindos destes nós.
- O uso do mesmo percurso nos dois sentidos, reduz a necessidade das melhorias e conservação dos segmentos.
 - O material do tipo “folhelho” apresenta resistência ao tráfego dos veículos pesados equivalente aos materiais convencionais usados para a base dos pavimentos quando devidamente impermeabilizado com material argiloso.

- Para baixos volumes de tráfego, dependendo dos custos de construção e conservação, é mais econômico transitar com os veículos carregados tanto como vazios pelo mesmo percurso. Há necessidade de orientar os motoristas, entregando-lhes mapas com os percursos para cada novo local de colheita.
- Definido o tipo de veículo a ser utilizado para a colheita da madeira, conforme as características da área florestal a ser atendida, definiu-se o número de viagens a serem efetuadas. Com o número de viagens determinou-se os custos totais de operação por quilômetro, para diferentes inclinações de rampas. Conhecendo-se as condições do terreno e os custos de construção para as diferentes rampas, escolheu-se a solução de rampa que minimiza a soma total dos custos de operação e construção. Considerou-se que as diferenças entre os custos de conservação para as diferentes inclinações de rampa não são expressivas, podendo ser desprezadas.
- Da mesma maneira verificou-se qual a melhor condição em termos do alinhamento horizontal (raios das curvas) e mesmo quanto ao tipo de pavimento, desde que as condições de irregularidade superficial da via possam ser relacionadas com o mesmo.
- Constatou-se com os estudos de viabilidade econômica que nos terrenos acidentados, em vias que atendam a poucos talhões, as condições técnicas, em termos das declividades máximas permitidas para os veículos, fazem prevalecer os custos de construção em relação aos custos de operação dos veículos.
- Fluxogramas de tráfego, mostrando em mapas os volumes de tráfego por segmento de via, permitem verificar os locais onde os projetos das vias consideraram maiores custos de construção.
- O conhecimento antecipado dos custos totais de transporte, evita que a implantação dos sistemas viários florestais elevem em demasia os custos finais de colheita da madeira.

- O planejamento do sistema viário influi tanto na construção e manutenção do mesmo, como na operação dos veículos, sobretudo nas fases de colheita da madeira.
- Dados físicos do terreno, dados de volume de tráfego, custos de aquisição e operação dos veículos, são imprescindíveis para a adequada aplicação das metodologias estudadas.
- Há necessidade de um acompanhamento de todo o processo, incluindo orientações e treinamento dos motoristas dos caminhões para a obtenção dos resultados desejados.
- O monitoramento dos custos deve ser permanente, podendo os custos totais das primeiras colheitas justificar melhorias, tanto do sistema viário como da operação e da escolha dos veículos.

6 RECOMENDAÇÕES

Para aprimoramento dos estudos de otimização dos transportes florestais rodoviários considerando tanto as particularidades do sistema viário como das formas de transporte, inclui-se nesta parte outros aspectos e recomendações importantes para a evolução dos conhecimentos nesta área.

- É conveniente estudar a aplicação das metodologias que priorizam os investimentos para melhorias no setor viário, considerando limitações orçamentárias ou seja limitações nos recursos destinados aos investimentos nos transportes florestais.
- Novos veículos mais econômicos e novas técnicas construtivas podem modificar os cálculos dos custos e benefícios previstos alterando os resultados da aplicação da metodologia. É conveniente incluir na presente metodologia, orientações para a realização de estudos de análise de sensibilidade, que possam levar em conta estes aspectos.
- Estudos de viabilidade ambiental podem restringir e impedir a implantação de soluções ótimas do ponto de vista econômico. Os parâmetros relativos à implantação, conservação, monitoramento e controle ambientais relativos aos sistemas viários precisam ser introduzidos.
- A pré-existência de frotas de veículos, sobretudo de terceiros, para o transporte de madeira faz com que a solução ótima nem sempre possa ser adotada. A transição entre tipos de veículos poderá ser também considerada.
- A melhoria das estradas, com a redução dos custos de operação, conduz à redução dos tempos de viagem. Os menores tempos de viagem possibilitam redução das frotas necessárias, este benefícios poderão ser também avaliados.
- A realização de estudos e projetos com as metodologias apresentadas, relativas aos estudos de demanda e dos custos de operação dos veículos e a comparação dos resultados alcançados, com os de estudos e projetos sem o uso das mesmas permitirá aperfeiçoamentos, sobretudo nos coeficientes adotados pelas metodologias usadas.

- Os custos de operação não são constantes em toda a extensão da rampa e também dependem do próprio embalo (velocidade) do veículo ao iniciar a rampa, estes aspectos não são considerados nas metodologias estudadas, novas pesquisas poderão incluir estes aspectos.
- No estudo de caso de malha viária, constatou-se que no caso de haver uma malha fechada ou seja formando um anel, que pelo menos uma das partes do mesmo não será utilizada, podendo deixar até de ser construída. Um aspecto importante contudo, não foi levado em conta e poderá justificar a construção desta ligação; seria o "retorno" dos veículos. Veículos florestais pesados necessitam de áreas adequadas para retornar, a malha em anel pode eliminar esta necessidade. O veículo vazio usa o trecho mais difícil e retorna pelo lado mais fácil da via em anel, quando carregado. Este assunto merece estudos aprofundados.
- Ao serem determinados os custos de operação e o número de viagens, percebe-se que alguns trechos exigem custos elevados de construção e devido ao baixo número de viagens, não têm valores expressivos de custo de operação. Podem surgir, nestes casos, trechos que são eliminados, alterando-se inclusive o sistema usado para a colheita. Estudos mais profundos podem recomendar mudanças na forma de colheita, em função dos custos de operação dos veículos.
- Nos projetos de melhoria das malhas viárias e transportes ocorrem benefícios intangíveis. Podem haver interesses sociais, no sentido de favorecer com as vias de transporte, comunidades isoladas, nas florestas. A consideração destes aspectos envolve novos campos de aperfeiçoamento da metodologia.

As medidas de redução dos impactos ambientais, estão relacionadas à melhoria de aspectos sociais e também na maioria dos casos são válidas sob o ponto de vista técnico. Os aspectos de sinalização viva, usados nos projetos paisagísticos, por exemplo associam a melhoria ambiental com os aspectos técnicos de segurança que por sua vez são também aspectos sociais. O aprofundamento do relacionamento entre estes aspectos permitirá uma melhor justificativa para as medidas a serem adotadas.

- Existem muitos casos em que as estradas consideradas atravessam áreas de outros proprietários. Nestes casos, a responsabilidade pela construção e conservação do sistema viário deixará de ser unicamente da empresa florestal. Se forem áreas arrendadas pela empresa para a exploração da madeira por longo prazo, é possível que a empresa assuma toda a responsabilidade pela conservação das estradas. Novas construções, sobretudo as mais onerosas, devem ser estudadas caso a caso.
- As empresas florestais procuram o maior apoio possível dos órgãos públicos (prefeitura, DER) ao tratar-se de estradas públicas ou que atendam a diversos proprietários. De forma a reduzir os custos totais do transporte para toda a comunidade envolvida, as metodologias apresentadas neste trabalho poderão ser estendidas tanto para sistemas viários em florestas nativas como para as estradas públicas: o tráfego nestes casos, levará em conta todos os veículos previstos inclusive, com outros propósitos, além do transporte de madeira. Poderão ser desenvolvidos estudos que considerem estes tipos de vias.
- O acompanhamento dos transportes, com o patrolamento das vias imediatamente antes de serem iniciadas as viagens e mesmo caso haja deteriorização da via, durante a fase de colheita de madeira conduz a ganhos significativos. A avaliação destes ganhos poderá conduzir a novas recomendações para a execução dos trabalhos de conservação.
- Em muitos casos os ganhos nos custos de operação dos veículos por percursos com as rampas de inclinações menores em traçados diferentes, compensam aumentos da extensão da via. Recomenda-se o estudo e a avaliação também estas alternativas.
- Resultados mais precisos e ajustes na metodologia dependem do acompanhamento no campo com anotações dos dados de transportes, das velocidades dos diferentes tipos de veículos por segmento e das condições das vias. Recomenda-se estes estudos de campo para aperfeiçoar os coeficientes usados.
- A previsão correta dos volumes de tráfego, em cada um dos segmentos do sistema viário, é essencial para a definição das características construtivas dos

mesmos. Os volumes de tráfego são projetados para todo o período de análise dos investimentos no sistema viário florestal. A rede viária principal é estabelecida por ocasião do cultivo contudo, devido as poucas exigências de tráfego, as ações construtivas de maior vulto são postergadas até a época anterior às primeiras colheitas em cada um dos talhões. Estudos mais aprofundados do número de viagens em função das demandas de madeira previstas e das composições de veículos a serem utilizadas são recomendados para o aperfeiçoamento das metodologias de análise dos investimentos.

- A escolha do tipo de veículo e forma de transporte é essencial para a definição do sistema viário. Tem ocorrido muitas evoluções nesta área, sobretudo no que se refere a carga máxima admitida para transporte, por veículo. Recomenda-se o acompanhamento dos avanços tecnológicos para aperfeiçoamento da metodologia.
- O planejamento do sistema viário florestal é aprimorado com o uso de modelos utilizados no planejamento de vias normais de tráfego, sendo recomendável o acompanhamento dos desenvolvimentos também nesta área.
- A indisponibilidade de meios adequados, sobretudo do ponto de vista dos equipamentos usados na construção das vias, pode fazer com que a melhor solução técnica nem sempre possa ser implantada. Os equipamentos usados na implantação dos sistemas viários florestais, ainda que terceirizados, são em geral de pequeno porte e podem limitar o vulto das intervenções. Recomenda-se estudos mais aprofundados nesta área envolvendo as influências destes equipamentos nos tempos de conclusão das obras e custos finais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, Hans A. **Economic Appraisal of Transport Projects a Manual with Case Studies**. Economic Development Institute, World Bank. Johns Hopkins University Press. Baltimore, Estados Unidos. 2a. Edição. 1987. 235 pg.
- ALVARENGA, Antonio Carlos e NOVAES, Antonio Galvão. **Logística aplicada: suprimento e distribuição física**. São Paulo, Pioneira, 1994.
- ANTOLA, Allan. **Forest Road Construction Techniques**. Universidade de Helsinki, Department of Logging and Utilization of Forest Products. Research Notes No.50, 1988, 104 pg.
- ARAUJO, R.M. e MOURA, F.N. **Estrada parque do pantanal: gestão para conservação**, Simpósio Brasileiro sobre Estradas e a Interface Ambiental, Foz do Iguaçu – 12 a 14 de junho de 2002 – 12pg.
- ARCE, Júlio Eduardo. **Um sistema de programação do transporte principal de multiprodutos florestais visando a minimização de custos**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. UFPR, 1997. 98p.
- ACKOFF, Russel L.; SASIENI, Maurice W. **Pesquisa operacional**. 1.ed. Livros Técnicos e Científicos Editora. Rio de Janeiro. 1971.
- BELLIA, Vitor e BIDONE, Edison D. **Rodovias recursos naturais e meio ambiente**. EDUFF – Editora Universitária da Universidade Federal Fluminense. DNER, Financiado pelo Banco Mundial. 1993. 360 pg.
- BECKER, Gero. **Optimization of road network and transport systems: a pre-condition for an improved organization and design of labour in forestry**. Simpósio sobre Exploração, Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos. Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. **Anais**. . . Curitiba. 1994.
- BOLLOU, Ronald H. **Business logistics management**. Ed. Prentice-Hall, EUA, 4ª. Edição, 1999.
- BUONGIORNO, Joseph e GILLESS, J. Keith. **Forest management and economics**, Macmillan Publishing Company, New York. 1987.
- CARNIERI, Celso. **Planejamento florestal otimizado via redes de manejo**. Campinas, Tese Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. 1989. 144 pg.
- CARNIERI, Celso. **Notas de aula da disciplina de pesquisa operacional**. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Curitiba. 1997.
- CARVALHO, Luiz Antonio. **Curso de estradas vicinais**. Klabin Fabricadora de Papel e Celulose S.A. Seção de Estradas. 1990, 126 pg.

CASAROTTO, Nelson Filho e KOPITCKE, Bruno Hartmut. **Análise de investimentos**. Ed. Atlas, São Paulo - 6ª. edição. 1994.

CATERPILLAR, **Performance handbook**, 21ª Edição, Caterpillar, Peoria, Illinois, EUA, 1990.

CHANG, Yih-Long and SULLIVAN, Robert S. **QSB -Quantitative systems for bussiness** - version 1.5. Prentice Hall, Inc. 1986.

CLEMENTE, Ademir e SOUZA, Alceu. **Decisões financeiras e análise de Investimentos, fundamentos, técnicas e aplicações**. São Paulo: Atlas. 1995.

CNT, **Dados estatísticos da frota de caminhões**. Confederação Nacional dos Transportes, 1999.

COLÉGIO FLORESTAL DE IRATI. **Manual do técnico florestal, apostilas do colégio florestal de Irati**. Volume II - Estradas Florestais. Irati: Colégio Florestal. 1986. 479 pág. Pgs. 368-475.

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução 12/98 – Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres**. Brasília, 6 de fevereiro de 1998 – 4pg.

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução 62/98 – Estabelece o uso de pneus extralargos e define seus limites de peso de acordo com o Parágrafo único do art.100 do Código de Trânsito Brasileiro**. Brasília, 21 de maio de 1998 – 4pg.

CONTRAN – Conselho Nacional de Trânsito. **Resolução 104/99 – Dispõe sobre tolerância máxima de peso bruto de veículos**. Brasília, 21 de dezembro de 1999 – 2pg.

DER/PR – **Especificações de serviços rodoviários**. Departamento de Estradas de Rodagem – Divisão de Pesquisa e Desenvolvimento. Secretaria de Estado dos Transportes, Segunda Impressão, Curitiba, 1996. 656 pg.

DER/PR - **Álbum de projetos-tipo – drenagem, obras de arte correntes, pontilhões e obras complementares**. Departamento de Estradas de Rodagem – Divisão de Estudos e Projetos. Secretaria dos Transportes do Estado do Paraná, Segunda Impressão, Curitiba, 1996.

DER/PR. **Manual de instruções ambientais para obras rodoviárias**. SETR/DER – Secretaria de Estado dos Transportes/Departamento de Estradas de Rodagem e UFPR/FUPEF – Universidade Federal do Paraná/Fundação de Pesquisas Florestais, 2000, 246 pg.

DIETZ, Peter; GRAMMEL, Rolf; MALINOVSKI, Jorge R. **IV Curso de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal**. FUPEF - Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. UFPR , Curitiba, 1983

DNER. **Normas para o projeto geométrico de vias urbanas.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Programa Especial de Vias Expressas. Ministério dos Transportes. 1974.

DNER. **Manual de custo de operação.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Ministério dos Transportes. 1976.

DNER. **Manual de serviços de consultoria para estudos e projetos rodoviários.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Ministério dos Transportes. 1978.

DNER, **Programa Emergencial para Capacitação de Pessoal do DNER, Curso CT – 4 Custos Rodoviários.** Diretoria de Desenvolvimento Tecnológico, Divisão de Capacitação Tecnológica. SET – Consultoria Ltda e Roy Jorgensen Associates, Inc. Rio de Janeiro, 1994.

DNER, **Especificações gerais para obras rodoviárias do DNER. Vol. I – Terraplenagem, Drenagem, Obras Complementares e Proteção do Corpo Estradal. Vol. II Obras-de-Arte Especiais, Edificações e Pavimentos Rígidos. Vol. III – Pavimentos Flexíveis e Vol. IV – Especificações de Materiais.** Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Ministério dos Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2000.

DNER, **Manual rodoviário de conservação, monitoramento e controle ambientais.** Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviço de Estudos Rodoviários e Ambientais. Rio de Janeiro. 1996. 144 pg.

DNER, **Instruções de proteção ambiental das faixas de domínio e lindeiras das rodovias federais.** Diretoria de Engenharia Rodoviária. Divisão de Estudos e Projetos. Serviço de Estudos Rodoviários e Ambientais. Rio de Janeiro. 1996. 28 pg.

DYKSTRA, Dennis P. **Mathematical programming for natural resource management,** McGraw-Hill Book Company, New York. 1984.

FESA – Forest Engineering Working Group. **Forst Opening and Forst Transport Systems. Timber Harvesting. Decision Support Regarding Environmental Issues.** Steinbeis – Transferzentrum Fors Trans Uni Freiburg. Institut of Forest Utilisation and Forestry Ergonomics. Material distribuído durante o trabalho em grupo: “Training on Environmental Impact Assessment. Universidade de Freiburg, Alemanha. 04/2000.

FRAENKEL, Benjamin B. **Engenharia Rodoviária.** Editora Guanabara Dois S. A., Rio de Janeiro, 1980 , 852 pg.

GEIPOT. **Anuário estatístico dos transportes, 1999.** Ministério dos Transportes, Empresa Brasileira de Planejamento dos Transportes. Brasília, 2000.

GEIPOP. **Pesquisa sobre o inter-relacionamento dos custos de construção, conservação e utilização de rodovias (PICR)**. Volume 5 – Estudo sobre custos dos usuários. Brasília. 1981

GRAMMEL, Rolf. **Holzernte und Holztransport**. Editora Pareys Studentexte 60. Hamburg, Alemanha, 1988.

GRANT, Eugene L.; IRESON, W. Grant e LEAVENWORTH, R.S. **Principles of engineering economy**. New York: Wiley. 1982.

HESS, Geraldo; MARQUES, José Luiz; PAES, L.C. Rocha e PUCCINI, Abelardo. **Engenharia Econômica**. Forum, 2ª. Edição, Rio de Janeiro, 1971 – 270pg.

HILLIER, Frederick S.; LIEBERMAN, Gerald J, **Introduction to operations research**. 11. ed. Holden Day. San Francisco. 1973.

HOMBURGER, Wolfgang S. **TNET - Traffic estimation computer programs for educational purposes –4th edition. Course Notes**. Berkeley, Institute of Transportation and Traffic Engineering/University of California, EUA. 1972.

IPT, **Estradas vicinais de terra, manual técnico para conservação e recuperação**. Secretaria da Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Divisão de Minas e Geologia Aplicada – Seção de Obras Viárias. Cidade Universitária 05508 – São Paulo SP , Caixa Postal 7141, 2ª. Edição – 1988

ITE. **Transportation and traffic engineering handbook**. Institute of Transportation Engineers. Washington, Estados Unidos. 1976.

ITTE. **Transportation analysis procedures for national forest planning – a process overview**. Institute of Transportation and Traffic Engineering/University of California, Berkeley, EUA. 1971.

ITTE. **Fundamentals of Traffic Engineering**. Institute of Transportation and Traffic Engineering/University of California, 8ª Edição, Berkeley, EUA. 1973.

JABOT, René. **Organisation et Gestion des Transports et la Distribution**. Paris: Hommes et Techniques. 1968.

KRETSCHEK, Osmar Eugenio. **Estudo de um sistema viário para a retirada de madeira, visando a minimização de danos ambientais, em regiões montanhosas**. Anais do IX Seminário de Atualização em Sistemas de Colheita de Madeira e Transporte Florestal. FUPEF, Curitiba, 1996.

KÜLLER, M. L. **Educação ambiental durante a construção de estradas resultando em sistemas simples e eficazes para a proteção ambiental**. Simpósio Brasileiro sobre Estradas e a Interface Ambiental, Foz do Iguaçu – 12 a 14 de junho de 2002 – 12pg.

LEITE, José Geraldo Maderna. **Decisões de investimentos envolvendo diferentes modalidades de transporte**. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico. Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Universidade Federal do Paraná. 1995.

LEITE, José Geraldo Maderna. **Generalização na atualização de veículos e equipamentos**. Curitiba, Revista Engenharia e Construção, números 38 e 39, novembro e dezembro de 1999. – 7pg.

LIMA, J.S.P.; FREITAS LIMA, E.A.C. e MOURA, A.P. **Ecovia Katukina, projeto de estrada em terra indígena**. Simpósio Brasileiro sobre Estradas e a Interface Ambiental, Foz do Iguaçu – 12 a 14 de junho de 2002 – 12pg.

LOPES, José Antonio Urroz. **Estudos e Relatórios de Impacto Ambiental: Aspectos Práticos**. Trabalho apresentado no Seminário Nacional, **A Variável Ambiental em Obras Rodoviárias**. (págs. 15 a 38). Anais, Foz do Iguaçu, 1999, Editado por Edson Roberto Blanchet, Maurício Blensiefer, Nívia Robeiro Menegazzo e Rosana Scaramella. Curitiba, FUPEF, 1999, 508 pg,

LUGO, E. Ariel e GUCINSKI, Hermann. **Function, effects and management of forest roads**. Revista: Forest Ecology and Management, volume 133, número 3, 15 de agosto de 2000, páginas 249 - 262. Publicado por Elsevier Science B.V.

MACHADO, Carlos Cardoso; LOPES, Eduardo da Silva e BIRRO, Mauro Henrique. **Elementos básicos do transporte florestal rodoviário**. Editora UFV, Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais, 2000. 167 pg.

MACHADO, Carlos Cardoso e MALINOVSKI, Jorge Roberto. **Rede viária florestal**. Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba. 1986 .

MACHADO, Carlos Cardoso e MALINOVSKI, Jorge Roberto. **A planificação da rede rodoviária em reflorestamentos**. Simpósio sobre Exploração, Transporte, Ergonomia e Segurança em Reflorestamentos. Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal. Curitiba. 1987.

MACHADO, Carlos Cardoso. **Sistema brasileiro de classificação de estradas florestais (SIBRACEF): desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário**. Tese de Doutorado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 1989.

MALINOVSKI, Jorge Roberto e PERDONCINI, Wanderley Carlos. **Estradas florestais**. Colégio Florestal de Irati. 1990.

MALINOVSKI, Jorge Roberto e MACHADO, Carlos Cardoso. **Ciência do trabalho florestal**. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Viçosa. 1988.

MARTINAZZO, L.C.R.; ALMEIDA, M.D.P. de e EPSTEIN, M. **Programa de pavimentação rodoviária do Rio Grande do Sul: construindo rodovias com responsabilidade sócio-ambiental**. Simpósio Brasileiro sobre Estradas e a Interface Ambiental, Foz do Iguaçu – 12 a 14 de junho de 2002 – 12pg.

MASSÉ, Pierre. **Le Choix des Investissements**. Paris, 12 ed. Dunod. 1968.

MELLO, José Carlos. **Planejamento dos transportes**. Editora McGraw-Hill do Brasil. Rio de Janeiro. 1975.

MELO, Antão Luiz de, FREITAS, José Carlos Dias e MOREIRA, Mauricio Renato Pina. **Pavimento Estreito em Rodovias com Baixo Volume de Tráfego: A Experiência em Pernambuco**. Associação Brasileira de Pavimentação, 16^a Reunião Anual de Pavimentação. Recife. 1981.

MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. **Administração do Transporte de Carga - Controle de Custo Operacional**. São Bernardo do Campo: Editora da Mercedes-Benz. 1990.

MERCEDES-BENZ DO BRASIL S.A. **Administração do Transporte de Carga - Renovação de Frota**. São Bernardo do Campo: Editora da Mercedes-Benz. 1993.

NEUENSCHWANDER, Rodolfo A. **Transporte vial de madera rolliza, variables operacionales y demandas de potencia**. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Produccion Forestal, Serie Manuales No.1, Talca, Chile. 1998.

NEUFVILLE, Richard de; STAFFORD, Joseph H. **Systems analysis for engineers and managers**. McGraw-Hill Book Company. New York. 1971.

NOVAES, Antonio Galvão. **Sistemas de Transporte. Vol 2 - Análise da Oferta**. Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1986.

NOVAES, Antonio Galvão. **Métodos de otimização – aplicações aos transportes**. Edgar Blücher Ltda. e Transesp (Pesquisa e Planejamento de Transportes do Estado de São Paulo S.A.). São Paulo. 1978 - 463pg.

ODIER, Lionel. **Os Benefícios Econômicos das Realizações Rodoviárias**. IPR – Instituto de Pesquisas Rodoviárias. DNER. Publicação 512. Rio de Janeiro. 1970. 259 pg. Tradução do Eng. Daltro Barbosa Leite do original “Les intérêts économiques des travaux routiers” da editora Eyrolles, Paris, França, 1963, 212 pg.

PEREIRA, Djalma R.A.C. Martins e COSTA, Roberto. **Terraplenagem Tomo I**. Editora Educa, Universidade Católica do Paraná, Curitiba. 1983.

PEREIRA NETO, Silvio Dias. **Análise econômica da densidade de estradas nas áreas de produção de eucalyptus**. 1995.

PROVIAL. **Coletânea de palestras do seminário Provial região sul-sudeste.** IPC – Instituto Panamericano de Carreteras. São Paulo, julho 1993.

RANDON S/A. **A adequação de planejamento para o transporte florestal.** VI Seminário de Atualização sobre Sistemas de Exploração e Transporte Florestal. Universidade Federal do Paraná. Curso de Engenharia Florestal, Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná. Curitiba. 1989.

RATTON, E., NADAL, C.A., SOBANSKI, A.F. e BITENCOURT, M.L. **As rodovias como bloqueadoras do deslocamento natural da fauna em ecossistemas relevantes.** Simpósio Brasileiro sobre Estradas e a Interface Ambiental, Foz do Iguaçu – 12 a 14 de junho de 2002 – 12pg.

RODIGHERI, Honorino Roque. **Rentabilidade econômica comparativa entre plantios florestais e sistemas agroflorestais com Erva-Mate, Eucalipto e Pinus e as Culturas de Feijão, Milho, Soja e Trigo.** EMBRAPA, Circular Técnica, 26. Colombo, Pr. 1997. 36 pág. ISSN-0101-1847 CDD. 633.77

SAAB-SCANIA DO BRASIL LTDA. **Custos Operacionais.** Departamento de Desenvolvimento e Vendas. São Bernardo do Campo: Centro Gráfico SSB. 1993.

SAAB-SCANIA DO BRASIL LTDA. 1995. **SISC - Sistema Scania de Simulação de Custos Operacionais - versão 2.10/92.** Departamento de Marketing e Engenharia de Vendas. São Bernardo do Campo: Centro Gráfico SSB. 1995.

SENÇO, Wlastermiller de. **Manual de Técnicas de Pavimentação.** Volume I, Editora Pini, São Paulo. 1997.

SESSIONS, John. **A heuristic algorithm for the solution of the variable and fixed cost transportation problem.** Department of Forest Engineering. Oregon State University, Corvallis, Oregon, Estados Unidos. 1987.

SESSIONS, John. **Network Version 9, User's Guide.** Department of Forest Engineering, Oregon State University, Corvallis, Oregon, Estados Unidos. 1987.

SOUZA GOMES, H; CALDAS, M.L., LISBOA DA CUNHA, R. **Plano de implantação do sistema de gestão ambiental, de segurança e saúde da Ecovia – BR –277, trecho Curitiba - Paranaguá.** Simpósio Brasileiro sobre Estradas e a Interface Ambiental, Foz do Iguaçu – 12 a 14 de junho de 2002 – 25pg.

SOUZA, Ricardo, Hélio de e CATALANI, Guilherme. **Manual prático de escavação.** Editora McGraw-Hill do Brasil Ltda. São Paulo, SP, 1978

STEINER, Maria Teresinha. **Otimização em redes e programação inteira.** Universidade Federal do Paraná, Curso de Mestrado em Métodos Numéricos em Engenharia. Curitiba. 2000.

TAYLOR, George A. **Ingeniería económica**. Ed. Limusa, Cidade do México - 2a. Edição. 1985.

TRANSPORTS CANADÁ. **Canadian transit handbook**. Centre de Développement des Transports, Montreal, Quebec, Canadá, 1982.

UELZE, Reginald. **Gerência de transportes e frotas**. Ed. Guazzelli, São Paulo, 1978.

UELZE, Reginald. **Logística empresarial: uma introdução à administração dos transportes**. São Paulo, Pioneira, 1974.

VALENTE, Amir Mattar, PASSAGLIA, Eunice e NOVAES, Antonio Galvão. **Gerenciamento de transporte e frotas**. São Paulo, Pioneira com apoio da CNT – Conferência Nacional dos Transportes e IDAQ – Instituto de Desenvolvimento, Assistência Técnica e Qualidade em Transporte. 1997.

WEILLE, Jan de. **Cuantificacion de los ahorros de los usuarios de carreteras**. Banco Mundial, Washington, Estados Unidos. 1966.102 pg.

WENGER, Karl F. **Forestry Handbook**. Society of American Foresters. John Wiley & Son, 2ª Edição. New York, EUA. 1984. 1335 pg.

WORLD BANK - **The Highway Design and Maintenance Standards Model - HDM III – Model**. Volume 1 – Description of the HDM-III Model. Thawat Watanatada, William D. O. Paterson, Anil Bhandari, Clell Harral, Ashok M. Dhareshwar, Koji Tsunokawa. Publicado para o Banco Mundial por The Johns Hopkins University Press. Baltimore, EUA, 1987. 282 pg.

WORD BANK – **Estimating Vehicle Operating Costs – HDM – VOC**. Rodrigo S. Archondo-Callao, Asif Faiz. World Bank Technical Paper Number 234, Washington, EUA, 1994. 83 pg.

ANEXO 1 - TABELAS PARA CÁLCULO DE CUSTOS DE OPERAÇÃO

TABELA A1.1: VALORES DO COEFICIENTE AERODINÂMICO DE ARRASTE (CA) UTILIZADOS PELO HDM III

Tipo de Veículo	Automóvel			Pick - Up	Ôni-bus	Caminhões			
	Peq.	Médio	Grande			Leve	Médio	Pesado	Articulado
CA	0,45	0,50	0,45	0,46	0,65	0,70	0,85	0,85	0,63

Fonte: WORLD BANK - HDM III (1994)

TABELA A1.2: VALORES DO COEFICIENTE AERODINÂMICO DE ARRASTE COM DEFLETORES (SCANIA)

Tipo de Veículo	Caminhões c/ motor saliente			Caminhões sem motor saliente (cara chata)		
	Sem Defletor	Só Defletor de teto	Defletores no teto e ao lado da cabine	Sem Defletor	Só Defletor de teto	Defletores no teto e ao lado da cabine
CA	0,80	0,63	0,57	0,85	0,67	0,60

Fonte: SCANIA (1993)

TABELA A1.3: VALORES DA ÁREA FRONTAL (AF) DO VEÍCULO EM M2 (HDM III)

Tipo de Veículo	Automóvel			Pick - Up	Ônibus	Caminhões			
	Peq.	Médio	Grande			Leve	Médio	Pesado	Articulado
AF	1,80	2,08	2,20	2,72	6,30	3,25	5,20	5,20	5,75

Fonte: WORLD BANK HDM III (1994)

TABELA A1.4: VALORES DE HPBRAKE (HDM III)

Tipo de Veículo	Automóvel			Pick - Up	Ôni-bus	Caminhões			
	Peq.	Médio	Grande			Leve	Médio	Pesado	Articulado
HPBRAKE	17	21	27	30	160	100	250	250	500

Fonte: WORLD BANK HDM III (1994)

TABELA A1.5: VALORES DA RESISTÊNCIA DE FRICÇÃO (RF)

Tipo de Veículo	Autos	Pick-up	Ôni-bus	Caminhões			
				Leve	Médio	Pesado	Articulado
Via Pavimentada	0,268	0,221	0,233	0,253	0,292	0,292	0,179
Via Não Pavimentada	0,124	0,117	0,095	0,099	0,087	0,087	0,040
Redução com carga em Via Pavimentada*	0	0	0	0,128	0,094	0,094	0,023

Fonte: WORLD BANK HDM III (1994)

*Obs. Não é considerado nenhum valor de redução de "RF" se o veículo estiver com carga em via não pavimentada.

TABELA A1.6: VALORES MÁXIMOS DA VELOCIDADE MÉDIA RETIFICADA (ARVMAX)

Tipo de Veículo	Autos	Pick-up	Ôni-bus	Caminhões			
				Leve	Médio	Pesado	Articulado
ARVMAX (mm/s)	259,7	239,7	212,8	194,0	177,7	177,7	130,9

Fonte: WORLD BANK HDM III (1994)

TABELA A1.7: VALORES DA VELOCIDADE DESEJADA (VDESIR) E COEFICIENTE DE CORREÇÃO (BW) PARA VIAS ESTREITAS

Tipo de Veículo	Autos	Pick-up	Ôni-bus	Caminhões			
				Leve	Médio	Pesado	Articulado
VDESIR via pavimentada	98,3	94,9	93,4	81,6	88,8	88,8	84,1
VDESIR via não paviment.	82,2	76,3	69,4	71,9	72,1	72,1	49,6
BW (via de uma só faixa)	0,74	0,74	0,78	0,73	0,73	0,73	0,73

Fonte: WORLD BANK HDM III (1994)

TABELA A1.8: COEFICIENTES "Eo" E "β" USADOS NO CÁLCULO DA VELOCIDADE DE OPERAÇÃO

Tipo de Veículo	Autos	Pick-up	Ôni-bus	Caminhões			
				Leve	Médio	Pesado	Articulado
Beta (β)	0,274	0,306	0,273	0,304	0,310	0,310	0,244
Eo	1,003	1,004	1,012	1,008	1,013	1,013	1,018

Fonte: WORLD BANK HDM III (1994)

TABELA A1.9: VALORES DAS CONSTANTES DAS FÓRMULAS DE CONSUMO DE COMBUSTÍVEL E DE LUBRIFICANTES

Veíc.	Carro Peq.	Carro Méd.	Carro Gran.	Utilitário	Ôni-bus	Cam. Leve Gasol	Cam. Leve Dies.	Cam. Méd.	Cam. Pes.	Cam. Artic.
Consumo de Combustível										
RPM	3500	3000	3300	3300	2300	3300	2600	1800	1800	1700
Ao	-8201	23453	-23705	6014	-7276	-48381	-41803	-22955	-22955	-30559
a1	33,4	40,6	100,8	37,6	63,5	127,1	71,6	95,0	95,0	156,1
a2	0	0,01214	0	0	0	0	0	0	0	0
a3	5630	7775	2784	3846	4323	5867	5129	3758	3758	4002
a4	0	0	0,938	1,398	0	0	0	0	0	0
a5	0	0	13,91	0	8,64	43,70	0	19,12	19,12	4,41
a6	4460	6552	4590	3604	2479	3843	2653	2394	2394	4435
a7	0	0	0	0	11,50	0	0	13,76	13,76	26,08
NH0	-10	-12	-15	-12	-50	-50	-30	-85	-85	-85
α1	0,7	0,4	0,4	1	1	1	1	1	1	1
α2	1,16	1,16	1,16	1,16	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
Consumo de Lubrificantes										
COo	1,55	1,55	1,55	1,55	3,07	2,20	2,20	3,07	3,07	5,15

Fonte: WORLD BANK HDM (1994)

TABELA A1.10: VALORES DOS COEFICIENTES USADOS PARA CÁLCULO DO CONSUMO DE PNEUS

Veíc.	Carro Peq	Carro Méd	Carro Gran.	Utili- tário	Ôni- bus	Cam. Leve Gasol	Cam. Leve Dies.	Cam. Méd.	Cam. Pes.	Cam. Artic.
NT	4	4	4	4	6	6	6	6	10	18
RREC(%)	-	-	-	-	15	15	15	15	15	15
NRO	-	-	-	-	3,39	1,93	1,93	3,39	3,39	4,57
VOL(dm ³)	-	-	-	-	6,85	4,30	4,30	7,60	7,30	8,39
Cotc	-	-	-	-	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164	0,164
Ctcte(10E-3)	-	-	-	-	12,78	12,78	12,78	12,78	12,78	12,78

Fonte: WORLD BANK HDM(1994)

TABELA A1.11: VALORES DAS CONSTANTES USADAS NOS CÁLCULOS DOS CUSTOS DE MANUTENÇÃO DOS VEÍCULOS

Veíc.	Carro Peq.	Carro Méd.	Carro Gran.	Utili- tário	Ôni- bus	Cam. Leve Gasol.	Cam. Leve Dies.	Cam. Méd.	Cam. Pes.	Cam. Artic.
Custos das Peças de Manutenção										
KP	0,308	0,308	0,308	0,308	0,483	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371
CPo(10E-6)	32,49	32,49	32,49	32,49	1,77	1,49	1,49	1,49	8,61	13,94
CPq(10E-3)	13,70	13,70	13,70	13,70	3,56	251,79	251,79	251,79	35,31	15,65
QIPo	9,23	9,23	9,23	9,23	14,62	0	0	0	0	0
Custo da Mão-de-Obra de Manutenção										
ClO	77,14	77,14	77,14	77,14	293,44	242,03	242,03	242,03	301,46	652,51
CLp	0,547	0,547	0,547	0,547	0,517	0,519	0,519	0,519	0,519	0,519
CLq	0	0	0	0	0,0055	0	0	0	0	0

Fonte: WORLD BANK HDM III (1994)

TABELA A1.12: VALIAÇÃO QUALITATIVA DA RUGOSIDADE E VALOR DO IRI

Avaliação Qualitativa da Rugosidade	Rugosidade IRI (m/km)	
	Via Pavimentada	Via Não Pavimentada
Suave	2	4
Razoavelmente suave	4	8
Medianamente suave	6	12
Rugosa	8	15
Muito Rugosa	10	20

Fonte: WORLD BANK HDM III (1994)

TABELA A1.13: QUALIFICAÇÃO DO MATERIAL E UTILIZAÇÃO EM FUNÇÃO DO CBR

CBR (%)	Qualificação do Material	Utilização Possível
≥ 60	Excelente	Base para pavimento definitivos
20 a 60	Muito Bom	Sub-base de pavimentos
10 a 20	Bom	Reforço do sub-leito e camada final de terraplenagem
5 a 10	Regular	Corpo de aterro ou como camada final de terraplenagem
2 a 5	Ruim	Corpo de aterro
< 2	Péssimo	Evitar o uso mesmo no corpo de aterro

Fonte: PEREIRA (1983)

TABELA A1.14. RESULTADOS DE PESQUISA SOBRE O TEMPO DE PERCURSO SEM E COM A IMPLANTAÇÃO DE PAVIMENTO ESTREITO

Tempo de Percurso anterior a implantação do Pavimento Estreito			
Tempo Gasto	Acima de 40 min.	Acima de 50 min.	Acima de 60 min.
% de Usuários	71%	57%	48%
Tempo de Percurso após a implantação do Pavimento Estreito			
Tempo Gasto	Igual ou menor que 20 min.	Igual ou menos que 25 min.	
% de Usuários	71%	90%	

Fonte: MELO (1981)

QUADRO A1.1; DADOS DE PRODUTIVIDADE DE EUCALIPTO*

Idade	7 anos	14 anos	21 anos
Produtividade	259 m ³ /ha	245 m ³ /ha	217 m ³ /ha

*Obs. Consideradas duas rebrotas. Espaçamento usado de 3x2 m, com 1666 plantas por hectare. Valor do m³ R\$ 9,00 (1997)

Fonte: Rodigheri (1997)

QUADRO A1.2; DADOS DE PRODUTIVIDADE DE PINUS*

Idade (anos)	8	12	16	21
Atividade	1 ^o Desbaste	2 ^o Desbaste	3 ^o Desbaste	Corte Raso
Produtividade (m ³ /há)	20	40	90	400
Valor (R\$/m ³)	5	10	11	16

*Obs. Espaçamento de 3x2m, com 1666 plantas por hectare.

Fonte: Rodigheri (1997)

ANEXO 2 - TABELAS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 1

TABELA A2.1: DADOS PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO

Variáveis Usadas no Cálculo do Custo de Operação	Alternativas: Traçado/Carga Veículo			
	P7T3orc*	P7T3orv*	P7T3noc*	P7T3nov*
CARACTERÍSTICAS DA VIA				
1 Tipo de Superfície 1=Pavimentada 0=não pavimentada	0	0	0	0
2 IRI (m/Km)	8	8	8	8
3 Rampa Média Positiva %	6.56	6.1	5.28	7.36
4 Rampa Média Negativa %	6.1	6.56	7.36	5.28
5 Proporção de subidas %	48.36	51.64	57.91	42.09
6 Curvatura Horizontal Média Graus/km	384.47	384.47	384.47	384.47
7 Superelevação	.0653599	.0653599	.0653599	.0653599
8 Altitude Média do Terreno (m)	140	140	140	140
9 Número de Faixas 1 = uma 0=mais de uma	0	0	0	0
CARACTERÍSTICAS DO VEÍCULO				
Tipo de Veículo 10=Caminhão Articulado				
1 Tara do Veículo (kg)	25940	25940	25940	25940
2 Carga (kg)	47060	0	47060	0
3 Máxima Potência usada HP	354	354	354	354
4 Máxima Potência usada para freiar HP	500	500	500	500
5 Velocidade desejada (km/h)	49.6	49.6	49.6	49.6
6 Coeficiente de arraste aerodinâmico	.63	.63	.63	.63
7 Área frontal projetada (m ²)	9	9	9	9
8 Velocidade Calibrada do Motor (rpm)	1700	1700	1700	1700
9 Fator de Eficiência Energética	1	1	1	1
10 Fator de Ajuste de Combustível	1.15	1.15	1.15	1.15
DADOS SOBRE USO DOS PNEUS				
1 Número de Pneus do Veículo	34	34	34	34
2 Volume de borracha usável por pneu (dm ³)	8.39	8.39	8.39	8.39
3 Relação entre custo de recauchutagem e do pneu novo	.2	.2	.2	.2
4 Máximo número de recapagens	3	3	3	3
5 Constante do modelo para consumo de pneus (dm ³ /m)	.164	.164	.164	.164
6 Coeficiente de Uso dos Pneus (10 ⁻³ dm ³ /j-m)	12.78	12.78	12.78	12.78
DADOS SOBRE A UTILIZAÇÃO DO VEÍCULO				
1 Utilização Média Anual do Veículo (km)	72000	72000	72000	72000
2 Utilização Média Anual do Veículo (Horas)	2440	2440	2440	2440
3 Relação de Utilização Horária	.85	.85	.85	.85
4 Vida Média de Serviço	8	8	8	8
5 Uso de Vida Constante de Serviço 1=sim 0=não	1	1	1	1
6 Idade do Veículo em Quilômetros	0	0	0	0
7 Número de Passageiros por Veículo	0	0	0	0

(cont.)

TABELA A2.1: DADOS PARA CÁLCULO DOS CUSTOS DE OPERAÇÃO (Cont.)

Variáveis Usadas no Cálculo do Custo de Operação	Alternativas Traçado/Carga Veículo			
	P7T3orc*	P7T3orv*	P7T3noc*	P7T3nov*
CUSTOS UNITÁRIOS				
1 Preço do Veículo Novo R\$	240000	240000	240000	240000
2 Custo do Combustível R\$/litro	.8	.8	.8	.8
3 Custo de Lubrificantes R\$/litro	3.5	3.5	3.5	3.5
4 Custo de Pneu novo R\$	660	660	660	660
5 Valor do tempo de motorista e ajudante R\$/hora	4	4	4	4
6 Valor do tempo de demora dos passageiros	0	0	0	0
7 Custo do trabalho de manutenção R\$/hora	4	4	4	4
8 Custo da demora da Carga R\$/hora	1.46	1.46	1.46	1.46
9 Taxa de Juros anual %	12	12	12	12
10 Taxa de Administração por veículo-km R\$.2	.2	.2	.2
COEFICIENTES ADICINAIS USADO PELO MODELO				
1 KP (partes de manutenção)	.371	.371	.371	.371
2 Cpo (partes de manutenção) 10E-6	13.94	13.94	13.94	13.94
3 CPq (partes de manutenção) 10E-3	15.65	15.65	15.65	15.65
4 QIPo (partes de manutenção)	0	0	0	0
5 CLo (trabalho de manutenção)	652.51	652.51	652.51	652.51
6 CLp (trabalho de manutenção)	.519	.519	.519	.519
7 CLq (trabalho de manutenção)	0	0	0	0
8 Coo (Lubrificantes)	5.15	5.15	5.15	5.15
9 FRATIO0 (velocidade)	.04	.04	.04	.04
10 FRATIO1 (velocidade) 10E-4	0	0	0	0
11 ARVMAX2 (velocidade)	130.9	130.9	130.9	130.9
1 BW (velocidade)	1	1	1	1
2 BETA (velocidade)	.244	.244	.244	.244
3 E0 (velocidade)	1.018	1.018	1.018	1.018
4 A0 (combustível)	-30559	-30559	-30559	-30559
5 A1 (combustível)	156.1	156.1	156.1	156.1
6 A2 (combustível)	0	0	0	0
7 A3 (combustível)	4002	4002	4002	4002
8 A4 (combustível)	0	0	0	0
9 A5 (combustível)	4.41	4.41	4.41	4.41
10 A6 (combustível)	4435	4435	4435	4435
11 A7 (combustível)	26.08	26.08	26.08	26.08
12 NH0 (combustível)	-85	-85	-85	-85

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

Obs. *P7T3orc = Projeto 7 Trecho 3, traçado original, veículo carregado.

P7T3orv = Projeto 7 Trecho 3, traçado original, veículo vazio.

P7T3noc = Projeto 7 Trecho 3, traçado novo, veículo carregado.

P7T3nov = Projeto 7 Trecho 3, traçado original, veículo vazio.

TABELA A2.2: ORÇAMENTO PARA NOVA ALTERNATIVA DE TRAÇADO –
ESTRADA P 07 T03

ITEM	SERVIÇO	Quantidade	C.UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
1	Remoção e colocação de cerca	-		
2	Limpeza – Trator esteira D6	10882,27m ²	R\$ 0,17	R\$ 1.866,91
3	Destoca – Trator esteira D6	-		
4	Obras de arte Correntes	-		
	Bueiro 0,60m diâmetro	17,0 m		R\$ 12.047,00
5	Obras de arte Especiais	-		
	3 Bueiros Celulares 2,5x3,7m	13,6 m		R\$ 140.003,51
6	Drenos profundos	960,0 m	R\$ 18,05	R\$ 17.328,00
7	Valas de proteção	1.100,0 m	R\$ 1,30	R\$ 1.430,00
8	Sarjetas sem revestimento	420,0 m	R\$ 1,40	R\$ 588,00
9	Sarjetas com revestimento Vegetal	1.320,0 m	R\$ 2,73	R\$ 3.597,00
10	Enchimento de crista em talude aterro	340,0 m	R\$ 1,58	R\$ 536,78
11	Revest.vegetal em talude de aterro	2.818,7 m ²	R\$ 1,82	R\$ 5.130,03
12	Revest.vegetal em talude de corte	3.136,4 m ²	R\$ 1,82	R\$ 5.708,35
13	Execução de terraplenagem	50.946,2 m ³	R\$ 4,02	R\$ 204.803,72
14	Regularização e Compactação terrapl.	-		
15	Reforço de base	-		
16	Revestimento primário espessura=15cm	2,15 km	R\$ 7.168,50	R\$ 15.415,85
17	Sinalização	12 placas	R\$ 146,22	R\$ 1.754,64
	Sub-total			R\$ 410.209,70
17	Mobilização e desmobilização			R\$ 12.820,23
18	Administração			R\$ 33.332,59
19	Lucro			R\$ 25.640,45
	Total			R\$ 482.002,97

Fonte: Empresa do sul da Bahia - Pesquisa de Campo

ANEXO 3 - TABELAS COMPLEMENTARES DO ESTUDO DE CASO 2

TABELA A3.1: RESUMO DO ORÇAMENTO DA ESTRADA PRIMÁRIA No 1

SERVIÇOS INICIAIS DE REVESTIMENTO PRIMÁRIO REALIZADOS EM AGOSTO/1999

1)Material	Quantidade m3	Quantidades lineares (m)	Custo Unitário R\$	Unid.	Custo Total R\$
Areia Lageado	552		0,51	m3	280,00
Bueiros	3 c/27 tubos Total		166,67	Un	500,00
Chamote	2.100	3.500	2,25	m3	4725,00
Pedra (folhelho detonado)	1.200 sendo detonado 1.000	3.000	3,00 m3 detonado	m3	3000,00

2)Serviços	Equipamento	Quantidade m3	Quantidade m lineares	Custo Unitário R\$	Unid.	Custo Total R\$
Valetas (60cm)	Retro-Escav.		1.100	0,71	m	780,00
Patrola	Patrol		4.000	0,50	m	2000,00
Espalhamento Chamote	Trator Esteira	2.100	3.500	0,33	m	1.155,00
Carga Pedra detonada	Carregadeira	1.200		1,00	m3	1.200,00
Transporte pedras	C.Basculant.	1.200		1,70	m3	2.040,00
Espalhamento pedras	Trator Esteira	1.200		0,93	m3	1.116,00
Secagem do Chamote	Patrol	400	2.000	0,75	m3	300,00
Transporte chamote	C.Basculant.					600,00
Espalhamento	Patrol	400		0,64	m3	256,00
Corte e Carga areia						414,00
Espalhamento areia	Patrol					2.560,00
Transporte areia branca	C.Basculant.					2.760,00

Sub-total: R\$ 23.686,00

Custo por Km : R\$ 5.921,50

MATERIAIS E SERVIÇOS COMPLEMENTARES - JANEIRO/2000

Material	Quantidade m3	Quantidade m lineares	Custo Unitário R\$	Unid.	Custo Total R\$
Rejeito de Calcáreo	123	2160	11,00	m3	1.353,00

Serviços	Equipamento	Quantidade m3	Quantidade m lineares	Custo Unitário R\$	Unid.	Custo Total R\$
Carga Rejeito Calcáreo	Carregadeira	123		0,43	m3	52,89
Transp. Rejeito Calcáreo	C.Basculant.	123		1,50	m3	184,50
Espalhamento	Patrol	123		0,64	m3	78,72

Sub-total: R\$ 1.669,11

Custo por Km R\$ 417,28

CUSTO TOTAL: R\$25.355,11

CUSTO TOTAL POR KM: R\$ 6.338,78

TABELA A3.2: PRODUÇÃO CONFORME TALHÕES PARA DESBASTE

FAZENDA 1

TALHÃO	ÁREA	SORTIMENTO em M ³ e %										TOTAL	PROD/Ha
		Torno	%	TG	%	TF	%	Celulose	%	Residuo	%		
1	9,87	71	6	390	32	505	41	217	18	53	4	1236	125,23
2	47,25	170	3	1243	23	2500	46	1266	23	288	5	5467	115,70
3	39,44	134	3	1002	20	2631	53	974	19	260	5	5001	126,80
4	16,33	36	2	220	12	981	55	449	25	114	6	1800	110,23
5	11,48	85	6	334	24	637	45	284	20	80	6	1420	123,69
6	5,02	22	3	171	24	262	36	202	28	68	9	725	144,42
7	4,56	-	-	15	3	124	24	301	58	82	16	522	114,47
8	16,05	-	-	472	24	942	49	424	22	104	5	1942	121,00
Total	150	518	3	3847	21	8582	47	4117	23	1049	6	18113	120,75

FAZENDA 2.1

TALHÃO	ÁREA	SORTIMENTO em m ³ e %										TOTAL	PROD/Ha
		Torno	%	TG	%	TF	%	Celulose	%	Residuo	%		
1	12,15	230	18	367	28	442	34	225	17	50	4	1314	108,15
2	24,9	237	10	513	21	1098	44	523	21	112	5	2483	99,72
3	42,26	190	5	600	15	1897	48	1027	26	237	6	3951	93,49
4	18,65	69	4	472	26	737	41	425	23	112	6	1815	97,32
5	46,51	112	3	907	21	1884	43	1181	27	298	7	4382	94,22
6	26,61	-	-	617	20	1546	49	812	26	184	6	3159	118,71
Total	171,08	838	5	3476	20	7604	44	4193	25	993	6	17104	99,98

FAZENDA 2.2

TALHÃO	ÁREA	SORTIMENTO em m ³ e %										TOTAL	PROD/HA
		Torno	%	TG	%	TF	%	Celulose	%	Residuo	%		
1	7,12	68	7	364	39	360	39	100	11	31	3	923	129,63
2	21,45	99	3	1.038	32	1.527	47	433	13	122	4	3219	150,07
3	5,66	31	5	203	32	263	42	107	17	25	4	629	111,13
4	12,48	57	4	589	37	691	43	217	14	50	3	1604	128,53
5	3,55	73	8	253	28	361	40	168	19	37	4	892	251,27
Total	50,26	328	5	2447	34	3202	44	1025	14	265	4	7267	144,59

Fonte: Pesquisa de Campo (1999/2000)

TABELA A3.3: TOTAIS POR TALHÃO EM TONELADAS SEREM TRANSPORTADAS APÓS O SEGUNDO DESBASTE

Fazenda 1		Fazenda 2.1		Fazenda 2.2	
TALHÃO	Total Transporte (t)	TALHÃO	Total Transporte (t)	TALHÃO	Total Transporte (t)
1	1479	1	1580	1	1115
2	6474	2	2964	2	3871
3	5926	3	4643	3	755
4	2108	4	2129	4	1943
5	1675	5	5105	5	1069
6	821	6	3719	Total	8753
7	550	Total	20139		
8	2298				
Total	21330			Total Geral	50.222 t

FONTE: Pesquisa de Campo (1999/2000)

TABELA A3.4: PRODUÇÃO DE MADEIRA REALIZADA NAS FAZENDAS

FAZENDA 2.1

Período: junho/99 a janeiro/00.

Toneladas na balança

MESES	TORNO	TG	TF	CELUL	TOTAL
Jun/99	103,03	1091,98	890,31	194,06	2279,38
Jul/99	158,92	707,75	600,67	218,28	1685,52
Ago/99	270,35	1042,37	854,08	-	2166,8
Set/99	7,91	323,23	253,65	-	584,79
Out/99	-	1035,64	601,25	262,32	1699,21
Nov/99	-	941,24	116,21	85,61	1143,06
Dez/99	-	1130,32	63,58	-	1193,9
Jan/00	6,61	295,33	517,11	50,3	869,35
TOTAL	546,72	6567,86	3896,86	810,57	11822,01
MÉDIA/MÊS	109,344	820,9825	487,1075	162,114	1477,751

Obs. Em setembro de 1999 foram transportadas mais 2,98 toneladas de biomassa.

FAZENDA 2.1

Período: junho/99 a janeiro/00.

Toneladas na balança

MESES	TORNO	TG	TF	CELUL	TOTAL
Jun/99	-	-	-	-	-
Jul/99	-	-	-	-	-
Ago/99	-	-	-	-	-
Set/99	-	-	-	-	-
Out/99	-	-	-	-	-
Nov/99	-	-	-	-	-
Dez/99	-	82,35	12,69	-	95,04
Jan/00	-	168,43	69,53	-	237,96
TOTAL	-	250,78	82,22	-	333
MÉDIA/MÊS	-	125,39	41,11	-	166,5

FAZENDA 1

Período: junho/99 a janeiro/00.

Toneladas na balança

MESES	TORNO	TG	TF	CELUL	TOTAL
Jun/99	-	-	-	-	-
Jul/99	-	-	-	-	-
Ago/99	-	-	-	-	-
Set/99	-	2155,97	1338,52	-	3494,49
Out/99	-	1470,75	487,68	-	1958,43
Nov/99	-	2082,38	628,46	182,88	2893,72
Dez/99	-	313,44	70,59	-	384,03
Jan/00	-	310,78	130,87	-	441,65
TOTAL	-	6333,32	2656,12	182,88	9172,32
MÉDIA/MÊS	-	1266,664	531,224	182,88	1834,464

Obs. Total transportado de junho/99 até janeiro/00 = 21.327,33 toneladas.

Fonte: Pesquisa de Campo (1999/2000)

TABELA A3.5: DADOS DO PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS 1 E 2

continua

1) Estrada Principal do Ponto A para o Ponto B

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
A	850	0	0	-				0	850
	840	350	350	-2,86%				350	840
	830	300	650	-3,33%				650	830
A1	820	430	1080	-2,33%	-2,78%	1080	1080	1080	820
	810	110	1190	-9,09%				1190	810
	800	120	1310	-8,33%				1310	800
A2	790	70	1380	-14,29%	-10,00%	300	1380	1380	790
PONTE	790	130	1510	0,00%				1510	790
A3	790	80	1590	0,00%	0,00%	210	1590	1590	790
	800	100	1690	10,00%				1690	800
	810	50	1740	20,00%				1740	810
	820	90	1830	11,11%				1830	820
A4	830	130	1960	7,69%	10,81%	370	1960	1960	830
	840	360	2320	2,78%				2320	840
B	845	60	2380	8,33%	3,57%	420	2380	2380	845
Total:						2380			

2) Estrada Principal - Pontos B, C, D, E, F, G, H, I, J, L, M, N e O

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
B	845	0	0	-				0	845
C	846	60	60	1,67%				60	846
D	847	460	520	0,22%				520	847
	840	70	590	-10,00%				590	840
E	833	360	950	-1,94%				950	833
F	833	380	1330	0,00%	-0,90%	1330	1330	1330	833
	830	120	1450	-2,50%				1450	830
G	829	60	1510	-1,67%				1510	829
H	827	110	1620	-1,82%				1620	827
I	823	140	1760	-2,86%				1760	823
	820	70	1830	-4,29%				1830	820
J	817	170	2000	-1,76%				2000	817
L	817	30	2030	0,00%				2030	817
M	817	140	2170	0,00%	-1,90%	840	2170	2170	817
	816	60	2230	-1,67%				2230	816
	810	100	2330	-6,00%				2330	810
	800	130	2460	-7,69%				2460	800
N	796	80	2540	-5,00%				2540	796
	790	100	2640	-6,00%				2640	790
O	780	110	2750	-9,09%	-6,38%	580	2750	2750	780

3) Estrada Principal - Pontos D, P, Q e R.

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
D	847	0	0	-				0	847
	840	290	290	-2,41%				290	840
P	840	220	510	0,00%				510	840
	840	200	710	0,00%				710	840
Q	845	150	860	3,33%	-0,23%	860	860	860	845
	840	150	1010	-3,33%				1010	840
	830	80	1090	-12,50%				1090	830
	820	20	1110	-50,00%				1110	820
R	817	20	1130	-15,00%	-10,37%	270	1130	1130	817

TABELA A3.5: DADOS DO PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS 1 E 2

continua

4) Estrada Secundária - Pontos P e S

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
P	840	0	0	-				0	840
P1	840	80	80	0,00%	0,00%	80	80	80	840
	830	220	300	-4,55%				300	830
	820	120	420	-8,33%				420	820
	810	50	470	-20,00%				470	810
S	800	40	510	-25,00%	-9,30%	430	510	510	800

5) Estrada Principal - Pontos F, T, U, V, X, Z e W

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
F	833	0	0	-				0	833
	830	290	290	-1,03%				290	830
T	827	70	360	-4,29%				360	827
T1	820	150	510	-4,67%	-2,55%	510	510	510	820
E	810	100	610	-10,00%				610	810
F	800	60	670	-16,67%				670	800
	790	130	800	-7,69%				800	790
U	785	90	890	-5,56%	-9,21%	380	890	890	785
V	785	70	960	0,00%				960	785
X	785	250	1210	0,00%	0,00%	320	1210	1210	785
	790	90	1300	5,56%				1300	790
	790	140	1440	0,00%				1440	790
	791	60	1500	1,67%				1500	791
	789	160	1660	-1,25%				1660	789
	790	110	1770	0,91%				1770	790
X1	790	110	1880	0,00%	0,75%	670	1880	1880	790
	800	40	1920	25,00%				1920	800
Y	805	30	1950	16,67%				1950	805
	810	60	2010	8,33%				2010	810
Z	800	60	2070	-16,67%				2070	800
Z1	810	130	2200	7,69%	6,25%	320	2200	2200	810
	810	160	2360	0,00%				2360	810
	810	90	2450	0,00%				2450	810
	800	60	2510	-16,67%				2510	800
W	813	70	2580	18,57%	0,79%	380	2580	2580	813

Obs. Existência de rampas de grande declividade no terreno natural.

6) Estrada Principal - Pontos W, AA e Q

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
W	813	0	0	-				0	813
	820	100	100	7,00%				100	820
	830	80	180	12,50%				180	830
AA	835	80	260	6,25%				260	835
AA1	840	70	330	7,14%	8,18%	330	330	330	840
	847	160	490	4,38%				490	847
	845	180	670	-1,11%				670	845
	850	160	830	3,13%				830	850
	853	80	910	3,75%				910	853
AA2	855	280	1190	0,71%	2,15%	860	1190	1190	855
	850	240	1430	-2,08%				1430	850
Q	845	100	1530	-5,00%	-2,94%	340	1530	1530	845

TABELA A3.5: DADOS DO PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS 1 E 2

continua

7) Estrada Principal - Pontos BB, CC, DD, EE, FF, GG e G

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
BB(BR-280)	817	0	0	-				0	817
	810	50	50	-14,00%				50	810
BB1	810	70	120	0,00%	-5,83%	120	120	120	810
	820	130	250	7,69%				250	820
CC	824	170	420	2,35%	4,67%	300	420	420	824
	820	160	580	-2,50%				580	820
	810	80	660	-12,50%				660	810
	800	130	790	-7,69%				790	800
	790	50	840	-20,00%				840	790
DD	785	30	870	-16,67%	-8,67%	450	870	870	785
EE	790	100	970	5,00%				970	790
EE1	790	100	1070	0,00%	2,50%	200	1070	1070	790
FF(Ponte)	785	80	1150	-6,25%	-6,25%	80	1150	1150	785
FF1	790	80	1230	6,25%	6,25%	80	1230	1230	790
	790	50	1280	0,00%				1280	790
GG	800	50	1330	20,00%	10,00%	100	1330	1330	800
	810	140	1470	7,14%				1470	810
	820	110	1580	9,09%				1580	820
G	829	220	1800	4,09%	6,17%	470	1800	1800	829

8) Estrada Secundária - Pontos DD, JJ, e HH

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
DD	785	0	0	-				0	785
	790	60	60	8,33%				60	790
	800	130	190	7,69%				190	800
JJ	808	120	310	6,67%				310	808
	810	30	340	6,67%				340	810
	820	150	490	6,67%				490	820
JJ1	830	150	640	6,67%	7,03%	640	640	640	830
HH(BR-280)	835	670	1310	0,75%	0,75%	670	1310	1310	835

9) Estrada Secundária - Pontos JJ, NN, e C

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
JJ	808	0	0	-				0	808
	800	100	100	-8,00%				100	800
NN	792	70	170	-11,43%				170	792
NN1-Ponte	790	40	210	-5,00%	-8,57%	210	210	210	790
NN2	790	110	320	0,00%	0,00%	110	320	320	790
	800	50	370	20,00%				370	800
	810	240	610	4,17%				610	810
	820	110	720	9,09%				720	820
	830	150	870	6,67%				870	830
	840	100	970	10,00%				970	840
C	846	150	1120	4,00%	7,00%	800	1120	1120	846

10) Estrada Secundária - Pontos KK, LL e EE

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
KK	816	0	0	-				0	816
	810	70	70	-8,57%				70	810
	800	30	100	-33,33%				100	800
	790	90	190	-11,11%				190	790
KK1-Riacho	790	150	340	0,00%	-7,65%	340	340	340	790
	800	210	550	4,76%				550	800
LL	802	30	580	6,67%	5,00%	240	580	580	802
	800	120	700	-1,67%				700	800
	800	80	780	0,00%				780	800
	800	240	1020	0,00%				1020	800
EE	790	60	1080	-16,67%	-2,40%	500	1080	1080	790

TABELA A3.5: DADOS DO PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS 1 E 2

continua

11) Estrada Secundária - Pontos XX, M, MM e GG

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
XX	807	0	0					0	807
	810	100	100	3,00%				100	810
M	817	30	130	23,33%	7,69%	130	130	130	817
	810	200	330	-3,50%				330	810
	810	100	430	0,00%				430	810
M1	810	120	550	0,00%	-1,67%	420	550	550	810
MM	815	130	680	3,85%				680	815
	810	110	790	-4,55%				790	810
GG	800	160	950	-6,25%	-2,50%	400	950	950	800

12) Estrada Principal (BR-280) - Pontos BB, HH e II

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
BB	817	0	0	-			0	0	817
	820	230	230	1,30%				230	820
	830	180	410	5,56%				410	830
HH	835	60	470	8,33%				470	835
	840	50	520	10,00%				520	840
	850	190	710	5,26%				710	850
II	856	170	880	3,53%	4,43%	880	880	880	856

13) Estrada Secundária - Pontos NN e E

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
NN	792	0	0	-			0	0	792
	790	30	30	-6,67%				30	790
NN1-Ponte	790	110	140	0,00%	-1,43%	140	140	140	790
	800	100	240	10,00%				240	800
	810	60	300	16,67%				300	810
	820	120	420	8,33%				420	820
	830	110	530	9,09%				530	830
E	833	170	700	1,76%	7,68%	560	700	700	833

14) Estrada Secundária - Pontos MM e H

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
MM	815	0	0	-			0	0	815
	820	60	60	8,33%				60	820
H	827	200	260	3,50%	4,62%	260	260	260	827

15) Estrada Secundária - Pontos LL e FF

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
LL	802	0	0	-			0	0	802
	800	110	110	-1,82%				110	800
	790	180	290	-5,56%				290	790
FF	785	230	520	-2,17%	-3,27%	520	520	520	785

16) Estrada Secundária - Pontos G, OO, PP e QQ

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
G	829	0	0	-			0	0	829
	830	90	90	1,11%				90	830
	830	100	190	0,00%				190	830
OO	827	120	310	-2,50%				310	827
	824	320	630	-0,94%				630	824
PP	824	50	680	0,00%				680	824
PP1	823	220	900	-0,45%	-0,67%	900	900	900	823
	820	110	1010	-2,73%				1010	820
	810	120	1130	-8,33%				1130	810
QQ	800	40	1170	-25,00%	-8,52%	270	1170	1170	800

TABELA A3.5: DADOS DO PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS 1 E 2

conclusão

17) Estrada Secundária - Pontos J, RR, SS, TT, UU e VV

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
J	817	0	0	-			0	0	817
	810	130	130	-5,38%				130	810
RR	815	150	280	3,33%				280	815
SS	815	640	920	0,00%	-0,22%	920	920	920	815
TT	811	280	1200	-1,43%				1200	811
	810	50	1250	-2,00%				1250	810
	810	80	1330	0,00%				1330	810
UU	808	110	1440	-1,82%				1440	808
VV	802	250	1690	-2,40%	-1,69%	770	1690	1690	802

18) Estrada Secundária - Pontos L, XX, VV, ZZ, e N

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
L	817	0	0	-			0	0	817
	810	130	130	-5,38%				130	810
XX	807	70	200	-4,29%				200	807
VV	802	60	260	-8,33%				260	802
W1	800	40	300	-5,00%	-5,67%	300	300	300	800
	800	100	400	0,00%				400	800
	800	130	530	0,00%				530	800
	800	30	560	0,00%				560	800
ZZ	801	60	620	1,67%	0,31%	320	620	620	801
	800	20	640	-5,00%				640	800
N	796	180	820	-2,22%	-2,50%	200	820	820	796

19) Estrada Secundária - Pontos YY, RR, WW, OO e TT

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
YY	814	0	0	-			0	0	814
RR	815	120	120	0,83%				120	815
	810	150	270	-3,33%				270	810
WW	810	130	400	0,00%				400	810
WW1	810	40	440	0,00%	-0,91%	440	440	440	810
	820	140	580	7,14%				580	820
OO	825	110	690	4,55%				690	825
TT	827	70	760	2,86%	5,31%	320	760	760	827

20) Estrada Secundária - Pontos I e WW

PONTOS	COTA	DISTÂNCIA	DIST.ACUM.	RAMPA %	RampaEstrada%	Distância	Dist.Acum	DIST.ACUM.	Pontos
I	823	0	0	-			0	0	823
	820	150	150	-2,00%				150	820
WW	810	30	180	-33,33%	-7,22%	180	180	180	810

Fonte: Pesquisa de Campo

GRÁFICO A3.1 PERFIS DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS

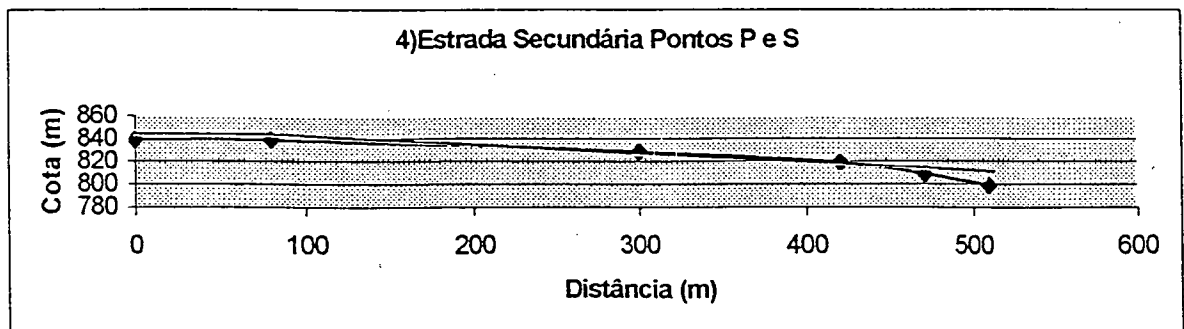
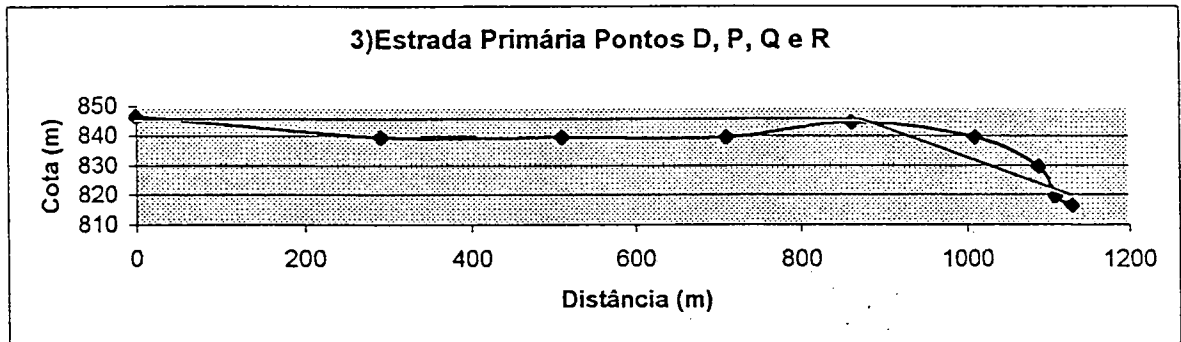
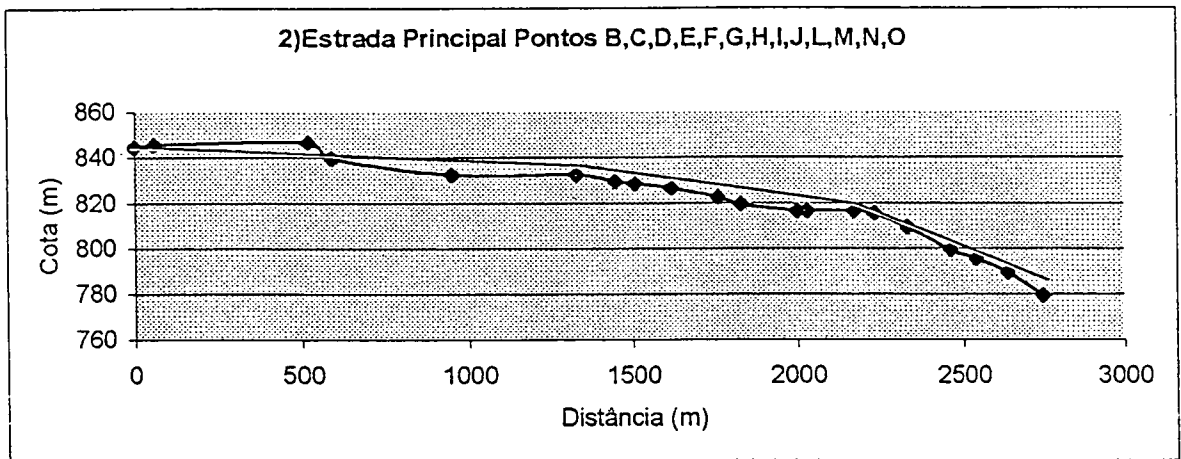
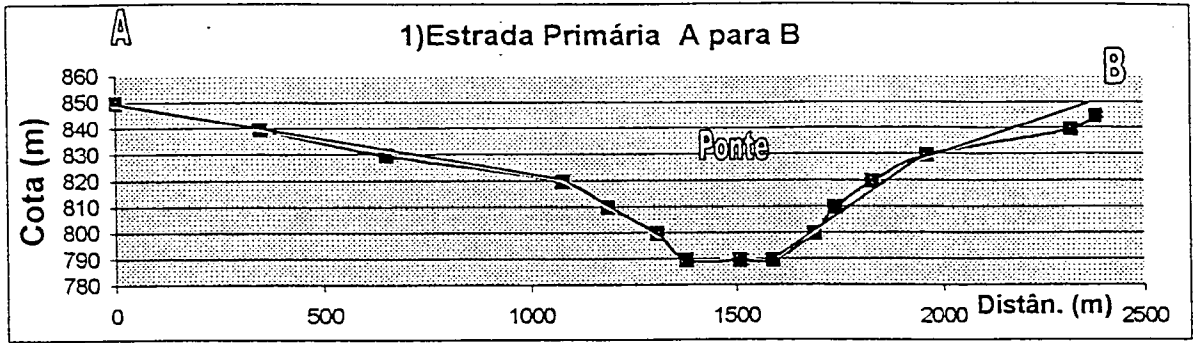


GRÁFICO A3.1: PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS

continua

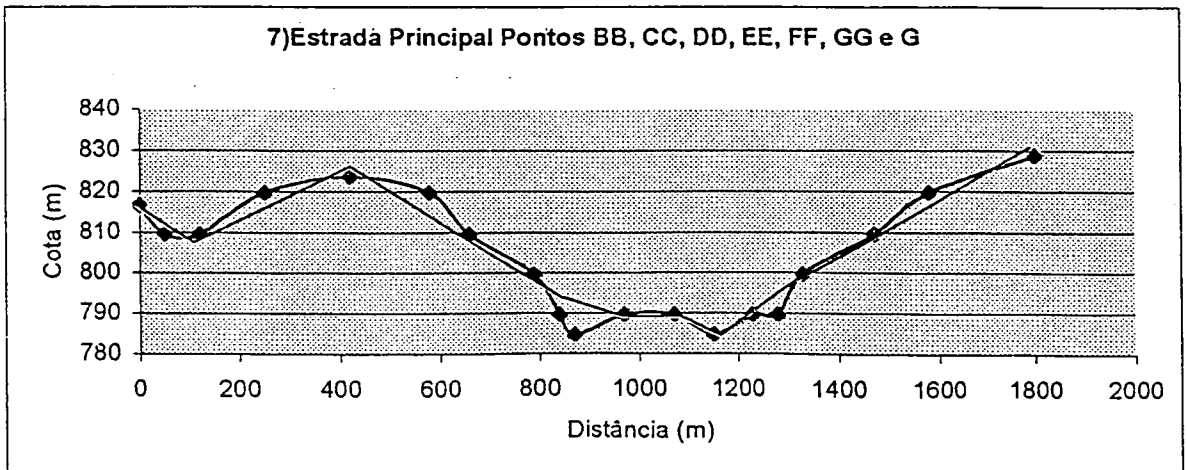
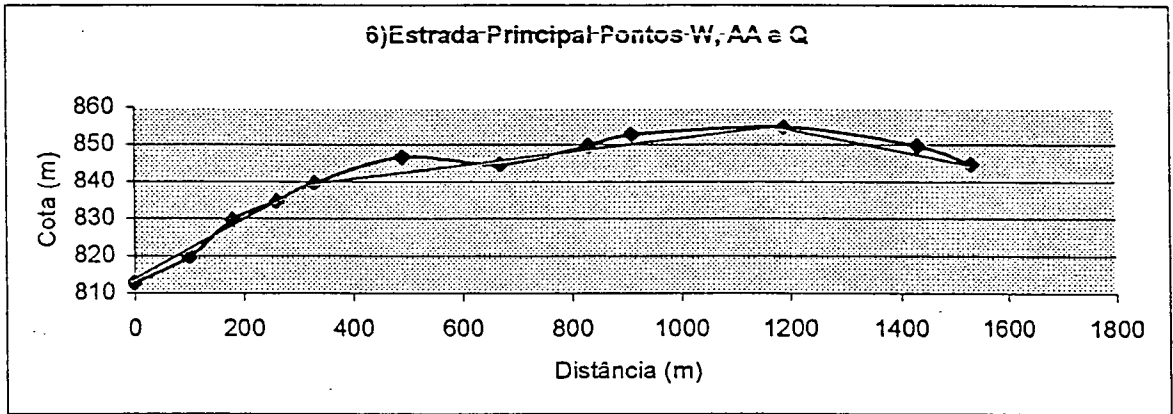
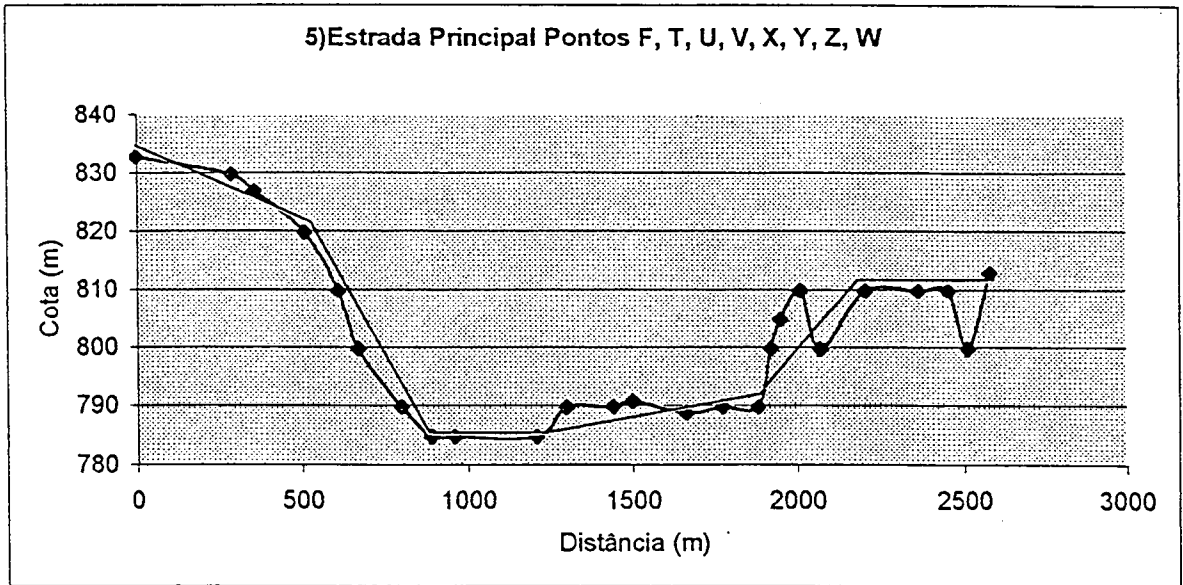


GRÁFICO A3.1: PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS

continua

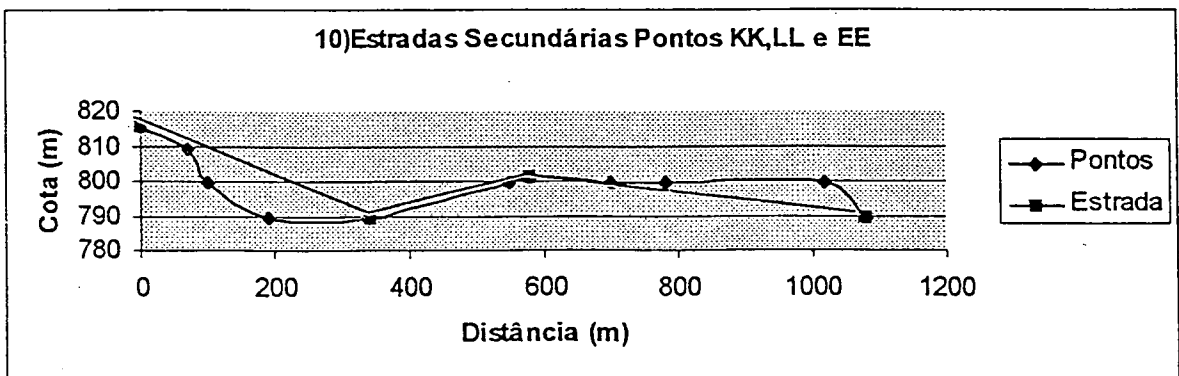
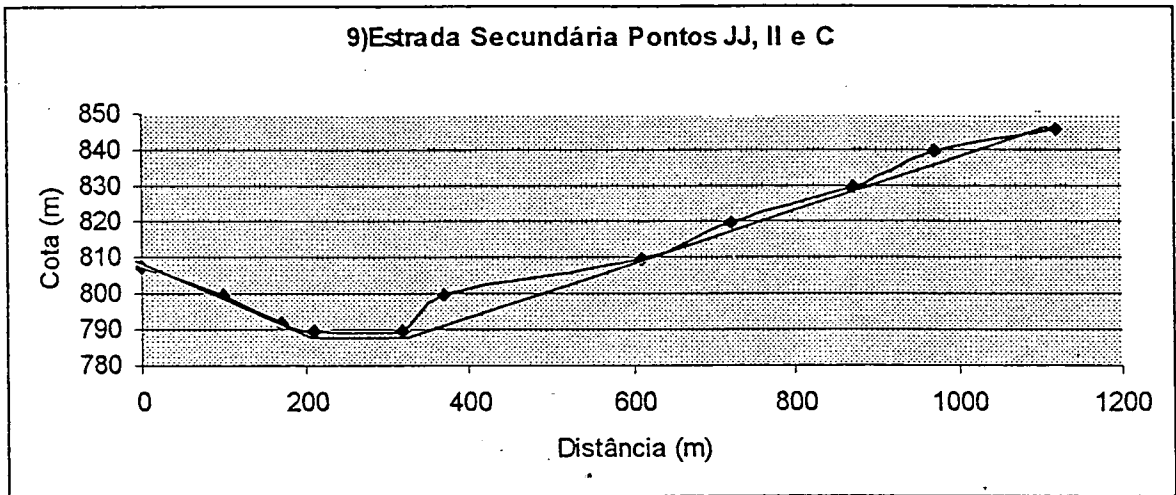
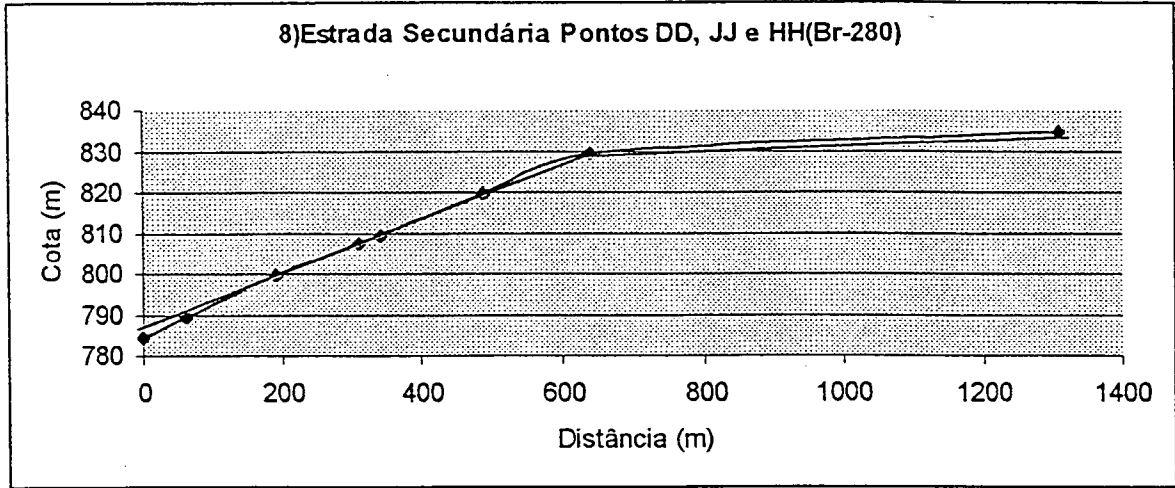


GRÁFICO A3.1: PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS

continua

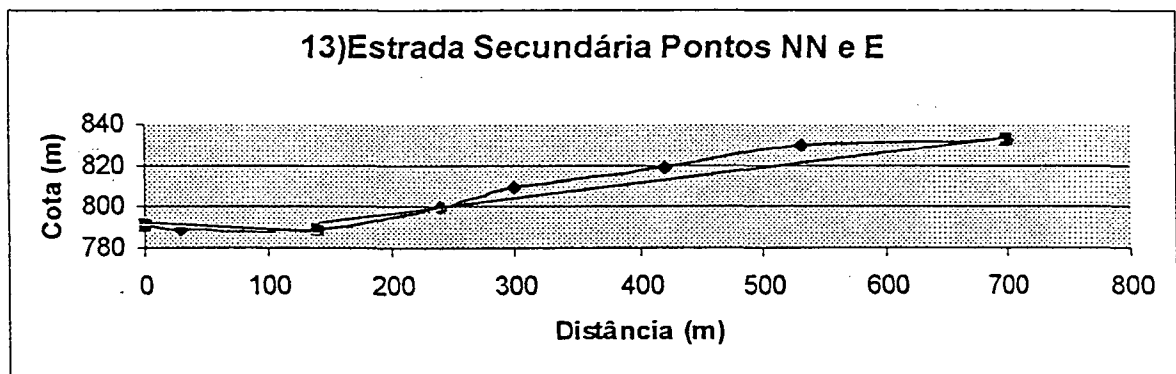
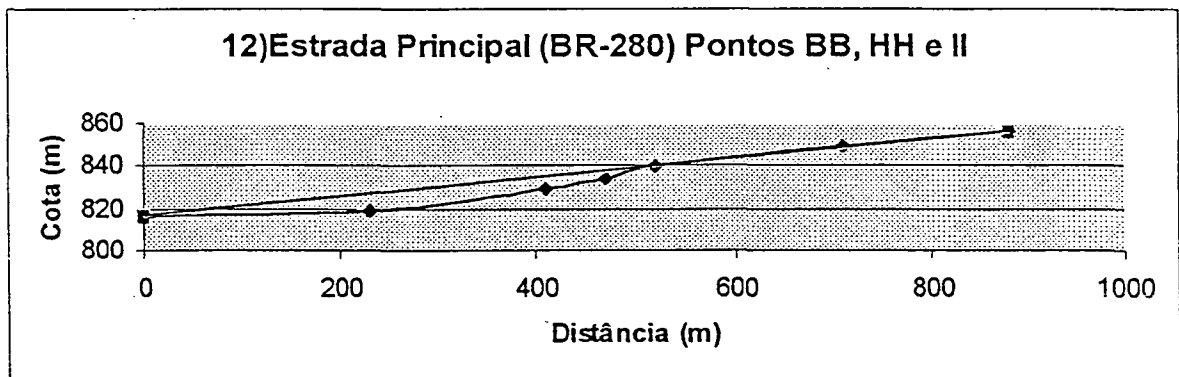
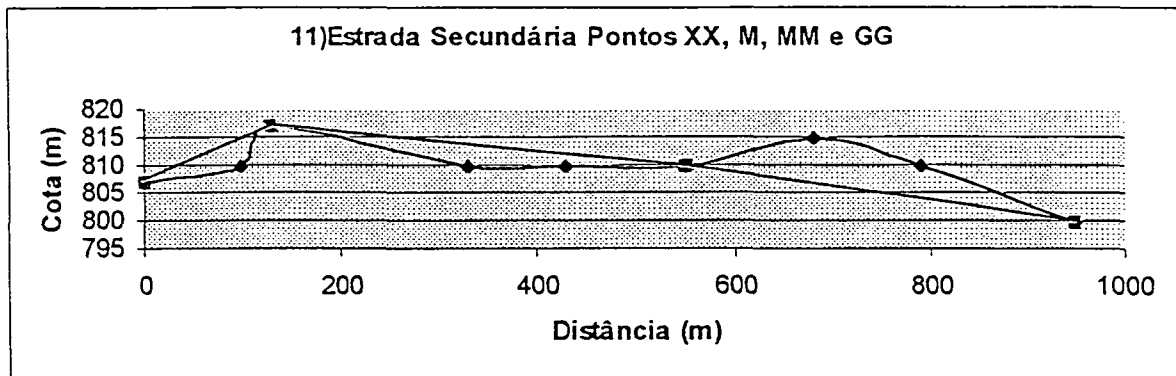


GRÁFICO A3.1: PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS

continua

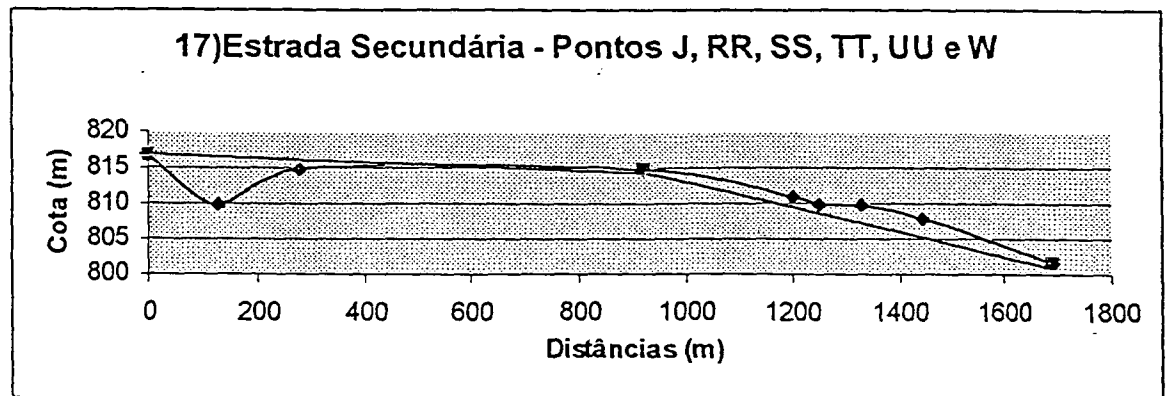
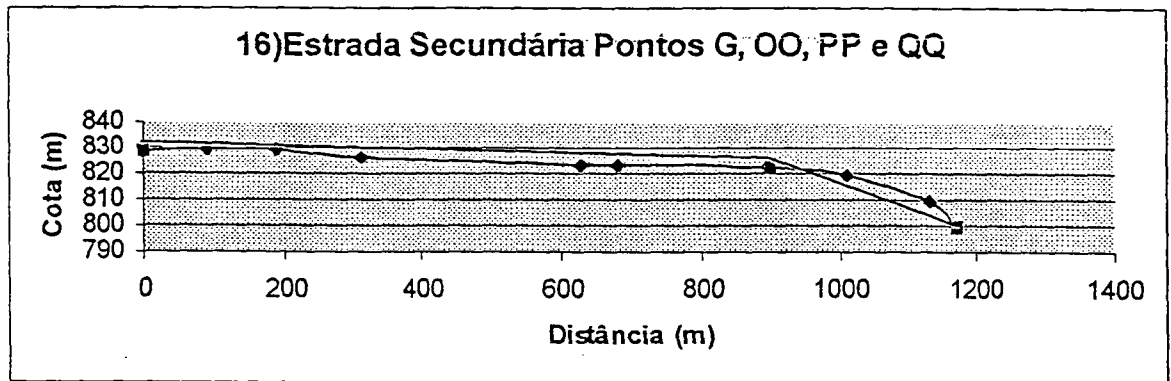
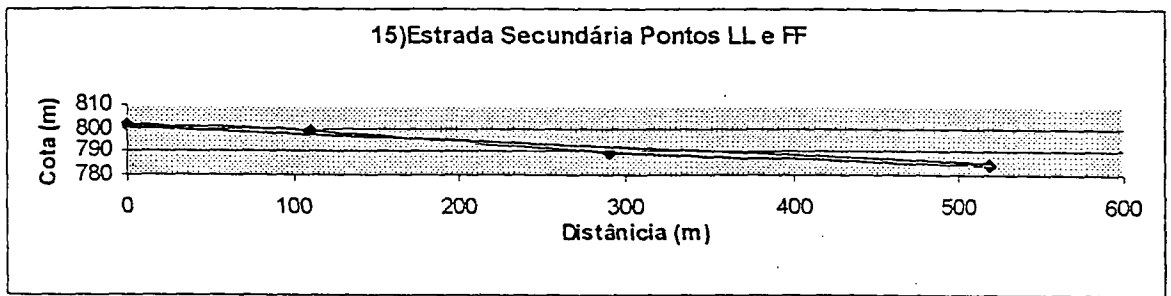
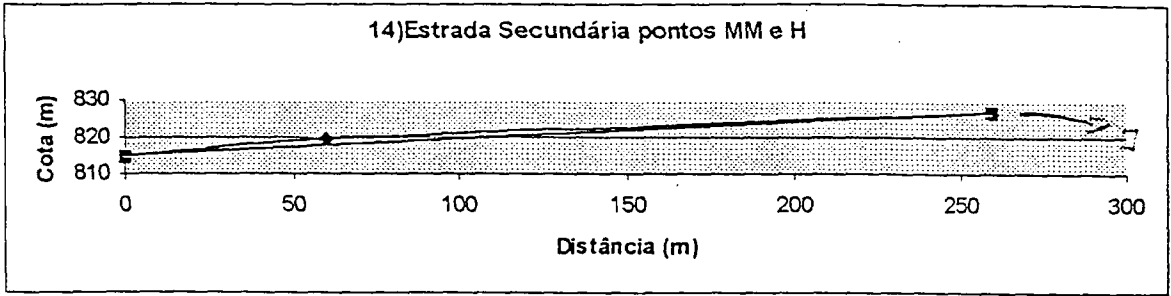
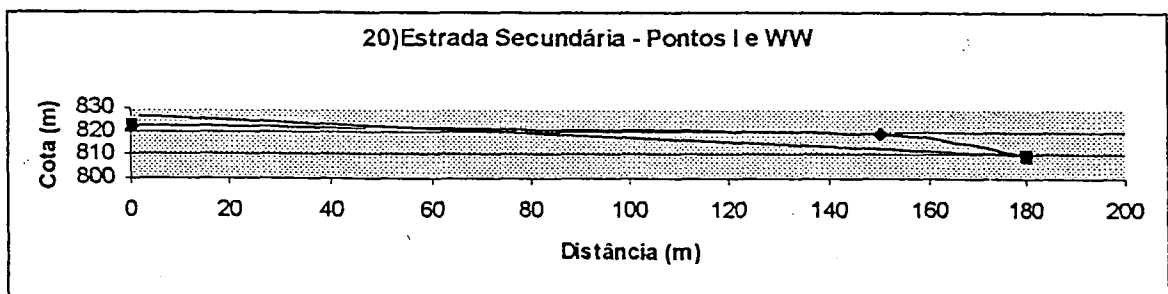
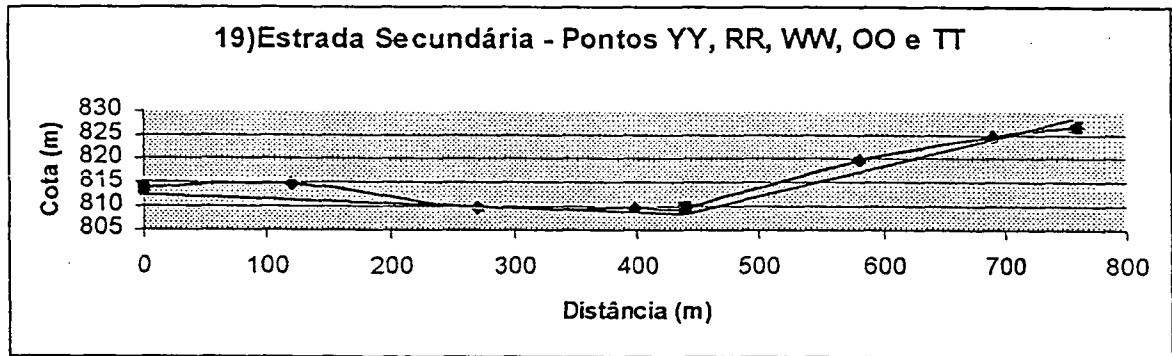
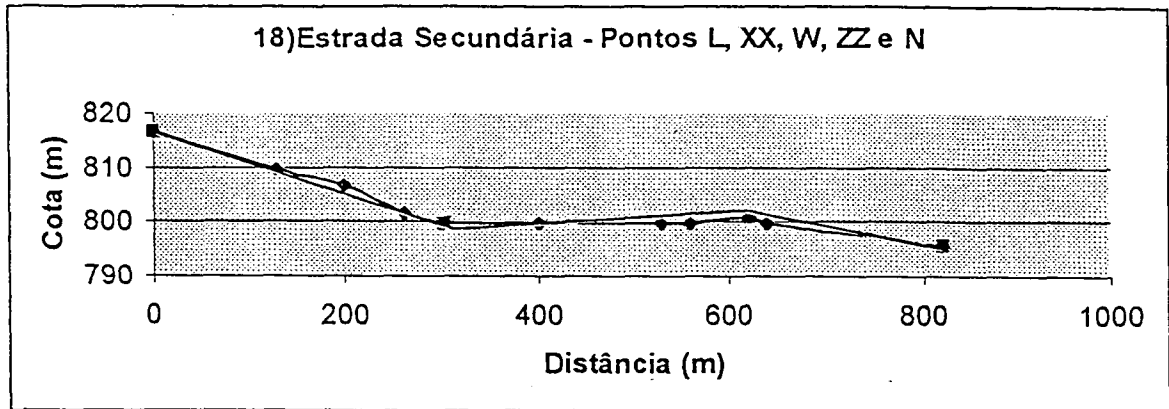


GRAFICO A3.1: PERFIL DAS ESTRADAS DAS FAZENDAS :

conclusão



Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. Para todas as vias é apresentado o Perfil do Terreno Natural (ligando todas as cotas) e o Greide proposto.

TABELA A3.6: NUMERAÇÃO DOS NÓS DA REDE VIÁRIA DAS FAZENDAS

Nós	Número	Nós	Número	Nós	Número	Nós	Número
A	1	O	19	AA2	37	NN2	55
A1	2	P	20	BB	38	KK	56
A2	3	P1	21	BB1	39	KK1	57
A3	4	Q	22	CC	40	OO	58
A4	5	R	23	DD	41	PP	59
B	6	S	24	EE	42	PP1	60
C	7	T	25	EE1	43	QQ	61
D	8	T1	26	FF	44	RR	62
E	9	U	27	FF1	45	SS	63
F	10	V	28	GG	46	TT	64
G	11	X	29	JJ	47	UU	65
H	12	X1	30	JJ1	48	VV	66
I	13	Y	31	HH	49	VV1	67
J	14	Z	32	II	50	XX	68
L	15	Z1	33	LL	51	ZZ	69
M	16	W	34	MM	52	YY	70
M1	17	AA	35	NN	53	WW	71
N	18	AA1	36	NN1	54	WW1	72

Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA A3.7: SAÍDA DO PROGRAMA QSBPLUS - DISTÂNCIAS MÍNIMAS ENTRE OS NÓS

continua

Nó	Dist (m)	Caminho Mínimo a partir do nó 1
2	1080	1- 2
3	1380	1- 2- 3
4	1590	1- 2- 3- 4
5	1960	1- 2- 3- 4- 5
6	2380	1- 2- 3- 4- 5- 6
7	2440	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7
8	2900	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8
9	3330	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9
10	3710	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10
11	3890	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11
12	4000	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12
13	4140	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13
14	4380	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14
15	4410	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15
16	4550	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 16
17	4390	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 52- 17
18	4920	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 16- 18
19	5130	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 16- 18- 19
20	3410	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20
21	3490	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 21
22	3760	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 22
23	4030	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 22- 23

TABELA A3.7.: SAÍDA DO PROGRAMA QSBPLUS - DISTÂNCIAS MÍNIMAS
ENTRE OS NÓS

		conclusão
24	3920	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 21- 24
25	4070	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25
26	4220	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 26
27	4600	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 26- 27
28	4670	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 26- 27- 28
29	4920	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 26- 27- 28- 29
30	5590	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 26- 27- 28- 29- 30
31	5660	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 26- 27- 28- 29- 30- 31
32	5780	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 26- 27- 28- 29- 30- 31- 32
33	5670	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 22- 37- 36- 35- 34- 33
34	5290	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 22- 37- 36- 35- 34
35	5030	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 22- 37- 36- 35
36	4960	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 22- 37- 36
37	4100	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 20- 22- 37
38	4840	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 40- 39- 38
39	4720	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 53- 47- 41- 40- 39
40	4420	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 40
41	3970	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41
42	4070	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 42
43	4170	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 42- 43
44	4250	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 42- 43- 44
45	4330	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 42- 43- 44- 45
46	4360	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 46
47	3660	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47
48	3990	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 48
49	4660	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 48- 49
50	5070	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 48- 49- 50
51	4570	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 42- 51
52	4260	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 52
53	3490	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53
54	3350	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54
55	3240	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55
56	5150	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 42- 51- 57- 56
57	4810	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 55- 54- 53- 47- 41- 42- 51- 57
58	4140	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 58
59	4510	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 58- 59
60	4730	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 58- 59- 60
61	5000	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 25- 58- 59- 60- 61
62	4600	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 71- 62
63	5240	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 71- 62- 63
64	5160	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 68- 66- 65- 64
65	4920	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 68- 66- 65
66	4670	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 68- 66
67	4710	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 68- 66- 67
68	4610	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 68
69	5030	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 14- 15- 68- 66- 69
70	4720	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 71- 62- 70
71	4320	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 71
72	4360	1- 2- 3- 4- 5- 6- 7- 8- 9- 10- 11- 12- 13- 71- 72

Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA A3.8: OBTENÇÃO DOS CAMINHOS MÍNIMOS PELO ALGORITMO DE DIJSTRA
VEICULO CARREGADO PARA CHEGAR AO NÓ 1 (FÁBRICA)

NÓ ORIGEM	CUSTO OPER. 1o. TRAMO	NÓ A SEGUIR	CUSTO OPER. TOTAL	CAMINHO DE MENOR CUSTO DE OPER. PARA VEICULO CARREGADO
2	3,27326	1	3,27326	2-1
3	2,35995	2	5,63321	3-2-1
4	0,39243	3	6,02564	4-3-2-1
5	1,10308	4	7,12872	5-4-3-2-1
6	0,56826	5	7,69698	6-5-4-3-2-1
7	0,13130	6	7,82828	7-6-5-4-3-2-1
8	1,00666	7	8,83494	8-7-6-5-4-3-2-1
9	0,94101	8	9,77595	9-8-7-6-5-4-3-2-1
10	0,83159	9	10,60754	10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
11	0,46940	10	11,07694	11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
12	0,28686	11	11,36380	12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
13	0,36509	12	11,72889	13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
14	0,62587	13	12,35476	14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
15	0,07823	14	12,43299	15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
16	0,36509	15	12,79808	16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
17	0,17039+1,05479	52 e 12	12,58898	17-52-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
18	1,91749	16	14,71557	18-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
19	1,08830	18	15,80387	19-18-16-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
20	0,99205	8	9,82699	20-8-7-6-5-4-3-2-1
21	0,14950	20	9,97649	21-20-8-7-6-5-4-3-2-1
22	0,68082	20	10,50781	22-20-8-7-6-5-4-3-2-1
23	2,20533	22	12,71314	23-22-20-8-7-6-5-4-3-2-1
24	3,14330	21	13,11979	24-21-20-8-7-6-5-4-3-2-1
25	1,04962	10	11,65716	25-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
26	0,43734	25	12,09450	26-25-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
27	2,75109	26	14,84559	27-26-25-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
28	0,13081	27	14,97640	28-27-26-25-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
29	0,46718	28	15,44358	29-28-27-26-25-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
30	1,10161	29	16,54519	30-29-28-27-26-25-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
31	0,35665	30	16,90184	31-30-29-28-27-26-25-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
32	0,66235	33	16,90508	32-33-34-35-36-37-22-20-8-7-6-5-4-3-2-1
33	0,81563	34	16,24273	33-34-35-36-37-22-20-8-7-6-5-4-3-2-1
34	1,67877	35	15,42710	34-35-36-37-22-20-8-7-6-5-4-3-2-1
35	0,45198	36	13,74833	35-36-37-22-20-8-7-6-5-4-3-2-1
36	2,34178	37	13,29635	36-37-22-20-8-7-6-5-4-3-2-1
37	0,44676	22	10,95457	37-22-20-8-7-6-5-4-3-2-1
38	1,8533	49	16,67300	38-49-48-47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
39	1,22613	40	17,09913	39-40-41-47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
40	1,02150	41	15,87300	40-41-47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
41	1,74490	47	14,85150	41-47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
42	0,13107	41	14,98257	42-41-47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
43	0,13576	44	14,77650	43-44-45-46-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
44	0,40760	45	14,64074	44-45-46-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
45	0,78665	46	14,23314	45-46-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
46	2,36955	11	13,44649	46-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
47	0,38080	53	13,10660	47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
48	0,61149	47	13,71809	48-47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
49	1,10161	48	14,81970	49-48-47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
50	0,58630	49	15,40600	50-49-48-47-53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
51	0,69264	44	15,33338	51-44-45-46-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
52	1,05479	12	12,41859	52-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
53	0,20580	54	12,72580	53-54-55-7-6-5-4-3-2-1
54	0,20556	55	12,52000	54-55-7-6-5-4-3-2-1
55	4,48616	7	12,31444	55-7-6-5-4-3-2-1
56	0,67864	57	17,04140	56-57-51-44-45-46-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
57	1,02938	51	16,36276	57-51-44-45-46-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
58	0,65147	11	11,72841	58-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
59	0,77756	58	12,50597	59-58-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
60	0,46233	59	12,96830	60-59-58-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
61	1,81197	60	14,78027	61-60-59-58-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
62	0,54370	14	12,89846	62-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
63	1,24275	62	14,14121	63-62-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
64	0,33936	65	14,35133	64-65-66-68-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
65	0,35350	66	14,01197	65-66-68-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
66	0,28280	68	13,65847	66-68-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
67	0,18854	66	13,56421	67-68-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
68	0,94268	15	13,37567	68-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
69	0,56672	67	14,13093	69-67-68-15-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
70	0,19212	62	13,09058	70-62-14-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
71	1,03718	13	12,76607	71-13-12-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1
72	1,12078	58	12,84919	72-58-11-10-9-8-7-6-5-4-3-2-1

Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA A3.9: OBTENÇÃO DOS CAMINHOS MÍNIMOS PELO ALGORITMO DE DIJSTRA
VEÍCULO VAZIO PARA SAIR DO NÓ 1 (FÁBRICA)

NÓ DESTINO	C. OPER. ÚLTIMO TRAMO	NÓ ANTERIOR	CUSTO OPER. TOTAL	CAMINHO DE MENOR CUSTO DE OPER. PARA VEÍCULO VAZIO
2	1,48176	1	1,48176	1-2
3	0,52629	2	2,00805	1-2-3
4	0,33959	3	2,34764	1-2-3-4
5	1,44555	4	3,79319	1-2-3-4-5
6	0,89880	5	4,69199	1-2-3-4-5-6
7	0,09128	6	4,78327	1-2-3-4-5-6-7
8	0,69984	7	5,48311	1-2-3-4-5-6-7-8
9	0,65420	8	6,13731	1-2-3-4-5-6-7-8-9
10	0,57813	9	6,71544	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10
11	0,25760	10	6,97304	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11
12	0,15742	11	7,13046	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12
13	0,20035	12	7,33081	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13
14	0,34346	13	7,67427	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14
15	0,04293	14	7,71720	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15
16	0,20035	15	7,91755	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16
17	0,25480	52 e 12	7,73444	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-52-17
18	0,52877	16	8,44632	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-18
19	0,30011	18	8,74643	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-18-19
20	0,81325	8	6,29636	1-2-3-4-5-6-7-8-20
21	0,12937	20	6,42573	1-2-3-4-5-6-7-8-20-21
22	0,55811	20	6,85447	1-2-3-4-5-6-7-8-20-22
23	0,48651	22	7,34098	1-2-3-4-5-6-7-8-20-22-23
24	0,72098	21	7,14671	1-2-3-4-5-6-7-8-20-21-24
25	0,49824	10	7,21368	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25
26	0,20760	25	7,42128	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-26
27	0,63312	26	8,05440	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-26-27
28	0,11320	27	8,16760	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-26-27-28
29	0,40428	28	8,57188	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-26-27-28-29
30	1,14436	29	9,71624	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-26-27-28-29-30
31	0,18795	30	9,90419	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-26-27-28-29-30-31
32	0,18454	33	10,04267	1-2-3-4-5-6-7-8-20-22-37-36-35-34-33-32
33	0,58254	34	9,85813	1-2-3-4-5-6-7-8-20-22-37-36-35-34-33
34	0,40716	35	9,27559	1-2-3-4-5-6-7-8-20-22-37-36-35-34
35	0,10962	36	8,86843	1-2-3-4-5-6-7-8-20-22-37-36-35
36	1,21346	37	8,75881	1-2-3-4-5-6-7-8-20-22-37-36
37	0,69088	22	7,54535	1-2-3-4-5-6-7-8-20-22-37
38	0,31104	39	9,47570	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-40-39-38
39	0,40335	40	9,16466	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-40-39
40	1,48140	41	8,76131	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-40
41	0,45663	47	7,27991	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41
42	0,19600	41	7,47591	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-42
43	0,19600	42	7,67191	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-42-43
44	0,11352	43	7,78543	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-42-43-44
45	0,17543	46	7,81352	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-46-45
46	0,66505	11	7,63809	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-46
47	0,55505	53	6,82328	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47
48	0,94611	47	7,76939	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-48
49	1,14436	48	8,91375	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-48-49
50	0,94300	49	9,85675	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-48-49-50
51	0,97205	42	8,44796	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-42-51
52	0,34918	12	7,47964	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-52
53	0,13060	54	6,26823	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53
54	0,17788	55	6,13763	1-2-3-4-5-6-7-55-54
55	1,17648	7	5,95975	1-2-3-4-5-6-7-55
56	1,02826	57	9,80113	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-42-51-57-56
57	0,32491	51	8,77287	1-2-3-4-5-6-7-55-54-53-47-41-42-51-56
58	0,09566	25	7,30934	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-58
59	0,57128	58	7,88062	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-58-59
60	0,33968	59	8,22030	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-58-59-60
61	0,43173	60	8,65203	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-58-59-60-61
62	0,48412	71	8,08259	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-71-62
63	1,01888	62	9,10147	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-71-62-63
64	0,44064	65	8,97694	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-68-66-65-64
65	0,45900	66	8,53630	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-68-66-65
66	0,08310	68	8,07730	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-68-66
67	0,05540	66	8,13270	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-68-66-67
68	0,27700	15	7,99420	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-68
69	0,52928	67	8,66198	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-68-66-67-69
70	0,20748	62	8,29007	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-71-62-70
71	0,26766	13	7,59847	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-71
72	0,34163	58	7,65097	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-25-58-72

Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA A3.10: DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE PLANTIO (HECTARES) CONFORME O NO DA MALHA VIÁRIA

Fazenda 1		
TALHÃO	ÁREA	Percentual Alocado nos Nós Considerados
1	9,87	18 (30%), 19 (20%) e 69 (50%)
2	47,25	11 (2%), 12 (3%), 13 (10%), 14 (5%), 58 (10%), 59 (10%), 60 (10%), 61 (5%), 62 (10%), 63 (15%), 64 (5%), 65 (5%), 71 (5%), 72 (5%)
3	39,44	10 (15%), 11 (5%), 25 (10%), 26 (15%), 27 (10%), 58 (10%), 59 (15%), 60 (15%), 61 (5%)
4	16,33	28 (20%), 29 (80%)
5	11,48	30 (10%), 31 (25%), 32 (45%), 33 (20%)
6	5,02	34 (100%)
7	4,56	32 (100%)
8	16,05	51 (20%), 56 (70%), 57 (10%)
9*	9,17	52 (90%), 46 (10%)
10**	23,34	15 (2%), 16(3%), 18 (5%), 62 (10%), 63 (10%), 64 (10%), 65 (10%), 66 (2%), 67 (3%), 68 (5%), 69 (10%), 70 (30%)
Total	150,00+ 32,51*	
Obs. * Área de Pesquisa, plantio em 1995 e ** Área com plantio em 1995		
Fazenda 2		
TALHÃO	ÁREA	Percentual Alocado nos Nós Considerados
Único	3,00	41 (50%), 42 (50%)
Fazenda 2.1		
TALHÃO	ÁREA	Percentual Alocado nos Nós Considerados
1*	12,15*	Usa outra via de acesso à fábrica
2*	24,90*	Usa outra via de acesso à fábrica
3	42,26	4 (20%), 20 (20%), 21 (25%), 22 (25%), 23 (5%), 24 (5%)
4	18,65	35 (25%), 36 (10%), 37 (65%)
5	46,51	9 (5%), 20 (20%), 22 (20%), 28 (10%), 29 (15%), 35 (10%), 36 (5%), 37 (15%)
6	26,61	7 (35%), 8 (45%), 9 (20%)
Total	134,03 +37,05*	
Obs. * Talhões fora do sistema viário estudado.		
Fazenda 2.2		
TALHÃO	ÁREA	Percentual Alocado nos Nós Considerados
1	7,12	5 (30%), 6 (50%), 7 (20%)
2	21,45	5 (30%), 6 (60%), 7 (10%)
3	5,66	7 (100%)
4	12,48	7 (100%)
5	3,55	7 (100%)
Total	50,26	
Área Industrial		
TALHÃO	ÁREA	Percentual Alocado nos Nós Considerados
Único*	7,44*	Usa outra via de acesso à fábrica
Obs. * Talhão fora do sistema viário estudado.		
Resumo Geral		
FAZENDA	Área Total (hectares)	
Buddmeyer	150,00+ 32,51*	
São Pedro	3,00	
São Pedro I	134,03 +37,05**	
São Pedro II	50,26	
Área Industrial	7,44**	
Total:	337,29 + 32,51* + 44,49**	

Fonte: Pesquisa de Campo. Obs. * Plantio em 1995 (os demais reflorestamentos foram feitos em 1985). ** Área de Talhões, onde para retirada da madeira não é usado o sistema viário estudado.

TABELA A3.11: RELAÇÃO DOS NÓS COM FAZENDA, TALHÃO E ÁREA DE COLHEITA CORRESPONDENTE

Nós	Fazenda	Talhões	Área de Colheita (hectares)	Nós	Fazenda	Talhões	Área de Colheita (hectares)
1	Área Indust.	Único	Não Utiliza Sist.Viário Estudado	37	Fazenda 2.1	4PI e 5PI	12,1225+6,9765=19,099
2	Área indust.	Único	Não Utiliza Sist.Viário Estudado	38	Fazenda 2	Campo	Não Considerada
3	Área Indust.	Único	Não Utiliza Sist.Viário Estudado	39	Fazenda 2	Campo	Não Considerada
4	Fazenda 2.1	3PI	8,452	40	Fazenda 2	Campo	Não Considerada
5	Fazenda 2.2	1PII e 2PII	2,136+6,435=8,571	41	Fazenda 2	único	1,5
6	Fazenda 2.2	1PII e 2PII	3,56+12,87=16,43	42	Fazenda 2	único	1,5
7	Fazendas 2.1 e 2.2	6PI; 1PII até 5PII	9,3135+1,424+2,145+5,66+12,48+3,55 = 34,5725	43	Fazenda 2	Campo	Não Considerada
8	Fazenda 2.1	6PI	11,9745	44	Fazenda 1	Campo	Não Considerada
9	Fazenda 2.1	5PI e 6PI	2,3255+5,322=7,6475	45	Fazenda 1	Capoeira	Não Considerada
10	Fazenda 1	3B	5,916	46	Fazenda 1	9B*	0,917*
11	Fazenda 1	2B e 3B	0,945+1,972=2,917	47	Fazenda 2	Pomar Clonal	Não Considerada
12	Fazenda 1	2B	1,4175	48	Fazenda 2	Pesquisa	Não Considerada
13	Fazenda 1	2B	4,725	49	Fazenda 2	Campo	Não Considerada
14	Fazenda 1	2B	2,3625	50	Fazenda 2	Vizinhos	Não Considerada
15	Fazenda 1	10B*	0,4668*	51	Fazenda 1	9B	3,21
16	Fazenda 1	10B*	0,7002*	52	Fazenda 1	9B*	8,253*
17	Fazenda 1	Campo	Não Considerada	53	Fazenda 2	Campr	Não Considerada
18	Fazenda 1	1B e 10B*	2,961+ 1,167*	54	Fazenda 2	Campe	Não Considerada
19	Fazenda 1	1B	1,974	55	Fazenda 2	Vizinhos	Não Considerada
20	Fazenda 2.1	3PI e 5PI	8,452+9,302=17,754	56	Fazenda 1	8B	11,235
21	Fazenda 2.1	3PI	10,565	57	Fazenda 1	8B	1,605
22	Fazenda 2.1	3PI e 5PI	10,565+9,302=19,867	58	Fazenda 1	2B+3B	4,725+3,944=8,669
23	Fazenda 2.1	3PI	2,113	59	Fazenda 1	2B+3B	4,725+5,916=10,641
24	Fazenda 2.1	3PI	2,113	60	Fazenda 1	2B+3B	4,725+5,916=10,641
25	Fazenda 1	3B	3,944	61	Fazenda 1	2B+3B	2,3625+1,972=4,3345
26	Fazenda 1	3B	5,916	62	Fazenda 1	2B+10B*	4,725+2,334*
27	Fazenda 1	3B	3,944	63	Fazenda 1	2B+10B*	7,0875+2,334*
28	Fazenda 1	4B e 5PI	3,266+4,651=7,917	64	Fazenda 1	2B+10B*	2,3625+2,334*
29	Fazenda 1	4B e 5PI	13,064+6,9765=20,0405	65	Fazenda 1	2B+10B*	2,3625+2,334*
30	Fazenda 1	5B	1,148	66	Fazenda 1	10B*	0,4668*
31	Fazenda 1	5B	2,87	67	Fazenda 1	10B*	0,7002*
32	Fazenda 1	5B+7B	5,166+4,56=9,726	68	Fazenda 1	10B*	1,167*
33	Fazenda 1	5B	2,296	69	Fazenda 1	1B+10B*	4,935+2,334*
34	Fazenda 1	6B	5,02	70	Fazenda 1	10B*	7,002*
35	Fazenda 2.1	4PI e 5PI	4,6625+4,651=9,3135	71	Fazenda 1	2B	2,3625
36	Fazenda 2.1	4PI e 5PI	1,865+2,3255=4,1905	72	Fazenda 1	2B	2,3625

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. 3PI = talhão 3 da Fazenda 2.1; 1PII = talhão 1 da Fazenda 2.2 e 3B = talhão 3 da Fazenda 1

* Áreas com plantio em 1995; as demais áreas foram plantadas em 1985.

TABELA A3.12: Áreas Acumuladas Alocadas nos Nós segundo percurso de Veículo Carregado

Nós	Cálculos Utilizados para obter a Área Alocada	Áreas Acumuladas(h)
1		337,288+32,51*
2		337,288+32,51*
3		337,288+32,51*
4	328,836+32,51*+ 8,452=	337,288+32,51*
5	320,265+32,51*+ 8,571=	328,836+32,51*
6	303,835+32,51*+ 16,43=	320,265+ 32,51*
7	266,2625+32,51*+ 3,00+ 34,5725=	303,835+ 32,51*
8	152,233+32,51*+ 102,057+11,9745=	266,2625+ 32,51*
9	144,5855+32,51*+ 7,6475=	152,233+ 32,51*
10	92,89+32,51*+ 45,7795+ 5,916=	144,5855+ 32,51*
11	37,275+31,593*+ 16,05+0,917*+36,648+2,917=	92,89+ 32,51*
12	35,8575+23,34*+ 8,253*+1,4175=	37,275+ 31,593*
13	28,77+23,34*+ 2,3625+4,725=	35,8575+ 23,34*
14	14,595+11,67*+ 11,8125+11,67*+2,3625=	28,77+ 23,34*
15	4,935+1,8672*+ 9,66+9,336*+0,4668*=	14,595+ 11,67*
16	4,935+1,167*+0,7002*	4,935+1,8672*
17		Não Considerada
18	1,974+2,961+1,167*=	4,935+1,167*
19		1,974
20	12,678+71,625+17,754=	102,057
21	2,113+10,565=	12,678
22	2,113+49,645+19,867=	71,625
23		2,113
24		2,113
25	41,8355+3,944=	45,7795
26	35,9195+5,916=	41,8355
27	31,9755+3,944=	35,9195
28	24,0405+7,917=	31,9755
29	4,018+20,0405=	24,0585
30	2,87+1,148=	4,018
31		2,87
32		9,726
33	9,726+2,296=	12,022
34	5,02+12,022=	17,042
35	17,042+9,3135=	26,3555
36	26,3555+4,1905=	30,546
37	30,546+19,099=	49,645
38		Não Considerada
39		Não Considerada
40		Não Considerada
41	1,5+1,5=	3,00
42		1,5
43		Não Considerada
44		16,05
45		16,05
46		16,05+0,917*
47		3,00
48		Não Considerada
49		Não Considerada
50		Não Considerada
51	3,21+12,84=	16,05
52		8,253*
53		3,00
54		3,00
55		3,00
56		11,235
57	1,605+11,235=	12,84
58	8,669 +25,6165+2,3625=	36,648
59	10,641 +4,3345+ 10,641=	25,6165
60	10,641 +4,3345=	14,9755
61		4,3345
62	7,0875+2,334* +4,725+2,334*+7,002*=	11,8125+11,67*
63		7,0875+2,334*
64		2,3625+2,334*
65	2,3625+2,334*+ 2,3625+2,334*=	4,725+ 4,668*
66	4,725+4,668*+ 4,935+3,0342*+ 0,4668*=	9,66+ 8,169*
67	4,935+2,334*+ 0,7002*=	4,935+ 3,0342*
68	9,66+ 8,169*+ 1,167*=	9,66+ 9,336*
69		4,935+2,334*
70		7,002*
71		2,3625
72		2,3625

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. * Plantio em 1995

TABELA A3.13: ÁREAS ACUMULADAS NOS NÓS SEGUNDO PERCURSO DE VEÍCULO VAZIO

Nós	Cálculos Utilizados para obter a Área Alocada	Área Alocada (h)	Diferenças**
1		337,288+32,51*	ok
2		337,288+32,51*	ok
3		337,288+32,51*	ok
4	328,836+32,51*+ 8,452=	337,288+32,51*	ok
5	320,265+32,51*+ 8,571=	328,836+32,51*	ok
6	303,835+32,51*+ 16,43=	320,265+ 32,51*	ok
7	250,2125+32,51*+ 19,05+ 34,5725=	303,835+ 32,51*	ok
8	136,183+32,51*+ 102,057+11,9745=	250,2125+ 32,51*	difere
9	128,5355+32,51*+ 7,6475=	136,183+ 32,51*	difere
10	40,192+32,51*+ 82,4275+ 5,916=	128,5355+ 32,51*	difere
11	37,275+31,593*+ 0,917*+2,917=	40,192+ 32,51*	difere
12	35,8575+23,34*+ 8,253*+1,4175=	37,275+ 31,593*	ok
13	16,9575+11,67*+ 14,175+11,67*+4,725=	35,8575+ 23,34*	ok
14	14,595+11,67*+2,3625	16,9575+ 11,67*	difere
15	4,935+1,8672*+ 9,66+9,336*+0,4668* =	14,595+ 11,67*	ok
16	4,935+1,167*+0,7002*	4,935+1,8672*	ok
17		Não Considerada	ok
18	1,974+2,961+1,167* =	4,935+1,167*	ok
19		1,974	ok
20	12,678+71,625+17,754=	102,057	ok
21	2,113+10,565=	12,678	ok
22	2,113+49,645+19,867=	71,625	ok
23		2,113	ok
24		2,113	ok
25	41,8355+36,648+3,944=	82,4275	difere
26	35,9195+5,916=	41,8355	ok
27	31,9755+3,944=	35,9195	ok
28	24,0405+7,917=	31,9755	ok
29	4,018+20,0405=	24,0585	ok
30	2,87+1,148=	4,018	ok
31		2,87	ok
32		9,726	ok
33	9,726+2,296=	12,022	ok
34	5,02+12,022=	17,042	ok
35	17,042+9,3135=	26,3555	ok
36	26,3555+4,1905=	30,546	ok
37	30,546+19,099=	49,645	ok
38		Não Considerada	ok
39		Não Considerada	ok
40		Não Considerada	ok
41	17,55+1,5=	19,05	difere
42	16,05+1,5	17,55	difere
43		Não Considerada	ok
44		Não Considerada	difere
45		Não Considerada	difere
46		0,917*	difere
47	19,05	19,05	difere
48		Não Considerada	ok
49		Não Considerada	ok
50		Não Considerada	ok
51	3,21+12,84=	16,05	ok
52		8,253*	ok
53		19,05	difere
54		19,05	difere
55		19,05	difere
56		11,235	ok
57	1,605+11,235=	12,84	ok
58	8,669 +25,6165+2,3625=	36,648	ok
59	10,641 +4,3345+ 10,641=	25,6165	ok
60	10,641 +4,3345=	14,9755	ok
61		4,3345	ok
62	7,0875+2,334* +4,725+2,334*+7,002* =	11,8125+11,67*	ok
63		7,0875+2,334*	ok
64		2,3625+2,334*	ok
65	2,3625+2,334*+ 2,3625+2,334* =	4,725+ 4,668*	ok
66	4,725+4,668*+ 4,935+3,0342*+ 0,4668* =	9,66+ 8,169*	ok
67	4,935+2,334*+ 0,7002* =	4,935+ 3,0342*	ok
68	9,66+ 8,169*+ 1,167* =	9,66+ 9,336*	ok
69		4,935+2,334*	ok
70		7,002*	ok
71	11,8125+11,67*+2,3625	14,175+11,67*	difere
72		2,3625	ok

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. * Plantio em 1995 e ** Diferenças em relação ao caso anterior com veículos carregados.

TABELA A3.14: VIAGENS ACUMULADAS NOS NÓS

2o. DESBASTE (1999/2000)- VEÍCULO CARREGADO		
Nós	Cálculos	Viagens Acumuladas
1	1546+Plantio 95+Industria	1546+Plantio 95
2	1546+Plantio 95+Industria	1546+Plantio 95
3	1546+Plantio 95+Industria	1546+Plantio 95
4	1515+31+Plantio 95	1546+Plantio 95
5	1465+50+Plantio 95	1515+Plantio 95
6	1382+83+Plantio 95	1465+Plantio 95
7	30+1162+190+Plantio 95	1382+Plantio 95
8	398+708+56+Plantio 95	1162+Plantio 95
9	675+33+Plantio 95	708+Plantio 95
10	203+442+30+Plantio 95	675+Plantio 95
11	176+175+77+14+Plantio 95	442+Plantio 95
12	170+6+Plantio 95	176+Plantio 95
13	11+137+22+Plantio 95	170+Plantio 95
14	54+72+11+Plantio 95	137+Plantio 95
15	47+25+Plantio 95	72+Plantio 95
16	25+Plantio 95	25+Plantio 95
17	Campo + Plantio 95	Plantio 95
18	10+15+ Plantio 95	25+Plantio 95
19		10
20	47+286+65	398
21	8+39	47
22	205+8+73	286
23		8
24		8
25	183+20	203
26	153+30	183
27	133+20	153
28	102+31	133
29	20+82	102
30	14+6	20
31		14
32		43
33	43+11	54
34	54+27	81
35	81+35	116
36	116+16	132
37	132+72	205
38	Campo	Não Considerado
39	Campo	Não Considerado
40	Campo	Não Considerado
41	15+15	30
42		15
43	Campo	Não Considerado
44	77+Campo	77
45	77+Capoeira	77
46	77+Plantio 95	77+Plantio 95
47	30+Pomar Clonal	30
48	Campo +Pesquisa	Não Considerado
49	Campo +Vizinhos	Não Considerado
50	Vizinhos	Não Considerado
51	62+15	77
52	Plantio 95	Plantio 95
53	30+Campo	30
54	30+Campo	30
55	30+Vizinhos	30
56		54
57	54+8	62
58	11+123+41	175
59	72+51	123
60	21+51	72
61		21
62	32+22+Plantio 95	54+Plantio 95
63		32+Plantio 95
64		11+Plantio 95
65	11+11+Plantio 95	22+Plantio 95
66	22+25+Plantio 95	47+Plantio 95
67	25 +Plantio 95	25 +Plantio 95
68	47+Plantio 95	47+Plantio 95
69		25 +Plantio 95
70		Plantio 95
71		11
72		11

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. 42,47% das viagens realizadas até 31/01/2000

TABELA A3.15: VIAGENS ACUMULADAS NOS NÓS

2o. DESBASTE (1999/2000) - VEÍCULO VAZIO		
Nós	Cálculos	Viagens Acumuladas
1	1546+Plantio 95+Industria	1546+Plantio 95
2	1546+Plantio 95+Industria	1546+Plantio 95
3	1546+Plantio 95+Industria	1546+Plantio 95
4	1515+31+Plantio 95	1546+Plantio 95
5	1465+50+Plantio 95	1515+Plantio 95
6	1382+83+Plantio 95	1465+Plantio 95
7	190+1085+107+Plantio 95	1382+Plantio 95
8	631+398+56+Plantio 95	1085+Plantio 95
9	598+33+Plantio 95	631+Plantio 95
10	190+378+30+Plantio 95	598+Plantio 95
11	176+14+Plantio 95	190+Plantio 95
12	170+6+Plantio 95	176+Plantio 95
13	65+83+ 22+Plantio 95	170+Plantio 95
14	72+11+Plantio 95	83+Plantio 95
15	47+25+Plantio 95	72+Plantio 95
16	25+Plantio 95	25+Plantio 95
17	Campo + Plantio 95	Plantio 95
18	10+15+ Plantio 95	25+Plantio 95
19		10
20	47+286+65	398
21	8+39	47
22	205+8+73	286
23		8
24		8
25	183+175+20	378
26	153+30	183
27	133+20	153
28	102+31	133
29	20+82	102
30	14+6	20
31		14
32		43
33	43+11	54
34	54+27	81
35	81+35	116
36	116+16	132
37	132+72	205
38	Campo	Não Considerado
39	Campo	Não Considerado
40	Campo	Não Considerado
41	92+15	107
42	77+15	92
43	Campo	Não Considerado
44	Campo	Não Considerado
45	Capoeira	Não Considerado
46	Plantio 95	Plantio 95
47	107+Pomar Clonal	107
48	Campo +Pesquisa	Não Considerado
49	Campo +Vizinhos	Não Considerado
50	Vizinhos	Não Considerado
51	62+15	77
52	Plantio 95	Plantio 95
53	107+Campo	107
54	107+Campo	107
55	107+Campo	107
56		54
57	54+8	62
58	11+123+41	175
59	72+51	123
60	21+51	72
61		21
62	32+22+Plantio 95	54+Plantio 95
63		32+Plantio 95
64		11+Plantio 95
65	11+11+Plantio 95	22+Plantio 95
66	22+25+Plantio 95	47+Plantio 95
67	25 +Plantio 95	25 +Plantio 95
68	47+Plantio 95	47+Plantio 95
69		25 +Plantio 95
70		Plantio 95
71	54+11+Plantio 95	65+Plantio 95
72		11

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. 42,47% das viagens realizadas até 31/01/2000

TABELA A3.16: DISTRIBUIÇÃO DAS ÁREAS DE PLANTIO DE 1995, CONFORME O NÓ DA MALHA VIÁRIA

Talhão	Área	Percentual Alocado nos Nós Considerados
9*	9,17	52 (90%), 46 (10%)
10	23,34	15 (2%), 16(3%), 18 (5%), 62 (10%), 63 (10%), 64 (10%), 65 (10%), 66 (2%), 67 (3%), 68 (5%), 69 (10%), 70 (30%)

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. Percentual do nó 17 atribuído ao nó 52.

TABELA A3.17: PRODUÇÕES ESTIMADAS PARA OS TALHÕES 9 E 10 DA FAZENDA 1

A) PRODUÇÃO EM TONELADAS*				
Talhões	1o. Desbaste (2003)	2o. Desbaste (2007)	3o. Desbaste (2011)	Corte Raso (2016)
9	146,72	293,44	660,24	2934,4
10	373,44	746,88	1680,48	7468,8
B) PRODUÇÃO EM NÚMERO DE VIAGENS CARREGADAS**				
Talhões	1o. Desbaste (2003)	2o. Desbaste (2007)	3o. Desbaste (2011)	Corte Raso (2016)
9	5	10	22	98
10	12	25	56	249

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs. *Considerado o peso de 1 m³ como equivalente a 0,8 toneladas.

** Carga média por viagem igual a 30 toneladas

TABELA A3.18: VIAGENS ACUMULADAS NOS NÓS TABELA A3.19: VIAGENS ACUMULADAS NOS NÓS

1o. DESBASTE DAS ÁREAS PLANTADAS EM 1995
COLHEITA EM 2003 - VEÍCULO CARREGADO

Nós	Cálculos	Viagens Acumuladas
1	17	17
2	17	17
3	17	17
4	17	17
5	17	17
6	17	17
7	17	17
8	17	17
9	17	17
10	17	17
11	0,5+16,5	17
12	12+4,5	16,5
13	12	12
14	6+6	12
15	12x0,02+4,8+0,96	6
16	12x0,03+0,6	0,96
17	alocado no nó 52	0
18	12x0,05	0,6
19		0
20		0
21		0
22		0
23		0
24		0
25		0
26		0
27		0
28		0
29		0
30		0
31		0
32		0
33		0
34		0
35		0
36		0
37		0
38		0
39		0
40		0
41		0
42		C
43		0
44		0
45		0
46	5x0,1	0,5
47		0,0
48		0,0
49		0,0
50		0,0
51		0,0
52	5x0,9	4,5
53		0
54		0
55		0
56		0
57		0
58		0
59		0
60		0
61		0
62	12x0,1+1,2+3,6	6
63	12x0,1	1,2
64	12x0,1	1,2
65	12x0,1+1,2	2,4
66	12x0,02+1,56+2,4	4,2
67	12x0,03+1,2	1,56
68	12x0,05+4,2	4,8
69	12x0,1	1,2
70	12x0,3	3,6
71		0
72		0

Fonte: Pesquisa de Campo

1o. DESBASTE DAS ÁREAS PLANTADAS EM 1995
COLHEITA EM 2003 - VEÍCULO VAZIO

Nós	Cálculos	Viagens Acumuladas
1	17	17
2	17	17
3	17	17
4	17	17
5	17	17
6	17	17
7	17	17
8	17	17
9	17	17
10	17	17
11	16,5+0,5	17
12	12+4,5	16,5
13	6+6	12
14	6	6
15	12x0,02+4,8+0,96	6
16	12x0,03+0,6	0,96
17	alocado no nó 52	0
18	12x0,05	0,6
19		0
20		0
21		0
22		0
23		0
24		0
25		0
26		0
27		0
28		0
29		0
30		0
31		0
32		0
33		0
34		0
35		0
36		0
37		0
38		0
39		0
40		0
41		0
42		0
43		0
44		0
45		0
46	5x0,1	0,5
47		0
48		0
49		0
50		0
51		0
52	5x0,9	4,5
53		0
54		0
55		0
56		0
57		0
58		0
59		0
60		0
61		0
62	12x0,1+1,2+3,6	6
63	12x0,1	1,2
64	12x0,1	1,2
65	12x0,1+1,2	2,4
66	12x0,02+1,56+2,4	4,2
67	12x0,03+1,2	1,56
68	12x0,05+4,2	4,8
69	12x0,1	1,2
70	12x0,3	3,6
71	6	6
72	0	0

Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA A3.20: CUSTO DE OPERAÇÃO UNITÁRIO ATÉ FÁBRICA PARA VEÍCULO CARREGADO E VAZIO E NÚMERO DE VIAGENS GERADAS EM CADA UM DOS NÓS.

Nº de Origem	Custo de Oper. Unit. Total		Número de Viagens Geradas Carregadas ou Vazias										
	Carregado	Vazio	2000*	2003	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2014	2015	2016
2	3.27326	1.48176	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	5.63321	2.00805	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	6.02564	2.34764	17,8	0,0	27,1	27,1	0,0	38,8	38,8	0,0	124,0	124,0	0,0
5	7.12872	3.79319	28,7	0,0	43,6	43,6	0,0	62,3	62,3	0,0	199,2	199,2	0,0
6	7.69698	4.69199	47,8	0,0	72,6	72,6	0,0	103,8	103,8	0,0	332,0	332,0	0,0
7	7.82828	4.78327	109,1	0,0	166,0	166,0	0,0	237,1	237,1	0,0	758,8	758,8	0,0
8	8.83494	5.48311	32,1	0,0	48,8	48,8	0,0	69,8	69,8	0,0	223,2	223,2	0,0
9	9.77595	6.13731	19,2	0,0	29,1	29,1	0,0	41,6	41,6	0,0	133,2	133,2	0,0
10	10.60754	6.71544	17,1	0,0	26,0	26,0	0,0	37,1	37,1	0,0	118,8	118,8	0,0
11	11.07694	6.97304	8,2	0,0	12,4	12,4	0,0	17,8	17,8	0,0	56,9	56,9	0,0
12	11.36380	7.13046	3,7	0,0	5,7	5,7	0,0	8,1	8,1	0,0	25,9	25,9	0,0
13	11.72889	7.33081	12,4	0,0	18,9	18,9	0,0	27,0	27,0	0,0	86,4	86,4	0,0
14	12.35476	7.67427	6,2	0,0	9,5	9,5	0,0	13,5	13,5	0,0	43,2	43,2	0,0
15	12.43299	7.71720	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	4,8
16	12.79808	7.91755	0,0	0,4	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	7,2
17	12.58898	7.73444	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	14.71557	8.44632	8,5	0,6	12,9	12,9	1,2	18,4	18,4	2,7	58,8	58,8	12,0
19	15.80387	8.74643	5,6	0,0	8,6	8,6	0,0	12,3	12,3	0,0	39,2	39,2	0,0
20	9.82699	6.29636	37,4	0,0	56,9	56,9	0,0	81,3	81,3	0,0	260,0	260,0	0,0
21	9.97649	6.42573	22,3	0,0	33,9	33,9	0,0	48,4	48,4	0,0	155,0	155,0	0,0
22	10.50781	6.85447	41,9	0,0	63,7	63,7	0,0	90,9	90,9	0,0	291,0	291,0	0,0
23	12.71314	7.34098	4,5	0,0	6,8	6,8	0,0	9,7	9,7	0,0	31,0	31,0	0,0
24	13.11979	7.14671	4,5	0,0	6,8	6,8	0,0	9,7	9,7	0,0	31,0	31,0	0,0
25	11.65716	7.21368	11,4	0,0	17,3	17,3	0,0	24,8	24,8	0,0	79,2	79,2	0,0
26	12.09450	7.42128	17,1	0,0	26,0	26,0	0,0	37,1	37,1	0,0	118,8	118,8	0,0
27	14.84559	8.05440	11,4	0,0	17,3	17,3	0,0	24,8	24,8	0,0	79,2	79,2	0,0
28	14.97640	8.16760	17,8	0,0	27,1	27,1	0,0	38,8	38,8	0,0	124,0	124,0	0,0
29	15.44358	8.57188	46,9	0,0	71,3	71,3	0,0	101,9	101,9	0,0	326,0	326,0	0,0
30	16.54519	9.71624	3,2	0,0	4,9	4,9	0,0	7,0	7,0	0,0	22,4	22,4	0,0
31	18.90184	9.90419	8,1	0,0	12,3	12,3	0,0	17,5	17,5	0,0	56,0	56,0	0,0
32	16.90508	10.04267	24,9	0,0	37,8	37,8	0,0	54,0	54,0	0,0	172,8	172,8	0,0
33	16.24273	9.85813	6,4	0,0	9,8	9,8	0,0	14,0	14,0	0,0	44,8	44,8	0,0
34	15.42710	9.27559	15,5	0,0	23,6	23,6	0,0	33,8	33,8	0,0	108,0	108,0	0,0
35	13.74833	8.86843	20,0	0,0	30,4	30,4	0,0	43,4	43,4	0,0	139,0	139,0	0,0
36	13.29635	8.75881	9,0	0,0	13,7	13,7	0,0	19,5	19,5	0,0	62,4	62,4	0,0
37	10.95457	7.54535	41,2	0,0	62,7	62,7	0,0	89,6	89,6	0,0	286,6	286,6	0,0
38	16.67300	9.47570	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
39	17.09913	9.16466	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	15.87300	8.76131	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
41	14.85150	7.27991	8,6	0,0	13,1	13,1	0,0	18,8	18,8	0,0	60,0	60,0	0,0
42	14.98257	7.47591	8,6	0,0	13,1	13,1	0,0	18,8	18,8	0,0	60,0	60,0	0,0
43	14.77650	7.67191	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	14.64074	7.78543	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
45	14.23314	7.81352	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
46	13.44649	7.63809	0,0	0,5	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	10,0
47	13.10660	6.82328	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
48	13.71809	7.76939	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
49	14.81970	8.91375	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50	15.40600	9.85675	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
51	15.33338	8.44796	8,9	0,0	13,5	13,5	0,0	19,3	19,3	0,0	61,6	61,6	0,0
52	12.41859	7.47964	0,0	4,5	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	20,3	0,0	0,0	90,0
53	12.72580	6.26823	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
54	12.52000	6.13763	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
55	12.31444	5.95975	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
56	17.04140	9.80113	31,0	0,0	47,2	47,2	0,0	67,4	67,4	0,0	215,6	215,6	0,0
57	16.36276	8.77287	4,4	0,0	6,7	6,7	0,0	9,6	9,6	0,0	30,8	30,8	0,0
58	11.72841	7.30934	23,8	0,0	36,2	36,2	0,0	51,8	51,8	0,0	165,6	165,6	0,0
59	12.50597	7.88062	29,5	0,0	44,9	44,9	0,0	64,1	64,1	0,0	205,2	205,2	0,0
60	12.96830	8.22030	29,5	0,0	44,9	44,9	0,0	64,1	64,1	0,0	205,2	205,2	0,0
61	14.78027	8.65203	11,9	0,0	18,1	18,1	0,0	25,9	25,9	0,0	82,8	82,8	0,0
62	12.89846	8.08259	12,4	1,2	18,9	18,9	2,4	27,0	27,0	5,4	86,4	86,4	24,0
63	14.14121	9.10147	18,6	1,2	28,4	28,4	2,4	40,5	40,5	5,4	129,6	129,6	24,0
64	14.35133	8.97694	6,2	1,2	9,5	9,5	2,4	13,5	13,5	5,4	43,2	43,2	24,0
65	14.01197	8.53630	6,2	1,2	9,5	9,5	2,4	13,5	13,5	5,4	43,2	43,2	24,0
66	13.65847	8.07730	0,0	0,2	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	4,8
67	13.56421	8.13270	0,0	0,4	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	7,2
68	13.37567	7.99420	0,0	0,6	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	12,0
69	14.13093	8.66198	14,1	1,2	21,4	21,4	2,4	30,6	30,6	5,4	98,0	98,0	24,0
70	13.09058	8.29007	0,0	1,2	0,0	0,0	2,4	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	24,0
71	12.76607	7.59847	6,2	0,0	9,5	9,5	0,0	13,5	13,5	0,0	43,2	43,2	0,0
72	12.84919	7.65097	6,2	0,0	9,5	9,5	0,0	13,5	13,5	0,0	43,2	43,2	0,0

Fonte: Pesquisa de Campo

Obs.* Redução de 42,645%, devido às viagens realizadas antes de fevereiro de 2000.

Fatores utilizados: (1,75)/2 para 2004 e 2005; (2,5)/2 para 2009 e 2010; 8/2 para 2014 e 2015 (plantios de 1985) e 2 para 2007; 4,5 para 2011 e 20 para 2016 (plantios de 1995).

TABELA A3.21: CUSTO DE OPERAÇÃO TOTAL
VEÍCULOS VAZIOS

R\$ Agosto/2001

NO ORIGEM	CUSTO OPER. UNIT. TOTAL	CUSTO DE OPERAÇÃO TOTAL CONFORME ORIGEM E ANO										
		2000	2003	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2014	2015	2016
2	1,48176	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	2,00805	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	2,34764	41,87	0,00	63,68	63,68	0,00	90,97	90,97	0,00	291,11	291,11	0,00
5	3,79319	108,68	0,00	165,29	165,29	0,00	236,13	236,13	0,00	755,60	755,60	0,00
6	4,69199	224,06	0,00	340,76	340,76	0,00	486,79	486,79	0,00	1557,74	1557,74	0,00
7	4,78327	522,06	0,00	793,96	793,96	0,00	1134,23	1134,23	0,00	3629,55	3629,55	0,00
8	5,48311	176,03	0,00	267,71	267,71	0,00	382,45	382,45	0,00	1223,83	1223,83	0,00
9	6,13731	117,59	0,00	178,83	178,83	0,00	255,47	255,47	0,00	817,49	817,49	0,00
10	6,71544	114,75	0,00	174,52	174,52	0,00	249,31	249,31	0,00	797,79	797,79	0,00
11	6,97304	57,05	0,00	86,76	86,76	0,00	123,95	123,95	0,00	396,63	396,63	0,00
12	7,13046	26,58	0,00	40,43	40,43	0,00	57,76	57,76	0,00	184,82	184,82	0,00
13	7,33081	91,10	0,00	138,55	138,55	0,00	197,93	197,93	0,00	633,38	633,38	0,00
14	7,67427	47,69	0,00	72,52	72,52	0,00	103,60	103,60	0,00	331,53	331,53	0,00
15	7,71720	0,00	1,85	0,00	0,00	3,70	0,00	0,00	8,33	0,00	0,00	37,04
16	7,91755	0,00	2,85	0,00	0,00	5,70	0,00	0,00	12,83	0,00	0,00	57,01
17	7,73444	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	8,44632	71,44	5,07	108,64	108,64	10,14	155,20	155,20	22,81	496,64	496,64	101,36
19	8,74643	49,32	0,00	75,00	75,00	0,00	107,14	107,14	0,00	342,86	342,86	0,00
20	6,29636	235,47	0,00	358,11	358,11	0,00	511,58	511,58	0,00	1637,05	1637,05	0,00
21	6,42573	143,26	0,00	217,87	217,87	0,00	311,25	311,25	0,00	995,99	995,99	0,00
22	6,85447	286,91	0,00	436,33	436,33	0,00	623,33	623,33	0,00	1994,65	1994,65	0,00
23	7,34098	32,73	0,00	49,78	49,78	0,00	71,12	71,12	0,00	227,57	227,57	0,00
24	7,14671	31,87	0,00	48,46	48,46	0,00	69,23	69,23	0,00	221,55	221,55	0,00
25	7,21368	82,18	0,00	124,98	124,98	0,00	178,54	178,54	0,00	571,32	571,32	0,00
26	7,42128	126,81	0,00	192,86	192,86	0,00	275,52	275,52	0,00	881,65	881,65	0,00
27	8,05440	91,76	0,00	139,54	139,54	0,00	199,35	199,35	0,00	637,91	637,91	0,00
28	8,16760	145,68	0,00	221,55	221,55	0,00	316,49	316,49	0,00	1012,78	1012,78	0,00
29	8,57188	401,94	0,00	611,28	611,28	0,00	873,26	873,26	0,00	2794,43	2794,43	0,00
30	9,71624	31,31	0,00	47,61	47,61	0,00	68,01	68,01	0,00	217,64	217,64	0,00
31	9,90419	79,78	0,00	121,33	121,33	0,00	173,32	173,32	0,00	554,63	554,63	0,00
32	10,04267	249,61	0,00	379,61	379,61	0,00	542,30	542,30	0,00	1735,37	1735,37	0,00
33	9,85813	63,53	0,00	96,61	96,61	0,00	138,01	138,01	0,00	441,64	441,64	0,00
34	9,27559	144,09	0,00	219,14	219,14	0,00	313,05	313,05	0,00	1001,76	1001,76	0,00
35	8,86843	177,31	0,00	269,66	269,66	0,00	385,22	385,22	0,00	1232,71	1232,71	0,00
36	8,75881	78,61	0,00	119,56	119,56	0,00	170,80	170,80	0,00	546,55	546,55	0,00
37	7,54535	311,05	0,00	473,05	473,05	0,00	675,78	675,78	0,00	2162,50	2162,50	0,00
38	9,47570	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39	9,16466	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40	8,76131	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
41	7,27991	62,83	0,00	95,55	95,55	0,00	136,50	136,50	0,00	436,79	436,79	0,00
42	7,47591	64,52	0,00	98,12	98,12	0,00	140,17	140,17	0,00	448,55	448,55	0,00
43	7,67191	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
44	7,78543	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	7,81352	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
46	7,63809	0,00	3,82	0,00	0,00	7,64	0,00	0,00	17,19	0,00	0,00	76,38
47	6,82328	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48	7,76939	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
49	8,91375	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50*	9,85675	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
51	8,44796	74,85	0,00	113,84	113,84	0,00	162,62	162,62	0,00	520,39	520,39	0,00
52	7,47964	0,00	33,66	0,00	0,00	67,32	0,00	0,00	151,46	0,00	0,00	673,17
53	6,26823	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	6,13763	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	5,95975	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	9,80113	303,95	0,00	462,25	462,25	0,00	660,35	660,35	0,00	2113,12	2113,12	0,00
57	8,77287	38,87	0,00	59,11	59,11	0,00	84,44	84,44	0,00	270,20	270,20	0,00
58	7,30934	174,10	0,00	264,78	264,78	0,00	378,26	378,26	0,00	1210,43	1210,43	0,00
59	7,88062	232,60	0,00	353,74	353,74	0,00	505,34	505,34	0,00	1617,10	1617,10	0,00
60	8,22030	242,63	0,00	368,99	368,99	0,00	527,13	527,13	0,00	1686,81	1686,81	0,00
61	8,65203	103,04	0,00	156,71	156,71	0,00	223,87	223,87	0,00	716,39	716,39	0,00
62	8,08259	100,45	9,70	152,76	152,76	19,40	218,23	218,23	43,65	698,34	698,34	193,98
63	9,10147	169,66	10,92	258,03	258,03	21,84	368,61	368,61	49,15	1179,55	1179,55	218,44
64	8,97694	55,78	10,77	84,83	84,83	21,54	121,19	121,19	48,48	387,80	387,80	215,45
65	8,53630	53,04	10,24	80,67	80,67	20,49	115,24	115,24	46,10	368,77	368,77	204,87
66	8,07730	0,00	1,94	0,00	0,00	3,88	0,00	0,00	8,72	0,00	0,00	38,77
67	8,13270	0,00	2,93	0,00	0,00	5,86	0,00	0,00	13,17	0,00	0,00	58,56
68	7,99420	0,00	4,80	0,00	0,00	9,59	0,00	0,00	21,58	0,00	0,00	95,93
69	8,66198	122,10	10,39	185,69	185,69	20,79	265,27	265,27	46,77	848,87	848,87	207,89
70	8,29007	0,00	9,95	0,00	0,00	19,90	0,00	0,00	44,77	0,00	0,00	198,96
71	7,59847	47,22	0,00	71,81	71,81	0,00	102,58	102,58	0,00	328,25	328,25	0,00
72	7,65097	47,54	0,00	72,30	72,30	0,00	103,29	103,29	0,00	330,52	330,52	0,00
Total:		6255,29	118,89	9513,13	9513,13	237,78	13590,19	13590,19	535,00	43488,60	43488,60	2377,79

Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA A3.22: CUSTO DE OPERAÇÃO TOTAL
VEICULOS CARREGADOS

Nº ORIGEM	CUSTO OPER. UNIT. TOTAL	R\$ Agosto/2001 CUSTO DE OPERAÇÃO TOTAL CONFORME ORIGEM E ANO										
		2000	2003	2004	2005	2007	2009	2010	2011	2014	2015	2016
2	3,27326	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	5,63321	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4	6,02564	107,47	0,00	163,45	163,45	0,00	233,49	233,49	0,00	747,18	747,18	0,00
5	7,12872	204,26	0,00	310,63	310,63	0,00	443,76	443,76	0,00	1420,04	1420,04	0,00
6	7,69698	367,56	0,00	558,99	558,99	0,00	798,56	798,56	0,00	2555,40	2555,40	0,00
7	7,82828	854,41	0,00	1299,40	1299,40	0,00	1856,28	1856,28	0,00	5940,10	5940,10	0,00
8	8,83494	283,64	0,00	431,37	431,37	0,00	616,24	616,24	0,00	1971,96	1971,96	0,00
9	9,77595	187,30	0,00	284,85	284,85	0,00	406,92	406,92	0,00	1302,16	1302,16	0,00
10	10,60754	181,26	0,00	275,66	275,66	0,00	393,80	393,80	0,00	1260,18	1260,18	0,00
11	11,07694	90,63	0,00	137,82	137,82	0,00	196,89	196,89	0,00	630,06	630,06	0,00
12	11,36380	42,37	0,00	64,43	64,43	0,00	92,05	92,05	0,00	294,55	294,55	0,00
13	11,72889	145,76	0,00	221,68	221,68	0,00	316,68	316,68	0,00	1013,38	1013,38	0,00
14	12,35476	76,77	0,00	116,75	116,75	0,00	166,79	166,79	0,00	533,73	533,73	0,00
15	12,43299	0,00	2,98	0,00	0,00	5,97	0,00	0,00	13,43	0,00	0,00	59,68
16	12,79808	0,00	4,61	0,00	0,00	9,21	0,00	0,00	20,73	0,00	0,00	92,15
17	12,58898	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18	14,71557	124,46	8,83	189,28	189,28	17,66	270,40	270,40	39,73	865,28	865,28	176,59
19	15,80387	89,11	0,00	135,52	135,52	0,00	193,60	193,60	0,00	619,51	619,51	0,00
20	9,82699	367,51	0,00	558,91	558,91	0,00	798,44	798,44	0,00	2555,02	2555,02	0,00
21	9,97649	222,42	0,00	338,27	338,27	0,00	483,24	483,24	0,00	1546,36	1546,36	0,00
22	10,50781	439,82	0,00	668,89	668,89	0,00	955,55	955,55	0,00	3057,77	3057,77	0,00
23	12,71314	56,69	0,00	86,21	86,21	0,00	123,16	123,16	0,00	394,11	394,11	0,00
24	13,11979	58,50	0,00	88,97	88,97	0,00	127,10	127,10	0,00	406,71	406,71	0,00
25	11,65716	132,80	0,00	201,96	201,96	0,00	288,51	288,51	0,00	923,25	923,25	0,00
26	12,09450	206,67	0,00	314,31	314,31	0,00	449,01	449,01	0,00	1436,83	1436,83	0,00
27	14,84559	169,12	0,00	257,20	257,20	0,00	367,43	367,43	0,00	1175,77	1175,77	0,00
28	14,97640	267,12	0,00	406,23	406,23	0,00	580,34	580,34	0,00	1857,07	1857,07	0,00
29	15,44358	724,17	0,00	1101,32	1101,32	0,00	1573,31	1573,31	0,00	5034,61	5034,61	0,00
30	16,54519	53,31	0,00	81,07	81,07	0,00	115,82	115,82	0,00	370,61	370,61	0,00
31	16,90184	136,14	0,00	207,05	207,05	0,00	295,78	295,78	0,00	946,50	946,50	0,00
32	16,90508	420,18	0,00	639,01	639,01	0,00	912,87	912,87	0,00	2921,20	2921,20	0,00
33	16,24273	104,67	0,00	159,18	159,18	0,00	227,40	227,40	0,00	727,67	727,67	0,00
34	15,42710	239,65	0,00	364,47	364,47	0,00	520,66	520,66	0,00	1666,13	1666,13	0,00
35	13,74833	274,88	0,00	418,04	418,04	0,00	597,19	597,19	0,00	1911,02	1911,02	0,00
36	13,29635	119,34	0,00	181,50	181,50	0,00	259,28	259,28	0,00	829,69	829,69	0,00
37	10,95457	451,59	0,00	686,78	686,78	0,00	981,12	981,12	0,00	3139,58	3139,58	0,00
38	16,67300	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
39	17,09913	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40	15,87300	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
41	14,85150	128,17	0,00	194,93	194,93	0,00	278,47	278,47	0,00	891,09	891,09	0,00
42	14,98257	129,30	0,00	196,65	196,65	0,00	280,92	280,92	0,00	898,95	898,95	0,00
43	14,77650	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
44	14,64074	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
45	14,23314	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
46	13,44649	0,00	6,72	0,00	0,00	13,45	0,00	0,00	30,25	0,00	0,00	134,46
47	13,10660	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
48	13,71809	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
49	14,81970	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
50*	15,40600	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
51	15,33338	135,86	0,00	206,62	206,62	0,00	295,17	295,17	0,00	944,54	944,54	0,00
52	12,41859	0,00	55,88	0,00	0,00	111,77	0,00	0,00	251,48	0,00	0,00	1117,67
53	12,72580	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
54	12,52000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
55	12,31444	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
56	17,04140	528,48	0,00	803,72	803,72	0,00	1148,16	1148,16	0,00	3674,13	3674,13	0,00
57	16,36276	72,49	0,00	110,24	110,24	0,00	157,49	157,49	0,00	503,97	503,97	0,00
58	11,72841	279,36	0,00	424,86	424,86	0,00	606,95	606,95	0,00	1942,22	1942,22	0,00
59	12,50597	369,12	0,00	561,36	561,36	0,00	801,95	801,95	0,00	2566,23	2566,23	0,00
60	12,96830	382,77	0,00	582,11	582,11	0,00	831,59	831,59	0,00	2661,10	2661,10	0,00
61	14,78027	176,03	0,00	267,71	267,71	0,00	382,44	382,44	0,00	1223,81	1223,81	0,00
62	12,89846	160,30	15,48	243,78	243,78	30,96	348,26	348,26	69,65	1114,43	1114,43	309,56
63	14,14121	263,61	16,97	400,90	400,90	33,94	572,72	572,72	76,36	1832,70	1832,70	339,39
64	14,35133	89,18	17,22	135,62	135,62	34,44	193,74	193,74	77,50	619,98	619,98	344,43
65	14,01197	87,07	16,81	132,41	132,41	33,63	189,16	189,16	75,66	605,32	605,32	336,29
66	13,65847	0,00	3,28	0,00	0,00	6,56	0,00	0,00	14,75	0,00	0,00	65,56
67	12,56421	0,00	4,88	0,00	0,00	9,77	0,00	0,00	21,97	0,00	0,00	97,66
68	13,37567	0,00	8,03	0,00	0,00	16,05	0,00	0,00	36,11	0,00	0,00	160,51
69	14,13093	199,19	16,96	302,93	302,93	33,91	432,76	432,76	76,31	1384,83	1384,83	339,14
70	13,09058	0,00	15,71	0,00	0,00	31,42	0,00	0,00	70,69	0,00	0,00	314,17
71	12,76607	79,33	0,00	120,64	120,64	0,00	172,34	172,34	0,00	551,49	551,49	0,00
72	12,84919	79,84	0,00	121,42	121,42	0,00	173,46	173,46	0,00	555,09	555,09	0,00
Total:		10359,65	194,36	15755,09	15755,09	388,73	22507,27	22507,27	874,64	72023,26	72023,26	3887,27

Fonte: Pesquisa de Campo

TABELA A3.23: DIFERENÇA DE COTAS E ALTURAS DOS TALUDES CONFORME ALTERNATIVAS DE GREIDE NOS PONTOS DE COTAS CONHECIDAS

Nós/ Pontos	Diferença Cotas Ac.	Distância Acum.	Diferença de Cotas pelo Greide Para as Alternativas (m)*								
			b	c	d	E	f	g	h	i	j
26(T1)	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	-10	100	-10,34	-9,21	-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	-5,00	-7,50
	-20	160	-16,54	-14,74	-16,32	-16,00	-16,00	-14,28	-12,50	-8,00	-12,00
	-30	290	-29,99	-26,71	-30,00	-29,00	-24,52	-23,57	-17,92	-14,50	-21,75
27(U)	-35	380	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-30,41	-29,99	-21,68	-19,00	-28,50
28(V)	-35	450	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-24,60	-22,50	-33,75
29(X)	-35	700	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00	-35,00

Nós/ Pontos	Diferença Cotas Ac.	Distância Acum.	Altura dos Taludes (m)								
			b	c	d	E	f	g	h	i	j
26(T1)	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	-10	100	-0,34	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	2,50
	-20	160	3,46	5,26	3,68	4,00	4,00	5,72	7,50	12,00	8,00
	-30	290	0,00	3,29	0,00	1,00	5,49	6,43	12,08	15,50	8,25
27(U)	-35	380	0,00	0,00	0,00	0,00	4,59	5,01	13,32	16,00	6,50
28(V)	-35	450	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	10,41	12,50	1,25
29(X)	-35	700	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Pesquisa de Campo

*Obs. Números negativos representam altura de corte e números positivos altura de aterro.

TABELA A3.24: LARGURAS DA BASES E ÁREAS DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS, CONFORME AS ALTERNATIVAS

Nós/ Pontos	Distância Acum.	Largura da base inferior/superior (m)					
		b	c	d	e	f	g
26(T1)	-	7,00	8,00	7,00	7,00	8,00	8,00
	100	8,02	10,37	7,00	7,00	8,00	8,00
	160	17,38	23,78	18,04	19,00	20,00	25,16
	290	7	17,87	7,00	10,00	24,47	27,29
27(U)	380	7	8	7,00	7,00	21,77	23,03
28(V)	450	7	8	7,00	7,00	8,00	8,00
29(X)	700	7	8	7,00	7,00	8,00	8,00

Nós/ Pontos	Distância Acum.	Área da Seção Transversal (m ²)					
		b	c	d	e	f	g
26(T1)	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	100	-2,55	7,26	0,00	0,00	0,00	0,00
	160	42,13	83,64	51,55	52,00	56,00	94,77
	290	0,00	42,57	0,00	8,50	89,05	113,53
27(U)	380	0,00	0,00	0,00	0,00	68,32	77,70
28(V)	450	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29(X)	700	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Pesquisa de Campo