

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

**MODELO MATEMÁTICO PARA OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS
OPERACIONAIS DE TRANSPORTE DE TORAS COM BASE NA QUALIDADE
DE ESTRADAS.**

CURITIBA

2010

RAFAEL ALEXANDRE MALINOVSKI

**MODELO MATEMÁTICO PARA OTIMIZAÇÃO DOS CUSTOS
OPERACIONAIS DE TRANSPORTE DE TORAS COM BASE NA QUALIDADE
DE ESTRADAS.**

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

Orientador: Prof. Dr. Dartagnan Baggio
Emerenciano

Co-orientadores:

Prof. Dr. Jorge Roberto Malinovski

Prof. Dr. José Maderna Leite

CURITIBA

2010

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo.

Aos meus pais Jorge e Nasaret, aos meus irmãos Lu e Ricardo, à minha cunhada Ludi e afiliada Valentina e à minha noiva Chrys pelo amor, carinho, apoio e incentivo.

À UFPR pela oportunidade.

Ao meu Orientador Dartagnan pelo incentivo e aos meus Coorientadores Jorge e Maderna pelas discussões.

À banca examinadora composta pelos professores Dr. Paulo Fenner, Dr. Fernando Seixas, Dr. Dagoberto Stein de Quadros e Dr. Romano Timofeiczky Junior pelas críticas construtivas.

À Klabin, nas pessoas de José Totti e especialmente ao Darlon pelo apoio e auxílio na elaboração do modelo matemático, e à equipe de Abastecimento de Madeira ABMA: Jacílio, Quirino, Raphael Bortolazzo, Gerson, Nilson, Eduardo, Antônio, Felipe, Ricardo, Bettles, Edson, Ismair, Maurício, Jurandir, Rivair, e Jorge Belinoski pela amizade e pelo aprendizado.

À empresa Noma, na pessoa do Kimio, pelas importantes informações para a elaboração deste trabalho.

Ao José, à Bia, à Isa, ao Paulo, ao Nene e à Arlete da Pousada Monte Crista em Garuva pela tranquilidade e ao Monte Crista pela inspiração para escrever esta tese.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo desenvolver um modelo matemático de otimização dos custos operacionais de estradas de uso florestal e de transporte na produção de madeira oriunda de florestas plantadas e definir uma sistemática para a coleta e tratamento dos dados a serem inseridos nas equações. O modelo foi desenvolvido em programação linear inteira mista utilizando-se os softwares Extend LINGO/PC v7.0 e Planilha Microsoft Excel 2003. A sistemática consistiu em calcular os limites operacionais em relação às rampas máximas possíveis de serem vencidas para 4 diferentes tipos de Composições Veiculares de Carga – CVC: Tritrem, Rodotrem (19,80m), Bitrem e Romeu e Julieta (4 eixos), em dois tipos básicos de pavimentos comumente utilizados na área florestal: leito natural e revestimento primário. Os limites de rampa e o tipo de pavimento foram conjugados em 8 graus de dificuldades, onde definiu-se a operacionalidade de cada CVC em cada grau. Para um conjunto de projetos e talhões florestais definidos, foram caracterizadas todas as estradas possíveis de serem utilizadas e medidas suas rampas. Fez-se o planejamento operacional das áreas e quantificou-se quanto de cada estrada estava em cada grau de dificuldade, bem como os volumes de madeira que estavam em cada estrada classificada. Foram calculados os custos para transformar as estradas de um grau de maior dificuldade em menor dificuldade, liberando assim o transporte das CVC de maior tonelagem. Também foram calculados os custos de frete de cada projeto para a unidade industrial e utilizados os custos das operações de baldeio e de apoio ao transporte da região de estudo. Foram elaborados cinco cenários condizentes com a realidade operacional de uma empresa de base florestal da região sul do Brasil, onde foram simuladas operações com o peso legal e o peso técnico sobre os eixos de tração dos caminhões, operações com e sem tratores com guincho para dar apoio, operações com aumento da potência e da força de tração dos cavalos mecânicos das CVC e operações com o aumento de investimentos nas estradas das rotas que ligam a unidade industrial aos projetos florestais. O modelo conseguiu resolver todos cenários propostos, mostrando-se como uma ferramenta apropriada para auxílio na tomada de decisões no planejamento logístico florestal. O cenário I, que considerou que as CVC trafegaram com PBTC legal, potencia dos cavalos mecânicos similar a utilizada pelas empresas prestadoras de serviço do local de estudo, sem apoio de uma máquina (*skidder*) e sem investimentos na rota, apresentou o menor custo otimizado. De forma geral, entre as CVC avaliadas, o Tritrem foi a mais indicada para o transporte de madeira nos cinco cenários. A utilização de uma restrição de garantia de 50% do volume de madeira disponível em estradas com revestimento primário, representou um aumento de 10,6% dos custos quando simulados no cenário I. Para a região estudada, o aumento da potencia do cavalo mecânico e a quantia simulada de investimentos nas rotas de acesso aos projetos não resultaram em redução de custos sendo que a utilização do peso técnico sobre os eixos de tração das composições aumentou o limite de rampa vencido pelas CVC, mas não agregou resultado quando realizada junto com o apoio de trator com guincho.

Palavras-chave: transporte de madeira, estradas de uso florestal, otimização de custos

ABSTRACT

This study has the objective to develop an optimization model of the operational costs of forestry roads and wood transportation in the production of wood from planted forests and establish a system for collecting and processing the data to be inserted in the equations. The model was developed in mixed integer linear programming using the Extend software LINGO/PC v7.0 and Microsoft Excel Worksheet 2003. The systematic consisted of calculating operational limits in relation to maximum possible slopes to four different types of forestry trucks (CVC): Tritrem (9 axes), Rodotrem (9 axes), Bitrem (7 axes) and Romeu e Julieta (7 axes) in two basic types of floor coverings commonly used in forestry roads: natural and primary coating. The limits of slope and type of covering were combined into eight levels of difficulty, where was defined the operation of each CVC in each grade. For a set of defined projects and forest stands were characterized all roads that may be used and measures their gradients. The operational planning in the stands was done to quantify how much each road was in every degree of difficulty and the volumes of wood that were classified in each road. It was calculated the costs for transforming the roads of a higher degree of difficulty to lower difficulty, the transport of larger forestry truck. Also were calculated the transportation costs of each project to the plant and used the handling and tractor with winch operational cost from the study area. Five scenarios were developed consistent with the operational reality of a forestry company based in southern of Brazil, where operations were simulated with the legal weight and technical weight over the trucks traction axels, operations with and without tractors equipped with winches to pull the trucks in high slopes, with increased power and traction force of trucks and operations with increased investment in road routes that link the plant to forest projects. The model could solve all scenarios proposed demonstrating as an appropriate tool to aid in decision-making in forest planning logistics. The scenario I, that considered the legal weight, without increased power and traction force of trucks, without tractors equipped with winches and without increased investment in road routes presented the lower optimized cost. Generalizing between CVC evaluated, the Tritrem was the most suitable for timber transport in the five scenarios. The use of a restriction of guaranteed 50% of the volume of wood available on roads with primary coating, increased 10.6% the costs when simulated in scenario I. For the study area, increasing the power of the trucks and the investment in access routes to the projects did not result in cost reduction, and the use of technical weight on the traction axels of trucks increased the limit to overcome the CVC gradients, but did not aggregate results when conducted with the support of tractor with winch.

Keywords: wood transportation, forestry roads, cost optimization

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO..... | 62 |
| FIGURA 2: DIMENSÕES DO BITREM (medidas em mm)..... | 65 |
| FIGURA 3: DIMENSÕES DO TRITREM (medidas em mm)..... | 66 |
| FIGURA 4: DIMENSÕES DO ROMEU E JULIETA - 4 EIXOS (medidas em mm) | 67 |
| FIGURA 5: DIMENSÕES DO RODOTREM | 68 |
| FIGURA 6: DIMENSÕES DO RODOTREM HOMOLOGADO (medidas em mm) | 68 |
| FIGURA 7: TIMBER HAULER VOLVO A30E COM REBOQUE..... | 71 |
| FIGURA 8: FOTO ILUSTRATIVA DE OPERAÇÃO DE APOIO COM TRATOR FLORESTAL TIPO <i>SKIDDER</i> | 72 |

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| TABELA 01: CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADA FLORESTAL ADOTADA NO SISTEMA AUSTRÍACO..... | 29 |
| TABELA 02: CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADA FLORESTAL ADOTADA PELA HIWASSEE LAND COMPANY - EUA | 29 |
| TABELA 03: CLASSES DE DECLIVIDADE E TIPOS DE RELEVO | 34 |
| TABELA 04: AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA IRREGULARIDADE E VALOR DO IRI | 35 |
| TABELA 05: COMPOSIÇÕES HOMOLOGADAS PARA O TRANSPORTE DE CARGA. | 39 |
| TABELA 06: COMPOSIÇÕES QUE NECESSITAM DE AUTORIZAÇÃO ESPECIAL DE TRÂNSITO – AET | 40 |
| TABELA 07: COEFICIENTE DE ATRITO ESTÁTICO..... | 46 |
| TABELA 08: VALORES DE COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA AO ROLAMENTO (RRS)..... | 47 |
| TABELA 09: PROJETOS FLORESTAIS AVALIADOS NO ESTUDO DE CASO | 63 |
| TABELA 10: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS CVC AVALIADAS E UTILIZADAS..... | 64 |
| TABELA 11: QUANTIDADE DE ESTRADAS DENTRO DOS PROJETOS FLORESTAIS | 69 |
| TABELA 12: ESTRADAS DAS ROTAS ENTRE OS PROJETOS E A UNIDADE INDUSTRIAL | 70 |
| TABELA 13: RELAÇÃO DE CENÁRIOS ESTUDADOS | 79 |
| TABELA 14: EXEMPLO DE PARAMETRIZAÇÃO DOS GRAUS DE DIFICULDADE (GD) POR CENÁRIO..... | 83 |

| | |
|---|----|
| TABELA 15: EXEMPLO DE REGRA DE TRANSPORTE PARA AS DIFERENTES CVC | 84 |
| TABELA 16: EXEMPLO DE CUSTO DE FRETE DE MADEIRA CALCULADOS POR PROJETO FLORESTAL..... | 86 |
| TABELA 17: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS NO CENÁRIO I..... | 90 |
| TABELA 18: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC VAZIAS | 90 |
| TABELA 19: PARAMETRIZAÇÃO DOS GRAUS DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO I..... | 91 |
| TABELA 20: REGRA DE TRANSPORTE PARA AS CVC NO CENÁRIO I | 92 |
| TABELA 21: QUANTIFICAÇÃO DAS ESTRADAS POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO I..... | 93 |
| TABELA 22: QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE MADEIRA POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO I..... | 93 |
| TABELA 23: ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE FRETE POR CVC PARA O CENÁRIO I | 94 |
| TABELA 24: CUSTO PADRÃO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS DENTRO DOS PROJETOS PARA O CENÁRIO I..... | 95 |
| TABELA 25: VOLUME MÍNIMO DE MADEIRA PARA SEGURANÇA NO TRANSPORTE | 96 |
| TABELA 26: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO I | 97 |
| TABELA 27: VOLUME TRANSPORTADO POR CVC NO CENÁRIO I..... | 97 |
| TABELA 28: VOLUMES MÍNIMOS DE SEGURANÇA PÓS ADEQUAÇÃO E BALDEIO PARA O CENÁRIO I..... | 98 |
| TABELA 29: QUANTIDADE DE ESTRADAS ADEQUADAS POR GRAU DE DIFICULDADE NO CENÁRIO I..... | 99 |
| TABELA 30: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO I SEM GARANTIA DE MADEIRA PARA TRANSPORTE EM DIAS DE CHUVA..... | 99 |

| | |
|--|-----|
| TABELA 31: VOLUMES MÍNIMOS DE SEGURANÇA PÓS ADEQUAÇÃO E BALDEIO PARA O CENÁRIO I | 100 |
| TABELA 32: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS NO CENÁRIO II..... | 101 |
| TABELA 33: PARAMETRIZAÇÃO DOS GRAUS DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO II..... | 102 |
| TABELA 34: REGRA DE TRANSPORTE PARA AS CVC NO CENÁRIO II | 103 |
| TABELA 35: QUANTIFICAÇÃO DAS ESTRADAS POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO II..... | 103 |
| TABELA 36: QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE MADEIRA POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO II..... | 104 |
| TABELA 37: CUSTO PADRÃO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS DENTRO DOS PROJETOS PARA O CENÁRIO II..... | 105 |
| TABELA 38: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO II | 106 |
| TABELA 39: VOLUME TRANSPORTADO POR CVC NO CENÁRIO II | 107 |
| TABELA 40: VOLUMES MÍNIMOS DE SEGURANÇA PÓS ADEQUAÇÃO E BALDEIO PARA O CENÁRIO II | 108 |
| TABELA 41: QUANTIDADE DE ESTRADAS ADEQUADAS POR GRAU DE DIFICULDADE NO CENÁRIO II | 108 |
| TABELA 42: CUSTO ESTIMADO DO FRETE PARA O CENÁRIO III..... | 110 |
| TABELA 43: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO III | 111 |
| TABELA 44: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS NO CENÁRIO IV | 113 |
| TABELA 45: ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE FRETE POR CVC PARA O CENÁRIO IV | 114 |
| TABELA 46: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO IV | 114 |

| | |
|---|-----|
| TABELA 47: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS COM PESO TÉCNICO SOBRE OS EIXOS DE TRAÇÃO, MAIS <i>SKIDDER</i> DE APOIO NO CENÁRIO V..... | 116 |
| TABELA 48: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS COM PESO TÉCNICO SOBRE O EIXO DE TRAÇÃO NO CENÁRIO V | 117 |
| TABELA 49: GANHOS PERCENTUAIS EM RAMPA DO PESO TÉCNICO EM RELAÇÃO AO PESO LEGAL | 117 |
| TABELA 50: PARAMETRIZAÇÃO DOS GRAUS DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO V | 118 |
| TABELA 51: REGRA DE TRANSPORTE PARA AS CVC NO CENÁRIO V..... | 119 |
| TABELA 52: QUANTIFICAÇÃO DAS ESTRADAS POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO V..... | 119 |
| TABELA 53: QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE MADEIRA POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO V | 120 |
| TABELA 54: CUSTO PADRÃO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS PARA O CENÁRIO V | 121 |
| TABELA 55: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO V | 122 |
| TABELA 56: VOLUME TRANSPORTADO POR CVC..... | 123 |
| TABELA 57: VOLUMES MÍNIMOS DE SEGURANÇA PÓS ADEQUAÇÃO E BALDEIO PARA O CENÁRIO V..... | 123 |
| TABELA 58: QUANTIDADE DE ESTRADAS ADEQUADAS POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO V..... | 124 |

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AASTHO – American Association of State Highway Officials (Associação Americana de Funcionários Estaduais de Entidades Rodoviárias).

Af - Área frontal projetada do veículo

AET – Autorização Especial de Trânsito

BT – Bitrem

Ca - Coeficiente aerodinâmico

CAT - Caterpillar

CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito

CVC – Composição Veicular de Carga

CMT – Capacidade Máxima de Tração

ECE – Economic Commission for Europe

Fad – Força de aderência

Fa – Resistência aerodinâmica

FAO – Food and Agriculture Organization (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação)

FR – Força Disponível na Roda

GD – Grau de Dificuldade

HDM - Highway Design and Maintenance Standards

hp – Horse Power

ICMS – Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços

IRI – Índice Internacional de Irregularidade

i – greide %

ic - Relação de redução da caixa de câmbio

i_d - Relação de redução no diferencial

kg - Quilograma

kgf – Quilograma força

Kgf.m – Quilograma força por metro

KWF – Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik

kW – Quilowatt

m – metro

n - Rendimento da transmissão

NBR - Denominação de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

Nm – Newton x metro

P - peso incidente sobre o(s) eixo(s) de tração

PBT – Peso Bruto Total

PBTC – Peso Bruto Total Combinado

PLIM – Programação Linear Inteira Mista

PR - Paraná

pol - Polegadas

RD – Rodotrem

Rd – Raio dinâmico

Ri – Resistência de rampa

RJ – Romeu e Julieta (4 eixos)

Rr – Resistência ao rolamento

t – tonelada

TR – Torque na Roda

TT – Tritrem

V - Velocidade do veículo

μ - coeficiente de atrito (pneu x solo)

LISTA DE PALAVRAS ESTRANGEIRAS

Dolly – conjunto de eixos de suporte

Forwarder – trator florestal auto-carregável

Timber hauler – trator florestal para transporte de toras fora de estrada

Harvester – trator florestal para corte, desgalhamento e processamento de árvores

Skidder – trator florestal para arraste de árvores ou apoio no transporte de madeira

Input – Entrada

Output - Saída

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 20 |
| 2 OBJETIVOS | 23 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 23 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 23 |
| 3 REVISÃO DA LITERATURA | 24 |
| 3.1 PLANEJAMENTO FLORESTAL | 24 |
| 3.2 LOGÍSTICA..... | 25 |
| 3.3 REDE VIÁRIA FLORESTAL..... | 26 |
| 3.3.1 Planejamento da rede viária | 27 |
| 3.3.2 Classificação de estradas de uso florestal..... | 28 |
| 3.3.2.1 Padronizado..... | 28 |
| 3.3.2.2 Flexível | 30 |
| 3.3.2.3 Codificado..... | 30 |
| 3.3.2.4 Outras classificações de estradas florestais..... | 31 |
| 3.3.3 Parâmetros de construção de estradas de uso florestal..... | 32 |
| 3.3.3.1 Relevo do Terreno | 33 |
| 3.3.3.2 Irregularidade (IRI)..... | 35 |
| 3.4 TRANSPORTE | 35 |
| 3.4.1 Classificação de veículos no transporte rodoviário..... | 36 |
| 3.4.2 Legislação aplicada ao transporte de madeira | 36 |
| 3.4.3. Peso por eixo..... | 37 |
| 3.4.4 Autorização Especial de Trânsito - AET | 40 |
| 3.4.5 Normas legais aplicadas ao transporte florestal rodoviário | 42 |
| 3.4.6 Tipos de caminhões utilizados no transporte de madeira..... | 42 |
| 3.4.7 Desempenho das composições veiculares de carga..... | 43 |
| 3.4.7.1 Torque na roda (Tr) | 44 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.7.2 Raio dinâmico (Rd) | 44 |
| 3.4.7.3 Força disponível na roda (FR) | 45 |
| 3.4.7.4 Força de aderência (Fad) | 45 |
| 3.4.7.5 Forças restritivas | 46 |
| 3.4.7.6 Resistência ao rolamento (Rr) | 46 |
| 3.4.7.7 Resistência de rampa (Ri) | 47 |
| 3.4.7.8 Resistência aerodinâmica (Fa) | 48 |
| 3.4.7.9 Eficiência energética | 48 |
| 3.4.8 Ciclo de transporte de madeira | 49 |
| 3.5. EXTRAÇÃO DE MADEIRA | 50 |
| 3.5.1. Baldeio de madeira | 50 |
| 3.6 CUSTOS | 51 |
| 3.6.1 Métodos de cálculo de custos operacionais | 54 |
| 3.7 OTIMIZAÇÃO | 55 |
| 3.7.1 Programação linear | 55 |
| 3.7.2 Programação linear aplicada à logística florestal | 56 |
| 4. MATERIAIS E MÉTODOS | 61 |
| 4.1 MATERIAIS | 61 |
| 4.1.1 Software e hardware para o modelo de programação linear | 61 |
| 4.1.2 Dados utilizados para validação do modelo | 61 |
| 4.1.2.1 Projetos florestais | 63 |
| 4.1.2.2 Composições Veiculares de Carga – CVC | 63 |
| 4.1.2.2.1 Especificações técnicas do Bitrem | 65 |
| 4.1.2.2.2 Especificações técnicas do Tritrem | 66 |
| 4.1.2.2.3 Especificações técnicas do Romeu e Julieta (4 eixos) | 66 |
| 4.1.2.2.4 Especificações técnicas do Rodotrem | 67 |
| 4.1.2.3 Estradas de uso florestal | 69 |
| 4.1.2.4 Baldeio de madeira | 70 |
| 4.1.2.5 Apoio ao transporte | 71 |

| | |
|---|-----------|
| 4.2 MÉTODOS..... | 73 |
| 4.2.1 Programação linear | 73 |
| 4.2.1.1 Função Objetivo..... | 73 |
| 4.2.1.1.1 Custos de adequação das estradas dentro dos projetos..... | 73 |
| 4.2.1.1.2 Custos de frete dos projetos até a unidade industrial..... | 74 |
| 4.2.1.1.3 Custos de adequação das estradas das rotas até a unidade industrial... | 74 |
| 4.2.1.1.4 Custos de baldeio | 75 |
| 4.2.1.1.5 Síntese da função objetivo..... | 75 |
| 4.2.1.2 Restrições..... | 75 |
| 4.2.2 Cenários avaliados | 78 |
| 4.2.3 Metodologia empregada na obtenção da base cartográfica das estradas.... | 80 |
| 4.2.4 Classificação das estradas | 81 |
| 4.2.5 Cálculo das limitações técnicas de operação das CVC..... | 82 |
| 4.2.6 Critério de classificação das estradas em graus de dificuldade | 83 |
| 4.2.7 Regra de transporte..... | 84 |
| 4.2.8 Planejamento operacional dos projetos florestais..... | 84 |
| 4.2.9 Cálculo do custo de adequação das estradas dos projetos florestais | 85 |
| 4.2.10 Cálculo do custo do frete | 85 |
| 4.2.11 Custo do baldeio..... | 86 |
| 4.2.12 Custo do apoio..... | 86 |
| 4.2.13 Madeira disponível para transporte com tempo chuvoso (restrição climática) | 87 |
| 4.2.14 Limitações de transporte de madeira por tipo de CVC | 88 |
| 5 RESULTADOS | 89 |
| 5.1 CENÁRIO I..... | 89 |
| 5.1.1 <i>Inputs</i> do Cenário I | 89 |
| 5.1.1.1 Cálculos dos limites técnicos de rampa de cada CVC..... | 89 |
| 5.1.1.2 Parametrização dos graus de dificuldade..... | 91 |
| 5.1.1.3 Regra de transporte..... | 92 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 5.1.1.4 | Quantificação de estradas e volumes de madeira por grau de dificuldade | 92 |
| 5.1.1.5 | Estimativa do custo de frete | 93 |
| 5.1.1.6 | Estimativa dos custos de adequação de estradas dentro dos projetos | 94 |
| 5.1.1.7 | Estimativa dos custos de adequação da rota | 95 |
| 5.1.1.8 | Volumes mínimos de segurança de madeira disponíveis em estradas com revestimento primário | 95 |
| 5.1.1.9 | Volumes máximos de transporte com o Rodotrem (19,80 m) | 96 |
| 5.1.2 | <i>Outputs</i> do Cenário I | 96 |
| 5.1.2.1 | Custo total otimizado | 97 |
| 5.1.2.2 | Utilização das CVC | 97 |
| 5.1.2.3 | Volumes de madeira baldeada | 98 |
| 5.1.2.4 | Quantificação de estradas adequadas | 98 |
| 5.1.2.5 | Custos para garantir o volume mínimo de segurança de madeira disponível em estradas com revestimento primário | 99 |
| 5.2 | CENÁRIO II | 100 |
| 5.2.1 | <i>Inputs</i> do Cenário II | 100 |
| 5.2.1.1 | Estimativa dos limites técnicos de rampa de cada CVC | 101 |
| 5.2.1.2 | Parametrização dos graus de dificuldade | 102 |
| 5.2.1.3 | Regra de transporte | 102 |
| 5.2.1.4 | Quantificação de estradas e volumes de madeira por grau de dificuldade | 103 |
| 5.2.1.5 | Estimativa do custo de frete e do apoio | 104 |
| 5.2.1.6 | Estimativa dos custos de adequação de estradas dentro dos projetos | 104 |
| 5.2.1.7 | Restrição de volumes mínimos de segurança e de transporte com o Rodotrem (19,80 m) | 105 |
| 5.2.2 | <i>Outputs</i> do Cenário II | 106 |
| 5.2.2.1 | Custo total otimizado | 106 |
| 5.2.2.2 | Utilização das CVC | 107 |
| 5.2.2.3 | Volumes de madeira baldeada | 107 |
| 5.2.2.4 | Quantificação de estradas adequadas | 108 |
| 5.3 | CENÁRIO III | 109 |

| | |
|---|------------|
| 5.3.1 <i>Inputs</i> do Cenário III | 109 |
| 5.3.1.1 Estimativa dos custos de adequação da rota | 109 |
| 5.3.1.2 Estimativa dos custos de frete | 110 |
| 5.3.2 <i>Outputs</i> do Cenário III..... | 111 |
| 5.3.2.1 Custo total otimizado | 111 |
| 5.4 CENÁRIO IV | 112 |
| 5.4.1 <i>Inputs</i> do Cenário IV | 112 |
| 5.4.1.1 Estimativa dos limites técnicos de rampa de cada CVC..... | 112 |
| 5.4.1.2 Estimativa do custo de frete | 113 |
| 5.4.2 <i>Outputs</i> do Cenário IV | 114 |
| 5.4.2.1 Custo total otimizado | 114 |
| 5.5 CENÁRIO V | 115 |
| 5.5.1 <i>Inputs</i> do Cenário V | 115 |
| 5.5.1.1 Estimativa dos limites técnicos de rampa de cada CVC..... | 116 |
| 5.5.1.2 Parametrização dos graus de dificuldade..... | 118 |
| 5.5.1.3 Regra de transporte..... | 118 |
| 5.5.1.4 Quantificação de estradas e volumes de madeira por grau de dificuldade..... | 119 |
| 5.5.1.5 Estimativa do custo de frete e do apoio..... | 120 |
| 5.5.1.6 Estimativa dos custos de adequação de estradas dentro dos projetos | 120 |
| 5.5.1.7 Restrição de volumes mínimos de segurança e de transporte com o Rodotrem (19,80 m)..... | 121 |
| 5.5.2 <i>Outputs</i> do Cenário V | 121 |
| 5.5.2.1 Custo total otimizado | 122 |
| 5.5.2.2 Utilização das CVC..... | 123 |
| 5.5.2.3 Volumes de madeira baldeada | 123 |
| 5.5.2.4 Quantificação de estradas adequadas | 124 |
| 6 CONCLUSÕES | 125 |
| 7 RECOMENDAÇÕES | 127 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 128 |

| | |
|--|-----|
| ANEXO I - Estação de Referência localizada na COPEL em Guarapuava, PR ... | 137 |
| ANEXO II - Perfil vertical de um segmento de estrada | 139 |
| ANEXO III - Demonstrativo de cálculo de rampa (i -greide) vencidos pelas CVC conforme o tipo de pavimento | 141 |
| ANEXO IV - Exemplo de Planejamento Operacional – Projeto Vila Preta..... | 150 |
| ANEXO V - Custo padrão de adequação de estradas e Tabela de Preços - Construção e Manutenção Estradas | 152 |
| ANEXO VI - Dados das CVC, premissas operacionais e cálculo do frete | 156 |

1 INTRODUÇÃO

O setor florestal brasileiro é reconhecido como sendo um dos mais competitivos no âmbito mundial, sendo referência em produtividades e custos de florestas plantadas de pinus e eucaliptos, que são o principal insumo das indústrias de papel e celulose, de madeira serrada, de siderurgia, de painéis reconstituídos e de chapas.

Segundo o Anuário Estatístico da ABRAF (2009), em 2008 o Brasil possuía 6,12 milhões de hectares de plantios de eucaliptos e de pinus, que geraram exportações ao redor de 3% do PIB brasileiro a partir de um valor bruto da produção florestal equivalente a R\$ 52,8 bilhões. Foram consumidos 174,2 milhões de m³, sendo 32,8% pelo segmento celulose e papel, 19,7 % pelo segmento madeira serrada, 13,4% pelo segmento siderúrgico, 5,1% pelo segmento painéis reconstituídos, 3,6% pelo segmento compensado e 25,4% por outros segmentos.

Conforme o boletim técnico de preços de madeira e de serviços Radar Silviconsult, julho de 2010, o preço de madeira de eucaliptos em pé para processo no estado do Paraná era em média R\$ 40,90 / m³. Para o mesmo período os serviços de colheita e carga estavam em R\$ 18,80 / m³ e o custo do frete em R\$ 13,90 / m³ para uma distância de 50 km. Desta forma verifica-se que o valor da madeira em pé representou 56% do custo da matéria prima, e o valor de serviços 44% para uma distância relativamente curta. A medida que a distância aumenta os valores dos serviços também crescem aumentando o custo final da matéria prima posta nas indústrias.

Atrelado aos altos custos operacionais, o abastecimento de madeira também é influenciado fortemente pelas condições atmosféricas, o que exige planejamento antecipado e flexibilidade para a execução das operações, pois somente consegue-se manter competitividade em custos a partir da continuidade da produção dos recursos empregados.

Neste contexto, o planejamento da logística das operações florestais vem ganhando cada vez mais importância, pois desde a implantação das florestas, a construção, a adequação e a manutenção das estradas, o planejamento e a execução da colheita, o objetivo principal deve ser o escoamento da madeira produzida com o menor custo e a maior garantia de abastecimento possível.

Dentre as formas possíveis de se transportar a madeira produzida nos talhões até as unidades indústrias uma das mais utilizadas no Brasil é por meio do modal rodoviário. Existem diversos tipos de cavalos mecânicos atrelados a diferentes tipos de implementos, que formam as CVC – Composição Veiculares de Carga, disponíveis no mercado. Porém, a indicação da combinação ótima depende principalmente das condições operacionais em que serão realizadas as operações e a legislação vigente na região.

As CVC, que normalmente apresentam o menor custo por unidade transportada, são as que conseguem carregar maior quantidade de carga, mas cada qual apresenta restrições operacionais ligadas ao tipo de pavimento e a rampa máxima que conseguem vencer, tanto vazio como carregado, as quais limitam sua utilização em certas condições.

Outro aspecto importante é o peso sobre o eixo de tração dos caminhões, pois quanto maior este peso, maior a força aplicada sobre o pavimento, resultando em rampas mais acentuadas vencidas até o limite em que as forças de resistência (R) sejam iguais a força disponível na roda (FR) ou a força de aderência (Fad). Este peso é regulamentado pela legislação e todas as CVC que trafegam em vias públicas estão limitados a ele. Em determinadas condições, onde as estradas são particulares, é possível utilizar o peso técnico sobre o eixo de tração, aumentando os limites de rampa que podem ser superados pelas composições.

Para que se possa trafegar com as CVC nas estradas de uso florestal, faz-se necessário o investimento de recursos financeiros para sua adequação e manutenção. Normalmente quanto maior o PBTC – Peso Bruto Total Combinado da CVC, maiores são as adequações que devem ser feitas, principalmente para a redução das rampas, e, em via de regra, quanto melhor for a qualidade da malha viária florestal mais produtiva será a operação de transporte de madeira.

Operacionalmente a logística florestal, além das CVC, conta com algumas opções para acessar locais mais íngremes ou com pavimentos mais restritivos. Uma delas é o baldeio que consiste em realizar um transporte primário da madeira para pátios intermediários onde existem condições apropriadas para a saída dos caminhões. A outra é o apoio com tratores equipados com guincho, que aumentam a força de tração das CVC fazendo com que consigam vencer rampas maiores em condições de pavimento menos favoráveis.

Dadas as possibilidades de usar um ou mais tipos de CVC para transportar madeira, de quanto se investir na adequação de estradas e poder-se utilizar ou não, tanto o baldeio quanto o apoio, que geram aumentos nos custos, e também de garantir a continuidade das operações em condições de chuva, a pergunta a ser respondida é: qual a combinação de recursos técnicos ideal que gera o menor custo logístico para uma determinada condição florestal?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo matemático para minimização dos custos de transporte de madeira considerando-se a qualidade das estradas florestais e elaborar cenários para sua validação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir uma ferramenta para otimização matemática de custos;
- Definir variáveis operacionais e compor cenários para validação do modelo
- Elaborar uma sistemática para coleta e tratamento de dados a serem inseridos nas equações;
- Avaliar as limitações operacionais e os custos dos diferentes tipos de composições veiculares de carga utilizadas no transporte de madeira e
- Definir critérios de qualidade e custos operacionais das estradas de uso florestal conforme o tipo de composição utilizado no transporte de madeira.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 PLANEJAMENTO FLORESTAL

Segundo Gunn (1991) e Robak (1996), citados por Souza em 2004, o planejamento da produção florestal pode ocorrer em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional.

O planejamento estratégico tem como objetivo principal verificar os recursos florestais que a empresa necessitará ter a sua disposição e definir a capacidade de produção dos seus vários segmentos. As decisões estratégicas envolvem grandes investimentos, como a aquisição de terras e a construção ou expansão de uma fábrica (WEINTRAUB *et al*, 1986).

Já as decisões táticas estão relacionadas a quando, onde e como realizar a colheita de madeira para satisfazer os objetivos da empresa. Estas decisões devem levar em consideração as funções sociais, ambientais e econômicas da floresta (WEINTRAUB *et al* 1994). Gunn (1991) e Souza (2004) comentam que o planejamento tático pode ser dividido em pelo menos três tipos: tático de longo prazo, tático de médio prazo e tático de curto prazo. O planejamento tático de longo prazo visa garantir o abastecimento de madeira para a indústria, no longo prazo, e maximizar o valor presente líquido obtido com a floresta. Esse modelo é baseado em informações agregadas (estratos florestais) e incerteza de preços, mercado, crescimento econômico e tecnologia. O objetivo do planejamento tático de médio prazo é desenvolver um plano de colheita de madeira, construção de estradas e tratamentos silviculturais, específico para cada talhão que compõe os estratos. O planejamento tático de curto prazo especifica quais talhões devem ser cortados e como a madeira deve ser distribuída, para as fábricas e/ou consumidores, para maximizar os lucros. Neste modelo são considerados os custos de colheita e transporte de madeira, sazonalidade do mercado e disponibilidade de equipamentos; contudo, sua principal característica é o fato de não considerar o crescimento da floresta.

Por outro lado o planejamento operacional visa antecipar os problemas e estabelecer rotinas e alternativas operacionais para atingir as metas de produção

pré-estabelecidas (MACHADO; LOPES, 2002). Gunn (1999) comenta que a alocação de máquinas florestais, equipes de trabalho e caminhões são exemplos de decisões operacionais.

Souza (2004), enfatiza que nas empresas florestais em que a madeira pode ser destinada para mais de que uma fábrica, o planejamento da colheita pode influenciar significativamente o fluxo de madeira e, conseqüentemente, os custos de transporte. O planejamento da colheita envolvendo decisões tais como: quais os pontos de produção cortar, quando cortar e quais equipes serão alocadas em cada ponto de produção

Para Arce (1997), o planejamento florestal principal requer decisões racionais, levando em consideração a disponibilidade de veículos, os produtos a serem transportados, as rotas a serem utilizadas, os horários de trabalho dos caminhões, os pontos de produção ou clientes, entre outras variáveis.

O planejamento da malha viária florestal deverá estar fundamentado por projetos adequados, visando reduzir possíveis erros ou falhas na construção, pois quanto melhor for a qualidade da estrada (padrão de construção), menores serão os custos de manutenção da rede viária. Esse planejamento deverá contemplar a qualidade e a funcionabilidade das estradas no que se refere ao transporte de pessoas e produtos da floresta durante o período planejado de uso. (CORREA *et al* 2006).

Desta maneira segundo Machado, *et al* (2002) o planejamento pode ser conceituado como uma função administrativa capaz de definir antecipadamente o que deverá ser feito, que técnicas poderão ser empregadas, onde, quando e por quem, dando ênfase a grandes ou pequenos detalhes, de acordo com a exigência do caso.

3.2 LOGÍSTICA

Segundo Ono e Botter (2005), logística é o processo de planejar, implantar e controlar o fluxo eficiente e eficaz de matérias-primas, estoque em processo, produtos acabados e informações relacionadas desde seu ponto de origem até o ponto de consumo, com o propósito de atender aos requisitos dos clientes. Os

autores dividem a logística em dois modelos: o clássico e o moderno. O clássico possui características de pouca variedade de itens, ciclo de vida longo, juros baixos, combustíveis baratos, clientes poucos exigentes, otimização da função, especialização e enfoque espacial; já a logística moderna pode ser caracterizada por grande variedade de itens, ciclo de vida curto, juros altos, combustíveis caros, clientes mais exigentes, otimização do processo, integração e enfoque em tempo.

Para a equipe jornalística da Revista da Madeira (2007), a logística no Brasil está passando por um período de extraordinárias mudanças, tanto em termos de práticas empresariais quanto da eficiência, qualidade e disponibilidade da infra-estrutura de transportes e comunicações, elementos fundamentais para a existência de uma logística moderna.

3.3 REDE VIÁRIA FLORESTAL

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

Correa *et al* (2006) citam que a rede viária de uso florestal é composta de diversas vias de acesso, cuja finalidade é atender as necessidades de transporte de cargas e serviços, como também as atividades de prevenção e combate a incêndios. As áreas de reflorestamento deverão apresentar uma rede viária básica com boas condições de trafegabilidade, de forma a permitir a implantação e manutenção do povoamento. A disposição desse traçado deverá admitir a inserção da rede viária complementar, pela ocasião da colheita de madeira.

Barbosa (2004) comenta que as estradas de uso florestal no Brasil são a base da atividade madeireira, permitindo o tráfego de mão-de-obra e dos meios de produção necessários para implantação, proteção, colheita e transporte de madeira e, ou, produtos florestais. O volume de tráfego pesado e extra-pesado, ocorrendo normalmente em um único sentido, por meio de veículos com capacidade de carga acima de 40 toneladas são características marcantes das estradas florestais.

Para Malinovski *et al* (2004) a rede viária é um tipo de investimento que deve atender de forma abrangente aos aspectos sociais, apresentando exeqüibilidade técnica, definidas através do melhor traçado com o menor custo de implantação e manutenção, com vistas a reduzir os efeitos danosos ao ambiente. Os autores ainda citam que as estradas representam, depois da floresta, o maior investimento num empreendimento florestal além de apresentar longo período de depreciação, sendo composto por diferentes custos em função do padrão escolhido. Os investimentos num projeto de estrada estão distribuídos, em média, na seguinte proporção: investimentos com planejamento 10%, investimentos com projeto de drenagem 20%, cerca de 30% dos investimentos com terraplenagem e 40 % dos investimentos do projeto com pavimentação (INPACEL, 2001).

3.3.1 Planejamento da rede viária

O planejamento das estradas de uso florestal, de acordo com Machado e Malinovski (1987), é elaborado considerando aspectos técnicos, econômicos, ecológicos, silviculturais e jurídicos.

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

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

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

3.3.2 Classificação de estradas de uso florestal

Segundo Nascimento (2005), existe uma vasta gama de classificações de estradas de uso florestal em todo o mundo. No Brasil, não existe uma padronização, sendo que cada empresa possui uma classificação diferente, porém o que muda é o nome dado.

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

3.3.2.1 Padronizado

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

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

Classificação adotada na Áustria: essa classificação possui três classes de estrada florestal. A primeira, denominada principal, é destinada à conexão e desenvolvimento, devendo possuir um bom padrão de construção e permitir o

tráfego de veículos durante todo o ano. Geralmente possui uma única pista, podendo até ser asfaltada, naqueles casos de alta densidade de tráfego; a segunda, dita secundária é responsável pela divisão da floresta em áreas de exploração e pela conexão dos pátios de estocagem na floresta com as estradas principais. Deve possuir um padrão de construção mais simples, portanto, recomendada para condições climáticas favoráveis: finalmente, a terceira classe, chamada de ramal, é responsável pela conexão da área de corte florestal aos pátios de estocagem na floresta, sendo que a sua pista de rolamento é a própria superfície do terreno, sendo usada apenas para a extração florestal, em condições climáticas favoráveis citado por Machado (1989). Na Tabela 01 é apresentada uma classificação que foi adotada na Áustria e suas especificações técnicas.

TABELA 01: CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADA FLORESTAL ADOTADA NO SISTEMA AUSTRÍACO

| <i>Especificações Técnicas</i> | <i>Classe de Estrada Florestal</i> | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|--------------|--------------|
| | Principal | Secundária | Ramal |
| Largura da plataforma (m) | 5,0 – 5,5 | 4,5 – 5,0 | 3,0 – 4,0 |
| Largura da pista de rolamento (m) | 3,5 – 4,0 | 3,0 – 3,5 | - |
| Greide máximo (%) | 9 | 10 – 12 | 12 – 16 |
| Greide mínimo (%) | 2 – 3 | 2 - 3 | 3 – 4 |

Fonte: FAO (1977 *apud* MACHADO 1989)

A Classificação usada pela Hiwassee Land Company (EUA) citada por MACHADO (1989), diz que a rede rodoviária era classificada em três categorias, diferindo-se entre si pelo padrão de construção, pelo seu traçado geométrico, tipo e intensidade do tráfego. Na Tabela 02 verifica-se a classificação usada nos EUA para estradas de uso florestal.

TABELA 02: CLASSIFICAÇÃO DE ESTRADA FLORESTAL ADOTADA PELA HIWASSEE LAND COMPANY - EUA

| <i>Especificações Técnicas</i> | <i>Classe de Estrada Florestal</i> | | |
|--------------------------------|------------------------------------|------------|--------------|
| | Principal | Secundária | Ramal |
| Largura da estrada (m) | Acima de 6 | 3,5 – 4,8 | 3,0 – 4,0 |
| Greide máximo (%) | 8 F ou 1A | 12 F ou 2A | 18 F ou 12 A |
| Grau de curvatura máximo | 40 | 55 | 100 |
| Raio mínimo (m) | 30 | 20 | 10 |

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

Onde:

F: sentido favorável (declive para o veículo carregado)

A: sentido adverso (aclive para veículo carregado)

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

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

3.3.2.2 Flexível

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

3.3.2.3 Codificado

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

Ainda o mesmo autor acredita que o sistema padronizado é o que melhor satisfaz, embora seja pouco prático. Na verdade, sempre existirão divergências de opiniões, uma vez que as características técnicas são selecionadas arbitrariamente. Uma boa classificação não permite problemas de terminologia. Deve ser transparente em suas características, fornecer subsídios ao planejamento das rodovias e viabilizar a avaliação das existentes. O maior obstáculo ao se

estabelecer uma classificação de estradas de uso florestal, adotando-se critérios, são as diferenças filosóficas.

3.3.2.4 Outras classificações de estradas florestais

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

Quanto aos parâmetros utilizados para classificação, os mesmos também variam muito, existindo empresas que seguem rigoroso critério enquanto outras nem critério possuem. As empresas que mais se preocupam com uma classificação rigorosa e com padrões pré-fixados, são as que utilizam o transporte pesado e extra-pesado.

Uma forma de classificação, proposta por Malinovski e Perdoncini (1990) considera a existência de 4 categorias:

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

- Estradas secundárias: são aquelas de menor qualidade, normalmente implantadas nas áreas de produção e devem dar condição de tráfego para as áreas de produção específicas, até se chegar nas estradas primárias. Muitas vezes, não possibilitam o tráfego pesado normal em todo o ano.

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

- Caminhos de máquinas: são aqueles caminhos nos quais somente existe trânsito de máquinas florestais. São abertos dentro da floresta, muitas vezes

somente se rebaixando os tocos. Normalmente, caminho de máquinas é sinônimo de trilhas de extração ou ramal.

3.3.3 Parâmetros de construção de estradas de uso florestal

Correa *et al* (2006), comentam que o padrão das estradas de uso florestal é o primeiro parâmetro a ser definido num projeto construtivo visto que influencia os custos de construção, de manutenção e de transporte, especialmente através de suas geometrias horizontal e vertical, da qualidade da superfície da pista de rolamento e da largura. De acordo com os mesmos autores, existem empresas que estavam se preocupando em incrementar o transporte pesado ou melhorar seu esquema viário e aproveitando os momentos de reforma de povoaamentos para modificar o traçado procurando otimizá-lo.

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

Nas considerações econômicas os fatores essenciais são a densidade e o padrão da malha rodoviária florestal, padrão do planejamento e da construção das

rodovias florestais, organização da utilização e manutenção. Outros fatores que também influenciam são os custos de capital, de transporte, de manutenção, o volume de madeira a ser transportado, o tipo e a densidade de tráfego, segurança, condições climáticas e ambientais e os padrões rodoviários (MACHADO; MALINOVSKI, 1987).

Diversos autores apresentam suas observações pessoais e práticas construtivas para melhoria da execução e do planejamento do sistema viário. Entre estes, Kretschek (1996), apresenta recomendações, sobretudo para as regiões montanhosas, entre as quais se tem o conhecimento da base física, constando de localização da área em relação à rede pública viária existente, em relação aos recursos materiais e humanos e em relação ao destino da madeira; limites da área, conhecendo tudo que contém na área e adjacências; redes viárias internas e externas de todos os tipos; cobertura vegetal com respectivas potencialidades; hidrografia, incluindo banhados e nascentes; relevo, mostrando o direcionamento dos vales, linhas de cume, faces ensolaradas; geologia para ver a estabilidade do terreno, necessidades de revestimento e controle de erosão.

Segundo Braz (1997), outro ponto de extrema importância também se refere à avaliação do volume de madeira a ser transportado, pois poderá influenciar em aumentos de custo de construção do caminho por m³ de madeira explorável. Neste ponto os inventários, diagnóstico e prospectivo, desempenham importante papel. Área com volume utilizável baixo requer alternativa especial de lançamento de caminhos. Para maiores volumes pode-se lançar uma quantidade maior de estradas.

3.3.3.1 Relevo do Terreno

A topografia da região delimita o tipo de equipamento para extração florestal, o qual por sua vez necessita de um tipo adequado de rede viária florestal. Em terrenos planos recomenda-se uma distância entre estradas mais ou menos regular, de forma quadrada ou retangular, sendo que a forma retangular tem-se comprovado ser a mais adequada. No entanto, deve-se tomar cuidado com depressões úmidas e pantanosas (MALINOVSKI e PERDONCINI, 1990).

Para Kretschek (1996) o relevo do terreno é um dos fatores mais importantes no desenvolvimento do projeto do alinhamento vertical da via e o efeito da topografia é mais pronunciado no alinhamento vertical do que no alinhamento horizontal da via. O autor recomenda 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.

Existem diversas classificações de relevo do terreno, como da EMBRAPA e da norma americana para construção de estradas AASHTO, por exemplo. A EMBRAPA sugere a classificação do relevo em 6 categorias baseadas em classes de declividade, conforme a Tabela 03.

TABELA 03: CLASSES DE DECLIVIDADE E TIPOS DE RELEVO

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

Fonte: EMBRAPA (apud RODRIGUES, 2004) - Sistema Brasileiro de Classificação de solos.

A AASHTO (2010) sugere a classificação do relevo em três categorias baseadas principalmente no critério visibilidade, conforme:

- Terreno Plano: Distâncias de visibilidade em geral são longas e podem ser impostas sem dificuldades construtivas ou custos relevantes;
- Terreno ondulado: Variações predominantes do relevo alteram-se naturalmente para cima e para baixo do greide da via e apenas eventuais declividades íngremes oferecem alguma restrição aos alinhamentos horizontal e vertical da via;
- Terreno montanhoso: Alterações longitudinais e transversais do relevo em relação à via são abruptas, com necessidade em alguns casos de escavações laterais para obtenção de visibilidade.

3.3.3.2 Irregularidade (IRI)

Segundo o World Bank (1994) e citado por Leite (2002), 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 do deslocamento, as cargas dinâmicas e a própria drenagem da via. Seu valor é obtido observando-se o número de ondulações por quilômetro, ou usando-se instrumentos de precisão que registram os deslocamentos na vertical (socos) que ocorrem em um veículo como demonstrado na Tabela 04.

TABELA 04: AVALIAÇÃO QUALITATIVA DA IRREGULARIDADE E VALOR DO IRI

| Avaliação qualitativa da irregularidade | Irregularidade – IRI (m/km) | |
|---|-----------------------------|---------------------|
| | Via pavimentada | Via não pavimentada |
| Suave | 2 | 4 |
| Razoavelmente suave | 4 | 8 |
| Medianamente suave | 6 | 12 |
| Irregular | 8 | 15 |
| Muito irregular | 10 | 20 |

Fonte: LEITE, 2002 (apud WORLD BANK HDM III)

3.4 TRANSPORTE

O transporte de madeira é composto por duas etapas básicas. A primeira, o transporte primário, diz respeito ao deslocamento da madeira das florestas até uma área de fácil acesso aos caminhões (que devido ao seu peso, exigem estradas com boas condições para tráfego). Já a segunda é chamada de transporte principal e corresponde ao transporte da madeira dessas áreas de fácil acesso até as fábricas de transformação (SEIXAS e CAMILO, 2009).

Segundo Barbosa (2004), o transporte de madeira no Brasil é realizado, principalmente, através do modo rodoviário, sendo responsável, na maior parte das vezes, pela maior parcela dos custos da madeira posto fábrica. Trata-se de um setor que atualmente sofre pressão de aumento de custos em virtude da instalação

de postos de pedágios nas rodovias, fiscalização mais rigorosa com relação à “Lei da Balança” e reajustes dos preços de combustível.

3.4.1 Classificação de veículos no transporte rodoviário

Segundo Barbosa (2004), os veículos de cargas são classificados em:

- a) Leves: veículo simples, com capacidade de carga de até 10 toneladas;
- b) Médios: veículo simples, com capacidade de carga entre 10 e 20 toneladas;
- c) Semi-pesados: veículo simples, articulado ou conjugado, com capacidade de carga entre 20 e 30 toneladas;
- d) Pesados: veículo articulado ou conjugado, com capacidade de carga entre 30 e 40 toneladas; e
- e) Extra-pesados: veículos do tipo rodotrem, treminhão, bitrem e tritrem, com capacidade de carga acima de 40 toneladas.

No Brasil, o setor de transporte é responsável por quase 50% do consumo de derivados do petróleo, sendo o óleo diesel o principal combustível utilizado no transporte de cargas e passageiros. Não se espera para os próximos 20 anos alternativas econômicas que, em larga escala, substituam este combustível no setor de transporte. Assim, aumentar a eficiência e a racionalização de seu uso é, acima de tudo, ação estratégica (GUIMARÃES, 2004).

3.4.2 Legislação aplicada ao transporte de madeira

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

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

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

O transporte florestal deve se sujeitar ao Código Brasileiro de Trânsito - Lei da Balança, e composições especiais para o transporte de alta tonelagem, como treminhão e rodotrem, devem ter licenças especiais para o tráfego, renovável periodicamente. A lei da balança é definida como aquela que limita a carga máxima por eixo a ser transportada e fixam as dimensões autorizadas para o transporte de carga rodoviária, apresentando os pesos máximos permitidos por tipo de composição (MALINOVSKI; PERDONCINI, 1990). Ela tem como objetivo a preservação das condições das estradas, pontes e viadutos.

3.4.3. Peso por eixo

A portaria n° 86 de 20 de dezembro de 2006, emitida pelo DENATRAN, homologa os veículos de transporte de carga, com os seus respectivos limites de comprimento, peso bruto total – PBT e peso bruto total combinado – PBTC, peso por eixo e comprimento máximo das composições (Tabelas 05 e 06).

No caso de eixo isolado com quatro pneus, o peso máximo permitido é de 10 t, enquanto para eixo isolado com dois pneus, direcional ou não, o peso máximo permitido é de 6 t. Um eixo é considerado isolado quando situa-se a mais de 2,40 metros do eixo mais próximo. Já para conjuntos de dois eixos de quatro pneus cada, estes podem suportar 17 t, se forem em tandem, e 15 t se não forem em


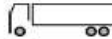
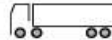


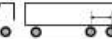
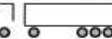
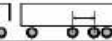
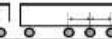
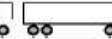

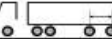
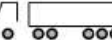
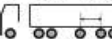
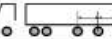



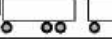
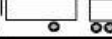

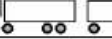
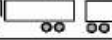
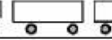
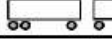
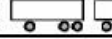
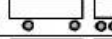
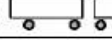
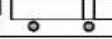
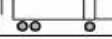
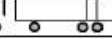
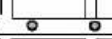
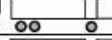
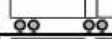
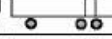
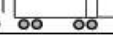
tandem. São considerados eixos em tandem dois ou mais eixos que constituam um conjunto integral de suspensão, podendo um deles ser ou não motriz.

Um conjunto em tandem de três eixos de quatro pneus cada tem capacidade para 25,5 t. Nos conjuntos em tandem de dois eixos ou três eixos de quatro pneus, a diferença de pesos brutos entre os eixos mais próximos não pode exceder a 1.700 kg. Tanto os limites de peso por eixo quanto os de peso bruto só prevalecem se todos os pneus estiverem em rodas do mesmo diâmetro.

Os pesos brutos totais das composições de transporte de carga não podem ultrapassar a capacidade máxima de tração (CMT). Um critério utilizado pelos fabricantes para estabelecer a CMT é a adoção da relação de 6 hp/t. Dessa forma, um cavalo-mecânico exige no mínimo 270 hp para tracionar 45 toneladas.

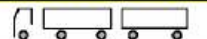

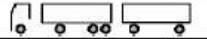
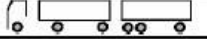
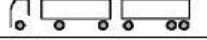
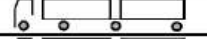
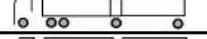
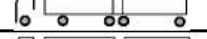


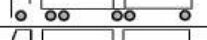


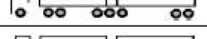
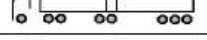
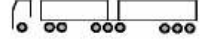


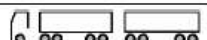

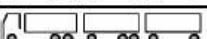

Viana (2002), complementa que o peso bruto total combinado (PBTC) de um veículo é a resultante do peso do chassi do veículo vazio, em ordem de marcha, somado com o peso da carroçaria que equipa esse veículo e com o peso da carga que está sobre a carroçaria. Para as unidades de tração (cavalos-mecânicos)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

TABELA 05: COMPOSIÇÕES HOMOLOGADAS PARA O TRANSPORTE DE CARGA.

| COMPOSIÇÕES HOMOLOGADAS PARA O TRANSPORTE DE CARGA | | | | | | | | | |
|---|---|---|----------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|------------------------|
| COMPOSIÇÕES | | Peso máximo por eixo ou conjunto de eixos (t) | PBT E PBTC (t) | | | | | | Comprimento máximo (m) |
| | | | Comprimento total (metros) | | | | | | |
| | | | inferior ou igual a 14,0 | inferior a 16,0 | superior ou igual a 16,0 | inferior a 17,5 | superior ou igual a 17,5 | superior a 19,8 | |
| Caminhão |  | 6+10 = 16 | 16 | | | | | | 14,0 |
| |  | 6+17 = 23 | 23 | | | | | | |
| |  | 12+17 = 29 | 29 | | | | | | |
| Caminhão + semi-reboque |  | 6+10+10= 26 | | 26 | 26 | | | | 18,6 |
| |  | 6+10+17= 33 | | 33 | 33 | | | | |
| |  | 6+10+10+10= 36 | | 36 | 36 | | | | |
| |  | 6+10+25,5= 41,5 | | 41,5 | 41,5 | | | | |
| |  | 6+10+10+17=43 | | 43 | 43 | | | | |
| |  | 6+10+10+10+10= 46 | | 45 | 46 | | | | |
| |  | 6+17+10=33 | | 33 | 33 | | | | |
| |  | 6+17+17=40 | | 40 | 40 | | | | |
| |  | 6+17+10+10= 43 | | 43 | 43 | | | | |
| |  | 6+17+25,5= 48,5 | | 45 | 48,5 | | | | |
| |  | 6+17+10+17= 50 | | 45 | 50 | | | | |
|  | 6+17+10+10+10=53 | | 45 | 53 | | | | | |
| Caminhão + reboque |  | 6+10+10+10= 36 | | | | 36 | 36 | | 19,8 |
| |  | 6+10+10+17= 43 | | | | 43 | 43 | | |
| |  | 6+17+10+10= 43 | | | | 43 | 43 | | |
| |  | 12+17+10+10=49 | | | | 45 | 49 | | |
| |  | 6+10+17+17= 50 | | | | 45 | 50 | | |
| |  | 6+17+10+17= 50 | | | | 45 | 50 | | |
| |  | 12+17+10+17= 56 | | | | 45 | 56 | | |
|  | 6+17+17+17= 57 | | | | 45 | 57 | | | |
| Caminhão + semi-reboque + reboque |  | 6+10+10+10+10= 46 | | | | 45 | 46 | | 19,8 |
| |  | 6+17+10+10+10= 53 | | | | 45 | 53 | | |
| |  | 6+10+17+10+10= 53 | | | | 45 | 53 | | |
| |  | 6+10+10+17+10= 53 | | | | 45 | 53 | | |
| |  | 6+10+10+10+17= 53 | | | | 45 | 53 | | |
| Caminhão + 2 semi-reboque |  | 6+10+10+10= 36 | | | | 36 | 36 | | 19,8 |
| |  | 6+17+10+10= 43 | | | | 43 | 43 | | |
| |  | 6+10+17+10= 43 | | | | 43 | 43 | | |
| |  | 6+10+10+17= 43 | | | | 43 | 43 | | |
| |  | 6+17+10+17= 50 | | | | 45 | 50 | | |
| |  | 6+17+17+10= 50 | | | | 45 | 50 | | |
| |  | 6+10+17+17= 50 | | | | 45 | 50 | | |
|  | 6+17+17+17= 57 | | | | 45 | 57 | | | |

Fonte: Portaria nº 86, de 20 de dezembro de 2006 homologadas pelo CONTRAN

TABELA 06: COMPOSIÇÕES QUE NECESSITAM DE AUTORIZAÇÃO ESPECIAL DE TRÂNSITO – AET

| COMPOSIÇÕES QUE NECESSITAM DE AUTORIZAÇÃO ESPECIAL DE TRÂNSITO - AET | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------|--|--|--|--|--|--|------|------|
| Caminhão + semi-reboque + reboque |  | 6+10+10+10+10=46 | | | | | | | 46 | 30,0 |
| |  | 6+17+10+10+10=53 | | | | | | | 53 | |
| |  | 6+10+17+10+10=53 | | | | | | | 53 | |
| |  | 6+10+10+17+10=53 | | | | | | | 53 | |
| |  | 6+10+10+10+17=53 | | | | | | | 53 | |
| Caminhão + 2 semi-reboque |  | 6+10+10+10=36 | | | | | | | 36 | 30,0 |
| |  | 6+17+10+10=43 | | | | | | | 43 | |
| |  | 6+10+17+10=43 | | | | | | | 43 | |
| |  | 6+10+10+17=43 | | | | | | | 43 | |
| |  | 6+17+10+17=50 | | | | | | | 50 | |
| |  | 6+17+17+10=50 | | | | | | | 50 | |
| |  | 6+10+17+17=50 | | | | | | | 50 | |
| |  | 6+17+17+17=57 | | | | | | | 57 | |
| Caminhão + 2 semi-reboque |  | 6+17+25,5+17 = 65,5 | | | | | | | 65,5 | 30,0 |
| |  | 6+17+17+25,5= 65,5 | | | | | | | 65,5 | |
| |  | 6+17+25,5+25,5= 74 | | | | | | | 74 | |
| Caminhão + semi-reboque + reboque |  | 6+17+17+10+10= 60 | | | | | | | 60 | 30,0 |
| |  | 6+17+17+10+17= 67 | | | | | | | 67 | |
| |  | 6+17+17+17+17= 74 | | | | | | | 74 | |
| Caminhão + 2 reboque |  | 6+17+10+10+10+10= 63 | | | | | | | 63 | 30,0 |
| |  | 6+17+10+17+10+10= 70 | | | | | | | 70 | |
| Caminhão +3 semi-reboque |  | 6+17+17+17+17= 74 | | | | | | | 74 | 30,0 |

Fonte: Portaria nº 86, de 20 de dezembro de 2006 homologadas pelo CONTRAN

3.4.4 Autorização Especial de Trânsito - AET

De acordo com a Resolução N° 75 de 19 de novembro de 1998, o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN, CVCs que ultrapassam 57 t, ou comprimento total acima de 19,80 m somente poderão circular com Autorização Especial de Trânsito – AET, sendo esta somente concedida pelo Órgão Executivo Rodoviário da União, dos Estados, dos Municípios ou do Distrito Federal, mediante atendimento aos seguintes requisitos:

I – para a Composição Veicular de Carga (CVC):

- a) Peso Bruto Total Combinado – PBTC igual ou inferior a 74 toneladas;
- b) Comprimento superior a 19,80 m e no máximo de 30 metros, quando o PBTC for inferior ou igual a 57 t.
- c) Comprimento mínimo de 25 m e máximo de 30 m, quando o PBTC for superior a 57 t.
- d) Limites legais por eixo fixados pelo CONTRAN;
- e) Compatibilidade da Capacidade Máxima de Tração – CMT da unidade tratora, determinada pelo fabricante, com o PBTC;
- f) Estar equipada com sistemas de freios conjugados entre si e com a unidade tratora, atendendo o dispositivo da Resolução n° 777/93 – CONTRAN;
- g) O acoplamento dos veículos rebocados deverá ser do tipo automático conforme NBR 11410/11411 e estar reforçado com correntes ou cabos de aço de segurança;
- h) O acoplamento dos veículos articulados deve ser do tipo pino-rei e quinta roda e obedecer o disposto na NBR NM/ ISSO 337
- i) Possuir sinalização especial na forma do ANEXO II da Portaria 86 e estar provida de lanternas laterais colocadas em intervalos regulares de no máximo 3 m entre si, que permitem a sinalização do comprimento total do conjunto.

II – para as condições de tráfego das vias públicas a serem utilizadas

§ 1° A unidade tratora dessas composições deverá ser dotada de tração dupla, ser capaz de vencer aclives de 6%, com coeficiente de atrito pneu/solo de 0,45, uma resistência ao rolamento de 11 kgf/t e um rendimento de sua transmissão de 90%.

§ 3° A Autorização Especial de Trânsito – AET, fornecida pelo Órgão Executivo Rodoviário da União, dos Estados, dos Municípios e do Distrito Federal, terá o percurso estabelecido e aprovado pelo órgão com circunscrição sobre a via.

3.4.5 Normas legais aplicadas ao transporte florestal rodoviário

A resolução N° 246 do CONTRAN, de 27 de julho de 2007, altera a resolução de N° 196 de 25 de julho de 2006 e fixa requisitos técnicos de segurança para o transporte de madeira bruta por veículo rodoviário de carga.

Esta norma conceitua tora como sendo a madeira bruta com comprimento maior que 2,50 metros, e dispõe que estas devem ser transportadas no sentido longitudinal do veículo, com disposição vertical ou piramidal (triangular).

As toras devem estar obrigatoriamente contidas, para o transporte vertical, com painéis dianteiro e traseiro da carroceria do veículo, exceto para os veículos extensíveis com toras acima de 8 m de comprimento, para os quais não são necessários painéis traseiros. As toras também devem estar apoiadas em escoras laterais metálicas, perpendicularmente ao plano do assoalho da carroceria do veículo (fueiros) sendo necessário 2 (duas) escoras de cada lado, no mínimo, para cada tora ou pacote de toras. Ainda devem estar amarradas com cabo de aço ou cordas de poliéster, com capacidade mínima de ruptura à tração de 3.000 kgf, tencionadas por sistema pneumático auto-ajustável ou catracas fixadas na carroceria do veículo.

Para o transporte longitudinal de toras de espécies nativas as normas estão dispostas no § 2° do Art. 3°.

A norma também regulamenta o direito de circulação, até o sucateamento, aos veículos fabricados e licenciados para o transporte de toras ou de madeira bruta, até a data de publicação da Resolução do CONTRAN, desde que seus proprietários tenham cumprido todos os requisitos para a sua regularização, mediante comprovação no Certificado de Registro do Veículo – CRV e Certificado de Registro e Licenciamento de Veículo – CRLV.

3.4.6 Tipos de caminhões utilizados no transporte de madeira

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

Segundo Machado (1984), os tipos de veículos rodoviários utilizados no Brasil eram: caminhão convencional (4x2, 4x4, 6x2, 6x4); caminhão e reboque “Romeu e Julieta” (caminhão 6x4); caminhão e semi-reboque com câmbio telescópico (caminhão 6x4); cavalo mecânico, semi-reboque e reboque “Rodotrem” (cavalo mecânico 6x2 ou 6x4). Malinovski e Perdoncini (1990) comentam que a linha mais encontrada no transporte florestal eram a dos traçados (4x4 e 6x4), porém ocorrendo a utilização dos convencionais 4x2 e 6x2, principalmente em regiões planas ou caminhões de terceiros que transportam madeira sazonalmente. Outro fator que determina o tipo de caminhão é a qualidade das estradas.

Machado *et al* (2000) comentam que os diferentes tipos de caminhões podem ser classificados de acordo com a composição veicular, descrita assim:

- Simples (caminhão): constituído de uma unidade tratora e transportadora;
- Articulado (carreta): constituído de uma unidade tratora e um semi-reboque;
- Conjugado (biminhão): constituído de um caminhão simples e um reboque;
- Bitrem: combinação de um cavalo-mecânico e dois semi-reboques;
- Tritrem: combinação de um cavalo-mecânico e três semi-reboques;
- Rodotrem: constituído de um veículo articulado e um semi-reboque;
- Treminhão: constituído de um caminhão simples e dois semi-reboques.

3.4.7 Desempenho das composições veiculares de carga

Segundo Machado *et al* (2000), para que haja movimento é necessário que a força do motor seja transmitida para as rodas, e destas para o solo, e que vençam diversas forças contrárias, como resistência aerodinâmica, de aclone, de rolamento e inercial.

3.4.7.1 Torque na roda (T_r)

É a força responsável pela movimentação dos veículos. O motor produz um torque que se multiplica no sistema de transmissão pelas relações de redução selecionadas na caixa de mudanças e no diferencial, e considerando o rendimento da transmissão, tem-se na roda o seguinte:

$$T_r = T_m \times i_c \times i_d \times n \quad (1)$$

Onde:

T_r = Torque na roda (kgfm);

T_m = Torque máximo (kgfm);

i_c = Relação de redução da caixa de câmbio

i_d = Relação de redução no diferencial

n = rendimento da transmissão = 0,9

3.4.7.2 Raio dinâmico (R_d)

Os pneus deformam-se quando o veículo está carregado e em movimento, fazendo com que a distância do centro da roda ao solo seja menor do que a do pneu fora do veículo (raio teórico). O raio dinâmico depende de uma série de fatores como: tipo de pneu, tipo de superfície da pista de rolamento, dimensões dos pneus, velocidade, carga e calibragem.

Como exemplo pode-se citar que para um pneu 11.00X22" diagonal, o raio dinâmico pode ser de 0,547.

3.4.7.3 Força disponível na roda (FR)

É a força que o veículo dispõe para utilização em cada marcha, à qual se associa um rendimento, resultado das perdas por atrito, dado pela seguinte relação:

$$FR = \frac{T_m \times i_c \times i_d \times k}{R_d} \quad (2)$$

Onde:

FR = Força disponível na roda do veículo (kgf)

T_m = Torque máximo (kgfm);

i_c = Relação de redução da caixa de câmbio

i_d = Relação de redução no diferencial

k = rendimento (0,9)

R_d = raio dinâmico do pneu no eixo de tração (m)

3.4.7.4 Força de aderência (Fad)

É a força que o veículo pode utilizar em decorrência do peso que incide sobre o(s) eixo(s) de tração e do coeficiente de atrito da superfície de rolamento da rodovia, determinado por:

$$F_{ad} = P \times \mu \quad (3)$$

Onde:

Fad = força de aderência (kgf)

P = peso incidente sobre o(s) eixo(s) de tração (kg)

μ = coeficiente de atrito (pneu x solo)

TABELA 07: COEFICIENTE DE ATRITO ESTÁTICO

| <i>Pavimento</i> | <i>Coefficiente de atrito estático</i> |
|---|---|
| Pavimento rígido/flexível | 0,6 - 0,7 |
| Revest. primário estabilizado | 0,5 - 0,6 |
| Sem revestimento (Argiloso seco) | 0,55 |
| Sem revestimento (Argiloso úmido) | 0,45 |
| Sem revestimento (Arenoso úmido) | 0,4 |

Fonte: Machado *et al* (2000)

Quando FR é maior que Fad, ocorre a patinação, assim deve-se utilizar o valor de Fad para o cálculo de capacidade de subida do veículo. Todavia se a FR for menor que a Fad, deve-se utilizar a FR.

3.4.7.5 Forças restritivas

Para um veículo se deslocar e manter-se em movimento, é necessário que ele vença uma série de forças que a ele se opõe, dentre as quais: resistência ao rolamento, resistência de rampa, e resistência aerodinâmica.

3.4.7.6 Resistência ao rolamento (Rr)

A resistência ao rolamento pode ser conceituada como a força necessária para superar os efeitos da oposição ao movimento entre os pneus e a superfície da pista de rolamento, dada a penetração dos pneus no solo, causando deformação no solo e, ou, dos pneus quando da operação do veículo.

A Rr pode ser calculada por:

$$Rr = PBT \text{ ou } PTBC \times RRs \quad (4)$$

Onde:

Rr = Resistência ao rolamento (kg)

PBT ou PBTC = Peso bruto total ou peso bruto total combinado (t)

RRs = Coeficiente de resistência ao rolamento (kg/t)

TABELA 08: VALORES DE COEFICIENTE DE RESISTÊNCIA AO ROLAMENTO (RRS)

| <i>Pavimento</i> | <i>Condição do Pavimento</i> | <i>RRs (kg/t)</i> |
|----------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Revestimento | Liso | 8 |
| | Médio | 9 |
| | Rugoso | 10 |
| Flexível | Liso | 10 |
| | Médio | 13 |
| | Rugoso | 15 |
| Estabilizado granulometricamente | Devidamente compactado | 15 |
| | Moderadamente compactado | 18 |
| | Fracamente compactado | 20 |
| | Sem compactação | 25 – 90 |
| Sem revestimento | Argiloso seco | 25 – 45 |
| | Argiloso úmido | 40 – 80 |
| | Arenoso úmido | 75 |
| | Arenoso seco | 100 -120 |

Fonte: McNally 1975.

3.4.7.7 Resistência de rampa (Ri)

A resistência a rampa é a força contrária ao movimento ascendente, dada a ação da gravidade que precisa ser vencida à medida que o veículo percorre uma rampa, e pode ser calculada por:

$$Ri = (PBT \times i) \text{ ou } (PBTC \times i)/100 \quad (5)$$

Onde:

Ri = resistência de rampa (kg)

PBT ou PBTC = Peso bruto total ou peso bruto total combinado (kg)

i = greide (%)

Como referência, segundo informações técnicas do fabricante Mercedes Benz (2010), para um caminhão com 428 CV de potência máxima de 428 CV a 1900 rpm, torque máximo de 214 mkgf a 1100 rpm, com caixa de mudanças MB G 240 – 16, pneus 11.00 R 22 PR 16 e redução $i=6,000:1$, a capacidade máxima de subida de rampa (partida em rampa) com 43.000 kg é de 45%; com 63.000 kg é de 29% e com 123.000 kg é de 14%.

3.4.7.8 Resistência aerodinâmica (F_a)

A resistência aerodinâmica é a força que o ar oferece ao avanço do veículo, devido aos ventos frontais e laterais que se opõe ao movimento, e é dado pela seguinte equação:

$$F_a = 0,005 \times C_a \times \rho \times A_f \times (V \pm V_v)^2 \quad (6)$$

Onde:

F_a = Resistência aerodinâmica (kg)

C_a = Coeficiente aerodinâmico

A_f = Área frontal projetada do veículo (m²)

ρ = densidade do ar

$(V \pm V_v)$ = Velocidade do veículo com relação ao vento (km/h)

3.4.7.9 Eficiência energética

Para Silveira e Sierra (2010), há no mercado diversos modelos de tratores e caminhões e no momento da compra, a escolha do proprietário se baseia na potência, no conforto, na facilidade de manobra e na manutenção, além do preço. O conhecimento da eficiência energética do equipamento poderia ser mais um item a ser considerado em sua seleção.

ASABE (2005) estabeleceu uma estimativa do consumo médio dos tratores acionados por motor diesel, de acordo com a seguinte equação:

$$Q_{avg} = 0,223 * P_{pto} \quad (7)$$

Onde:

Q_{avg} = consumo médio (L/h)

P_{pto} = máxima potência do motor na tomada de (kW)

3.4.8 Ciclo de transporte de madeira

Segundo Lacowicz *et al* (2002), em uma empresa do sul do Brasil, de 17 elementos do ciclo operacional analisados no transporte de madeira, 6 representaram 90 % do tempo total do ciclo de transporte, sendo eles: o tempo de viagem vazia, carregada, carga, descarga e filas para carga e descarga.

Para Leite (1992), a distância é um dos fatores que mais afetam o custo de transporte e este varia de acordo com a localização da fábrica em relação às áreas de produção da madeira, independente do sistema de transporte. Silversides (1978) expõe que a distância é um dos principais fatores que governa os custos do transporte, pois determina o volume de madeira a ser transportado por turno ou dia de trabalho, em cada tipo de composição veicular, e quanto mais extenso for o trajeto, maior será o custo unitário por volume de madeira transportada.

Marques (1994) e Isard (1975) citam que o custo de transporte pode ser altamente afetado pelo tempo de carga e descarga. Os tempos de carga e descarga são definidos em uma das suas obras como “custo terminal”, tornando-se altamente expressivos quando o transporte é efetuado em pequenas distâncias, com maior número de operações de carga e descarga, e menos expressivos em grandes distâncias.

Segundo Malinovski e Fenner (1986), o tempo de espera deve ser o mínimo possível e, para tanto, deve-se optar por um sistema de carga e descarga que seja o mais rápido e seguro possível e de baixo custo, pois a fila de transporte

não está só relacionada com o número de caminhões, mas também com o rendimento ou produtividade dos carregadores.

3.5. EXTRAÇÃO DE MADEIRA

Segundo Seixas e Camilo (2008), a operação de extração refere-se à movimentação da madeira desde o local de corte até o carreador, a estrada ou um pátio intermediário. Existem vários sinônimos desta operação, muitas vezes dependendo do modo como ela é realizada ou do tipo de equipamento utilizado, podendo ser citados os mais comuns como baldeio, arraste, encoste e transporte primário.

3.5.1. Baldeio de madeira

Ainda segundo Seixas e Camilo (2008) a madeira no baldeio é transportada apoiada sobre uma plataforma, como um “trailer” ou um trator autocarregável (*forwarder ou timber hauler*) ou ainda sobre um caminhão com plataforma rígida. Originalmente fabricados no Canadá e aprimorados na Escandinávia, os tratores florestais auto-carregáveis são, em sua maioria, máquinas articuladas com suspensão da plataforma embaixo do chassi traseiro e capacidade de carga variando de 5.000 a 20.000 kg. A razão entre o peso movimentado e a potência do veículo oscila entre 140 e 280 kg/hp, com a maioria situando-se na faixa de 160 a 180 kg/hp. A velocidade não é uma característica essencial desse tipo de trator, com a maior parte do tempo operacional sendo gasto com carga e descarga, destacando-se muito mais em função da capacidade de superar as condições adversas encontradas no campo.

Essas máquinas possuem uma caixa de carga e um carregador hidráulico, que pode ser montado tanto sobre o chassi de carga como no dianteiro, ou em uma escavadeira hidráulica. O carregador conta com uma capacidade de carga variando de 300 a 4.000 kg por ciclo e alcance de 3 a 12 metros. Podem trabalhar

em terrenos acidentados até uma inclinação máxima ao redor de 30%, ou de 60% desde que se movimente no sentido do declive. Trata-se de um equipamento com custo de aquisição elevado, que exige florestas de boa produtividade e operador qualificado, adaptado de Seixas (1987) e Souza *et al*(1988).

3.6 CUSTOS

Segundo Marques *et al* (2000), através da estimativa do custo de produção, conceituado como a soma dos valores de todos os recursos (insumos) e operações (serviços) utilizados no processo produtivo de certa atividade em certo prazo, é possível identificar os resultados econômicos. No curto prazo, os recursos são classificados em fixos e variáveis e as despesas deles decorrentes são os custos fixos e custos variáveis.

Para Zatta *et al* (2002), conhecer como os custos variam pela identificação dos respectivos direcionadores e separar custos fixos e variáveis, costuma ser fundamental para a tomada de boas decisões administrativas. Muitas funções gerenciais, como planejamento e controle, dependem do conhecimento de como os custos se comportarão.

Marques *et al* (2000) citam que variabilidade ou não dos custos é determinada num horizonte de tempo, causada por ação gerencial ou estimativas. Os custos freqüentemente esbarram em condições ambientais, tecnológicas e de natureza econômica que alteram o seu comportamento. Nas estratégias de gerenciamento, o custo é muito comumente direcionado por fatores que se inter-relacionam de forma complexa entre as determinantes de variabilidade num espaço relevante de tempo. Os direcionadores de custos devem apresentar uma relação economicamente viável com a variável que leva a determinação de uma medida apropriada da execução da atividade

Ainda segundo Marques *et al* (2000) os custos fixos são aqueles correspondentes aos recursos que têm duração superior ao curto prazo e, portanto, sua renovação só é verificada a longo prazo. São as despesas do produtor com terras, benfeitorias, máquinas, equipamentos, impostos e taxas fixas, máquinas de trabalho, etc. Os custos variáveis têm duração inferior ou igual ao curto prazo,

sendo, portanto, sua recomposição feita a cada ciclo do processo produtivo. Referem-se aos gastos do produtor com insumos e serviços de modo geral, como sementes, defensivos, fertilizantes, serviços prestados por mão-de-obra, técnica e administrativa, aluguel de máquinas, equipamentos e animais de trabalho, e despesas gerais (combustíveis, lubrificantes, energia elétrica, gastos com reparos e conservação, etc.).

Segundo Hansen (2001), direcionadores de atividades explicam as mudanças nos custos de atividades ao mensurar as mudanças na execução da atividade (consumo). Se o custo é fixo ou variável, em relação a um determinado direcionador depende do horizonte de tempo. A teoria econômica advoga que no longo prazo todos os custos são variáveis e no curto prazo ao menos um componente é fixo. Ainda para o mesmo autor os termos custo fixo e custo variável não existem em um vácuo, eles só têm algum significado quando relacionados com alguma medida de produção ou atividade.

Na análise econômica do custo de produção considera-se como custo alternativo (ou de oportunidade) de um recurso produtivo o quanto o capital nele empregado estaria rendendo no seu melhor uso alternativo. É a retribuição normal ao capital utilizado na atividade. Só haverá lucro econômico se a atividade produtiva proporcionar retorno que supere o custo alternativo.

Para análise de rentabilidade, considera-se como receita o resultado da atividade em valores monetários, ou seja, o preço de cada unidade vezes a quantidade vendida (produzida). A análise da rentabilidade consiste, em geral, na comparação da receita com o custo de produção, o que determina se os lucros obtidos são: lucro supernormal ou econômico: é uma situação em que a atividade está obtendo retornos maiores que as melhores alternativas possíveis de emprego do capital, indicando que a empresa pode se expandir no médio ou longo prazo; lucro normal: sugere que a atividade está obtendo retornos iguais aos que seriam obtidos nas melhores alternativas possíveis de emprego dos recursos, significando estabilidade, em que o nível de produção a curto e longo prazos se mantém constante; e quando o preço não cobre os custos totais médios: neste caso, é preciso avaliar até que nível o preço cobre o custo fixo médio, indicando a intensidade de descapitalização da atividade.

Segundo Quadros (2010), em uma análise econômica de empresas prestadoras de serviço florestal em duas regiões do estado de Santa Catarina, as

empresas de serviço de colheita de madeira, à medida que as atividades são mais mecanizadas diminui a proporção de custo fixo em relação ao custo total, pois apesar de haver um aumento dos custos de oportunidade e de depreciação das máquinas e equipamentos, que são fixos, há um aumento em maior proporção dos demais custos de máquinas e equipamentos que são variáveis, como combustíveis, reparos e manutenção, assim como, um aumento das despesas governamentais. Colabora com esta constatação o fato de haver uma diminuição do custo de mão-de-obra direta, que são fixos, à medida que a atividade é mais mecanizada. Ainda neste estudo as empresas de transporte florestal tiveram as menores proporções de custos fixos em relação aos variáveis, fato que ocorre devido ao alto índice de utilização de máquinas e implementos e aos elevados valores de despesas governamentais. Há uma acentuada diminuição na participação dos custos fixos em relação ao custo total à medida que aumenta o tamanho das empresas, pois os custos fixos são mais elevados nas microempresas devido a elevada participação dos custos de mão-de-obra direta. Por outro lado, os impostos, considerados custos variáveis, aumentam à medida que aumenta a receita bruta que é maior, quanto maior o tamanho da empresa.

Souza (2004) comenta que o custo da madeira no pátio das fábricas é composto basicamente pelo valor da madeira em pé e pelos custos de construção e manutenção de estradas, colheita e transporte de madeira. Para dois povoamentos com as mesmas características (idade, sítio, tratamentos culturais, topografia, entre outros), o valor médio da madeira em pé, os custos de estradas e de colheita de madeira são similares, contudo, o custo de transporte pode variar significativamente, pois depende da distância entre o povoamento e a fábrica.

Para uma mesma distância de transporte, quanto menor for o valor do produto florestal, maior será a importância do transporte no custo da madeira colocada no pátio das fábricas e, conseqüentemente, no custo do produto final. Malinovski e Malinovski (1998) comentam que a colheita e o transporte de madeira representam, em média, de 60% a 70% dos custos da madeira colocada no pátio das fábricas.

O custo total do transporte rodoviário florestal se traduz na soma do custo operacional dos veículos e do custo da infra-estrutura das estradas de uso florestal (construção e manutenção). A velocidade média dos veículos de transporte florestal, o consumo de combustível, o gasto de pneus e a manutenção dos

veículos, podem ser influenciados pelo padrão de qualidade das estradas, o que contribui para o aumento dos custos do transporte florestal (MACHADO, 2000).

Segundo Machado *et al* (2000), os fatores que influenciam os custos de transporte florestal rodoviário são a distância, que determina o volume de madeira a ser transportado por turno de trabalho e o padrão de qualidade das estradas, que influencia o desempenho energético dos veículos de transporte, a durabilidade do veículo, a eficiência operacional, etc. Leite (1992), complementa afirmando que diversos são os fatores que influenciam no desempenho de caminhões e no custo do transporte florestal rodoviário. Entre eles estão: o tipo de veículo usado com a rede viária florestal, condições locais, método de trabalho e fatores inerentes ao ser humano.

Correia *et al* (2006), comentam, que a grande maioria dos veículos de transporte rodoviário se deslocam em condições operacionais acima dos níveis aceitáveis, sendo a pressão pelos custos o principal fator que contribui para que isso ocorra.

3.6.1 Métodos de cálculo de custos operacionais

Existem diversos métodos para o cálculo de custo. Freitas, *et al.* (2004) realizaram um estudo comparativo de três metodologias utilizadas para o cálculo do custo operacional de veículos de transporte florestal, a saber: FAO América do Norte, FAO/ECE/KWF e Battistella/Scânia. Para tanto, considerou-se um caminhão bitrem, um dos mais utilizados no transporte de carga florestal no Brasil. Nos dois primeiros métodos, o custo foi calculado por hora efetiva de trabalho (he), sendo no último calculado por quilômetro (km), em que se utilizou um fator para converter o custo de km em custo por hora efetiva de trabalho (he). O custo operacional, no método FAO . América do Norte e FAO/ECE/KWF foi dado pelo somatório dos seguintes custos: de maquinário (custos fixos e variáveis), administrativo (custo de administração) e de pessoal (custo de mão-de-obra). No método Battistella/Scânia, esse custo foi resultante do somatório dos custos de maquinário e administrativo. O método FAO América do Norte foi o mais expressivo em termos de custo operacional, sendo o mais indicado no caso em estudo, em razão, principalmente,

da grande aproximação em relação ao custo real. O custo de maquinário representou mais de 85% do custo total em todas as metodologias, destacando-se o custo variável devido ao alto custo do combustível. Observou-se que o custo operacional apresentou valores distintos, uma vez que nesses métodos se utilizam fórmulas diferenciadas num mesmo custo.

Outro modelo para estimativas de custos operacionais do setor rodoviário é o do Banco Mundial, denominado de “*Highway Design and Maintenance Standards*” – HDM. Este modelo é a base na qual se definem prioridades em termos de financiamento de rodovias inteiras ou trechos isolados e foi utilizado por Leite em 2002 como a base de custos para um modelo de otimização dos custos de transporte de madeira oriundas de reflorestamento.

O mesmo autor conclui em seu trabalho que utilizando-se das metodologias propostas, as atividades de transporte florestal apresentaram custos totais menores, desde que os custos de operação sejam considerados em conjunto com os custos de construção e conservação.

Seixas e Widmer (1993) analisando a escolha de frota quanto ao tipo de veículo disponível, concluíram que a opção do transporte efetuado por meio de composições com maior capacidade de carga, desde que em condições favoráveis, favorece a minimização dos custos operacionais.

3.7 OTIMIZAÇÃO

Devido à importância da colheita e do transporte de madeira na composição do custo do produto final, torna-se necessário incrementar a eficiência destas atividades. Uma das formas de se conseguir isto é pela otimização do processo produtivo

3.7.1 Programação linear

Segundo Martini e Barbosa (1988), a programação linear é uma poderosa ferramenta de planejamento e vem sendo largamente utilizada em todo o mundo.

No setor florestal, seu uso tem-se difundido bastante principalmente nos países desenvolvidos.

A programação linear (PL) é uma das técnicas de otimização mais importantes e mais utilizadas da pesquisa operacional (ZIONTS, 1974). Esta técnica pode resolver problemas gerenciais complexos, tais como os problemas encontrados pelas forças armadas, indústria e agricultura (DANTZIG, 1963).

Um modelo de PL é um modelo matemático desenvolvido para determinar os valores de um conjunto de variáveis (contínuas), visando minimizar (ou maximizar) uma função linear (função objetivo) enquanto satisfaz um sistema de restrições lineares (SALKIN, 1975).

O primeiro método prático para determinar a solução ótima dos modelos de programação linear, o algoritmo simplex, foi apresentado, em 1947, por George B. Dantzig. Outras variações do método simplex, como o método dual simplex, foram propostas para reduzir o número de iterações e o custo computacional na programação linear (DANTZIG, 1963).

Souza (2004) cita que alguns problemas de decisão trabalham com variáveis que devem possuir valores inteiros. Por exemplo, não é possível construir 1,37 escolas ou produzir 11,74 aeronaves. Desta forma, os modelos de PL onde todas as variáveis devem possuir valores inteiros são denominados modelos de programação linear inteira (PLI) e os modelos de programação linear com variáveis inteiras e variáveis contínuas são denominados modelos de programação linear inteira mista (PLIM). Os problemas de PLI que possuem as variáveis inteiras restritas aos valores 0 ou 1 são conhecidos por problemas de programação linear inteira 0-1 (SALKIN, 1975).

3.7.2 Programação linear aplicada à logística florestal

Sessions (1987) desenvolveu o programa NETWORK para microcomputadores que analisa e identifica o mínimo custo, tempo ou distância ao se efetuar o movimento de um ponto a outro em um sistema viário florestal (estradas para caminhões, carregadores, trilhas para arraste etc.). Nesse sistema a

solução do programa indica a combinação de rotas que devem ser usadas, proporcionando o custo total mínimo ou receita máxima.

Paredes e Sessions (1988) desenvolveram um procedimento para aumentar a eficiência de sistemas de transporte florestal, proporcionando modos alternativos de transporte de madeira e escolhas para a localização de pátios de transferência de madeira. Contudo, a respeito do veículo, o programa considera somente duas opções: um caminhão "pequeno" e outro "grande", calculando a localização ótima do pátio a partir de estimativas macroscópicas de composição de frota e conseqüente custo operacional da rede. Esses modelos de transporte chegam a analisar desde a exploração até à construção de estradas, tratando da coleta de um "produto" em diversas fontes e seu transporte até diversos destinos. A preocupação comum à maioria deles refere-se à escolha de uma rota, a mais econômica possível, ou mesmo à localização da rede viária mais indicada a cada situação.

Seixas e Widmer (1993) desenvolveram um método que auxiliasse na racionalização da escolha da frota de veículos rodoviários para transporte de madeira. Baseando-se na solução do problema do transporte através da programação linear, o método descrito neste trabalho permite, em uma situação de diversas origens e um único destino, análises quanto às diferentes opções de veículos, desempenhos, tempos terminais de carga e descarga, comprimento de vias etc. Os resultados obtidos nos estudos de casos mostram a adequação econômica do uso de veículos pesados do tipo "treminhão" e "rodotrem" para o transporte principal de madeira, desde que a rede viária esteja em condições adequadas. Outros resultados mostram também a sensibilidade dos valores estimados de velocidades na escolha da frota. Variações de 2% nas velocidades, causaram a substituição de veículos em alguns trechos.

Lacowicz, *et al* (2002) estudaram a minimização de custos do transporte rodoviário florestal, através da programação linear inteira e otimização dos tempos de ciclo de transporte. Após a obtenção dos dados de uma empresa florestal, foram elaborados três cenários, quais sejam: Cenário I: levantamento do quadro atual da empresa, como subsídio comparativo após a racionalização e otimização das etapas que mais consomem tempo do ciclo; Cenário II: realizada em função do uso de programação linear, juntamente com a racionalização dos tempos de fila de espera para carga e descarga; Cenário III: além da programação linear e

racionalização dos tempos de espera em fila, utilizou paralelamente, uma otimização do tempo carga e uma elevação da velocidade de transporte. Os resultados mostraram-se significativos, onde a racionalização e a otimização contribuíram para a redução do número de caminhões e do custo total, traduzindo-se em aumentos na produção dos veículos, na receita bruta e líquida dos freteiros.

Leite (2002) desenvolveu um trabalho para minimização dos custos de transportes na colheita de reflorestamentos, dando ênfase aos aspectos operacionais para a definição das características técnicas das estradas. Para isto abordou tanto particularidades dos veículos como das estradas. Na revisão de literatura e métodos foram considerados sete itens principais: 1) definição dos volumes de transporte, ou 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 foram 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 dos sistema viário que proporcionam os maiores ganhos econômicos. A escolha das melhorias no sistema viário é relacionada com a realização do transporte florestal de forma otimizada. As metodologias e práticas selecionadas foram aplicadas na redução dos custos totais de transporte, existentes na colheita de madeira, em dois estudos de caso, em áreas situadas no Sul da Bahia e na Região do Planalto Norte Catarinense. Leite utilizou a metodologia HDM III (Modelo para Projeto de Rodovias e Padrões de Manutenção) calculando-se custos de operação para dez tipos de composições veiculares de carga, utilizadas no transporte de toras de madeira reflorestada e simuladas diferentes condições para inclinações de rampa, raios de curva horizontal e condições de superfície das vias dadas pelo IRI (Índice de Irregularidade Internacional). No estudo da demanda, foi 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 definiram os custos de operação dos tipos de veículos e desta forma foi possível otimizar tanto a escolha do veículo como o percurso para o transporte. As técnicas utilizadas no transporte, incluindo a

definição dos segmentos viários a serem melhorados, tipos de veículos e aspectos de vida econômica foram considerados tendo em vista sua importância nos custos totais. Constatou-se que os benefícios da utilização das metodologias propostas consistem em: 1) definição da demanda do transporte de toras reflorestadas, 2) cálculo dos custos operacionais 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 de uso florestal

Berger *et al* (2003) comentam que a complexidade do planejamento do transporte florestal de madeira leva ao desenvolvimento de métodos que auxiliem na determinação das melhores rotas a serem seguidas por caminhões, para se conseguir um menor custo possível para um máximo volume de madeira posto pátio. Baseando-se na solução do problema do transporte através da programação linear, o método descrito neste trabalho permite, em uma situação de diversas origens e um único destino, análises quanto ao número ideal de viagens, carga ótima por veículo, menor custo por unidade de volume e quilometragem máxima mensal. Os resultados obtidos nos estudos de casos mostram adequação econômica do método de planejamento do transporte por programação linear, havendo um aumento de 22,70% no volume de madeira posto pátio e uma redução de 18,33% no custo por estéreo posto pátio.

Lopes *et al* (2003) avaliaram a aplicabilidade do programa SNAP III (Scheduling and Network Analysis Program) como ferramenta de apoio no planejamento da colheita e do transporte florestal em condições brasileiras. Os aspectos avaliados foram a definição dos subsistemas de colheita e a determinação de uma rota compatível de transporte de madeira. Inicialmente, determinou-se o custo operacional e de produção das máquinas em sete subsistemas de colheita tecnicamente viáveis para a região de estudo, como também os índices de qualidade e de custos de construção e manutenção de estradas, os quais foram utilizados como dados de entrada no SNAP III. Posteriormente, verificou-se, através de um estudo de caso, a aplicabilidade do programa como ferramenta de apoio no planejamento da colheita e do transporte. De acordo com os resultados, constatou-se que há três categorias de estradas de ocorrência na área de estudo: principal, secundária e terciária, as quais, com base no índice de qualidade encontrado, permitiram uma velocidade média do veículo de transporte de 41,0; 30,3 e 24,3 km/hora e um custo de construção de US\$

5.084,30, US\$ 2.275,28 e US\$ 1.650,00/km, respectivamente. O programa foi capaz de definir com eficiência os subsistemas de colheita técnica e economicamente viável, a rota ótima de transporte e as estradas em uso em cada período do horizonte de planejamento.

Souza (2004) desenvolveu um modelo de algoritmos genéticos que permite aos tomadores de decisões determinar o período de intervenção das equipes de corte nos pontos de produção para minimizar os custos relacionados à colheita e ao transporte principal de madeira cujos resultados foram comparados com um modelo de programação linear, sendo que em uma das estratégias analisadas apresentou os maiores ganhos para a empresa, pois possibilitou uma redução considerável nos custos de transporte.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Os principais materiais utilizados na elaboração deste trabalho foram:

4.1.1 Software e hardware para o modelo de programação linear

Para desenvolver e resolver o modelo de programação linear inteira mista de minimização de custos de transporte de madeira, adequação de estradas de uso florestal, foram utilizados os seguintes *softwares*:

- Planilha eletrônica Microsoft® Excel® 2003
- Extend LINGO/PC®, Release 7.0 (7 Dec 2001) Copyright® 2001

O *hardware* utilizado foi um notebook Dell® Latitude D531 com um processador AMD Turion® 64X2 Mobile, Technology TL-60, 2,00 GHz, e 898 MB de RAM.

4.1.2 Dados utilizados para validação do modelo

O modelo foi testado com os dados fornecidos por uma empresa de base florestal com atividades na produção de celulose e papel, localizada em Telêmaco Borba, no estado do Paraná (Figura 1). Esta unidade florestal totalizava uma área de 275.095 hectares e em 2009 foram movimentadas 4.058.000 toneladas de madeira com casca, classificadas em madeira para celulose, energia, serraria e comercialização.

O clima predominante na região (de acordo com a classificação Köppen) é o Subtropical com transição para o Temperado propriamente dito, úmido, mesotérmico, sem estação seca definida (Cfa/Cfb). Os verões são quentes e tendem à concentração de chuvas e, no inverno, as geadas ocorrem com pouca frequência.

A temperatura média anual é de 19,3° C e a umidade relativa média anual é de 77%. A altitude é de 885 metros acima do nível do mar. A precipitação pluviométrica total anual média é de 1.560 mm.

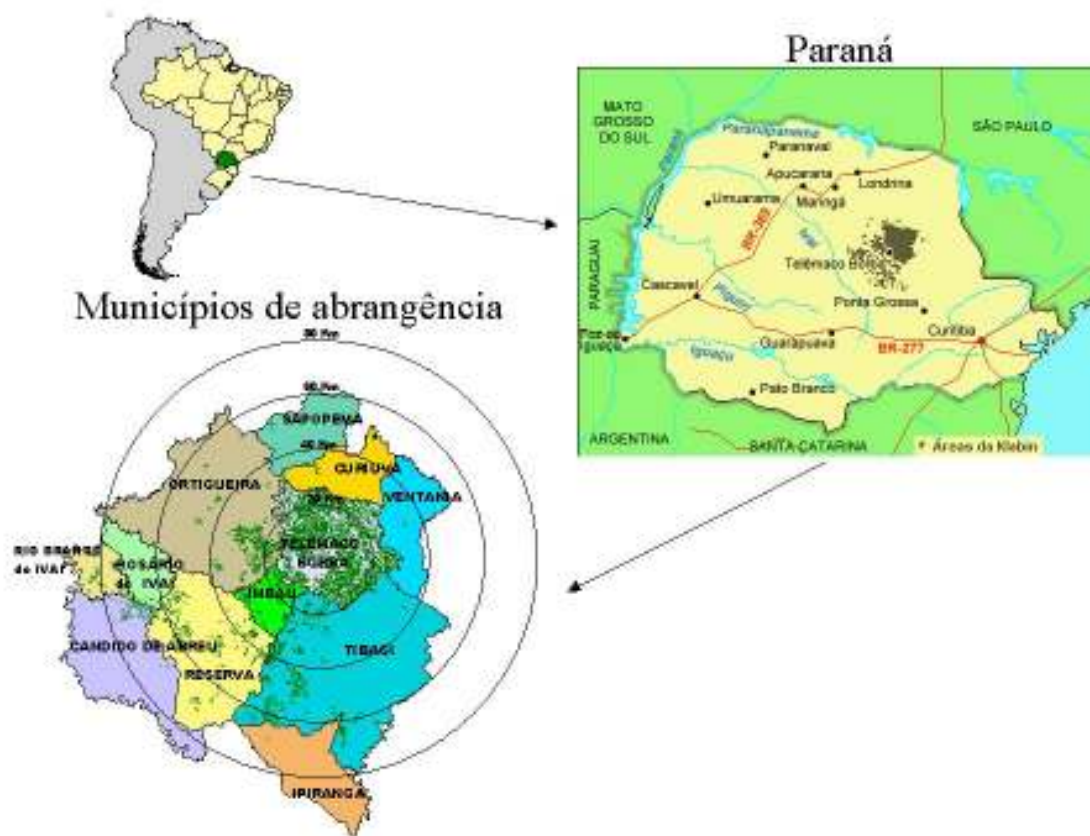


FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

4.1.2.1 Projetos florestais

Foram selecionados 5 projetos florestais (blocos de produção de madeira) com um total de 82 talhões e 610,7 ha (Tabela 09), espacialmente distribuídos de forma a representar a variação de relevo da região. Seus volumes correspondem a 8,1% do volume total de madeira colhido em 2009 pela empresa.

TABELA 09: PROJETOS FLORESTAIS AVALIADOS NO ESTUDO DE CASO

| Projeto | | Número de Talhões | Área (ha) | Volume (t) | |
|-------------|-------|-------------------|-----------|------------|---------|
| Nome | Sigla | | | | Ordem |
| Jaguaririca | JGA | 1 | 25 | 171,5 | 115.997 |
| Vila Preta | AVI | 2 | 8 | 72,6 | 20.540 |
| Mirandinha | MIR | 3 | 9 | 87,9 | 59.397 |
| Cirol | CIR | 4 | 7 | 61,1 | 27.797 |
| Marissol | DSN | 5 | 33 | 217,6 | 104.908 |
| Total | | | 82 | 610,7 | 328.640 |

4.1.2.2 Composições Veiculares de Carga – CVC

Foram considerados no estudo 4 tipos diferentes de CVC para a realização do transporte de madeira: Bitrem (BT), Romeu e Julieta 4 eixos (RJ), Rodotrem - 19,80 m (RD) e Tritrem (TT). As especificações técnicas encontram-se na Tabela 10.

Dentre as diversas opções de cavalos mecânicos utilizadas na região do estudo foi utilizado o Volvo FM com 400 hp e 204 mkgf de torque. Para a composição de cenários cavalos mecânicos mais potentes foi avaliado também o Volvo FM com 245 mkgf de torque.

TABELA 10: ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DAS CVC AVALIADAS E UTILIZADAS.

| Especificações Técnicas | CVC | Um | Marca e Modelo do Cavallo | |
|--|-----------|------|---------------------------|----------|
| | | | Volvo FM | Volvo FM |
| Potência | | HP | 400 | 480 |
| Torque | | mKgf | 204 | 245 |
| Tara no eixo* | | kgf | 4.880 | 4.920 |
| | Dianteiro | kgf | 4.170 | 4.230 |
| | Traseiro | kgf | 9.050 | 9.150 |
| Tara do implemento** | Total | kgf | | |
| | TT | kgf | 16.085 | 16.085 |
| | RD | kgf | 17.610 | 17.610 |
| | BT | kgf | 10.945 | 10.945 |
| Peso do implemento no eixo de tração *** | RJ | kgf | 11.050 | 11.050 |
| | TT | kgf | 6.095 | 6.155 |
| | RD | kgf | 6.580 | 6.640 |
| | BT | kgf | 6.095 | 6.155 |
| Peso total vazio no eixo de tração | RJ | kgf | 6.970 | 7.030 |
| | TT | kgf | 6.095 | 6.155 |
| | RD | kgf | 6.580 | 6.640 |
| | BT | kgf | 6.095 | 6.155 |
| Tara | RJ | kgf | 6.970 | 7.030 |
| | TT | kgf | 25.135 | 25.235 |
| | RD | kgf | 26.660 | 26.760 |
| | BT | kgf | 19.995 | 20.095 |
| Peso Bruto Total Combinado - PBTC | RJ | kgf | 20.100 | 20.200 |
| | TT | kgf | 74.000 | 74.000 |
| | RD | kgf | 74.000 | 74.000 |
| | BT | kgf | 57.000 | 57.000 |
| Peso Líquido - Legal | RJ | kgf | 57.000 | 57.000 |
| | TT | kgf | 48.865 | 48.765 |
| | RD | kgf | 47.340 | 47.240 |
| | BT | kgf | 37.005 | 36.905 |
| | RJ | kgf | 36.900 | 36.800 |

* Conforme especificação técnica dos fabricantes, acesso via web.

** Conforme especificação técnica da NOMA.

*** Estimado conforme especificação técnica

TT: Tritrem; RD: Rodotrem (19,80); BT: Bitrem; RJ: Romeu e Julieta (4 eixos)

A CVC Tritrem, atualmente, não está sendo utilizada pela empresa devido a restrições para conseguir AET, e foi considerada neste estudo por apresentar potencial para redução de custos, uma vez que esteja legalizada.

4.1.2.2.1 Especificações técnicas do Bitrem

De acordo com a portaria 86 de 2006 emitida pelo CONTRAN o bitrem pode ser descrito como um conjunto formado por 3 veículos, sendo um veículo trator com 3 eixos, um semi-reboque de 2 eixos com uma 5ª roda na traseira de seu chassi e mais um segundo semi-reboque de 2 eixos. Este conjunto tem Peso Bruto Total Combinado – PBTC de 57 t, uma capacidade de carga líquida de aproximadamente 37 t e 7 eixos no total. Comprimento máximo de 19,80 m e autorizado para trafegar diuturnamente sem necessidade de AET.

Para as análises técnicas foi utilizado o Bitrem do fabricante NOMA cujas dimensões e capacidades de carga são apresentados na Figura 2. A tara total considerada foi 20 t e 20,1 t (Tabela 10), respectivamente conforme os cavalos mecânicos escolhidos. De forma ilustrativa o cavalo mecânico utilizado nas figuras é o Scania G 420 CA6X4 CZ STZ.

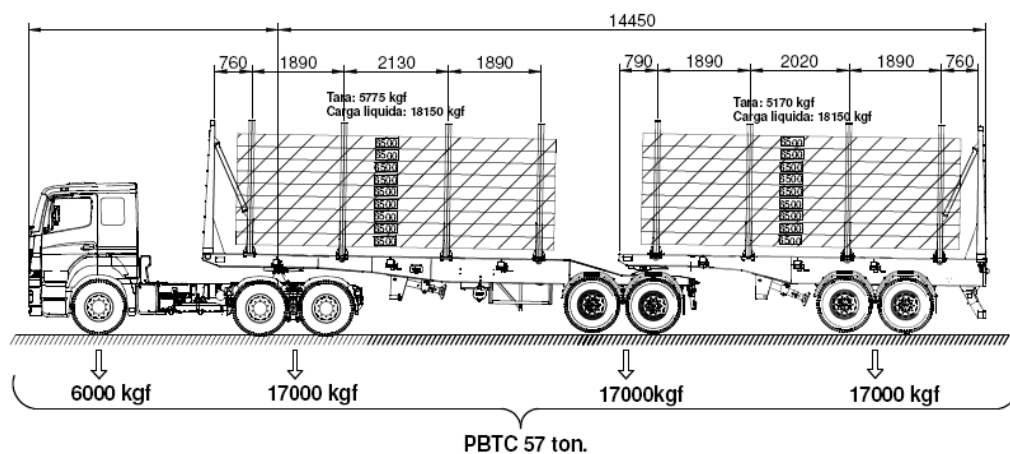


FIGURA 2: DIMENSÕES DO BITREM (medidas em mm)

4.1.2.2.2 Especificações técnicas do Tritrem

De acordo com a portaria 86 de 2006 emitida pelo CONTRAN o tritrem pode ser descrito como um conjunto formado por 4 veículos, sendo um veículo trator com 3 eixos, dois semi-reboque de 2 eixos com uma 5ª roda na traseira de cada chassi e mais um terceiro semi-reboque de 2 eixos. Este conjunto tem Peso Bruto Total Combinado – PBTC de 74 t, uma capacidade de carga líquida de aproximadamente 48,8 t e 9 eixos no total. Comprimento máximo de 30,00 m e necessidade de AET.

Para as análises técnicas foi utilizado o Tritrem do fabricante NOMA cujas dimensões e capacidades de carga são apresentados na Figura 3. A tara total considerada foi de 25,1 t e 25,2 t (Tabela 10), respectivamente conforme os cavalos mecânicos escolhidos. De forma ilustrativa o cavalo mecânico utilizado nas figuras é o Scania G 420 CA6X4 CZ STZ.

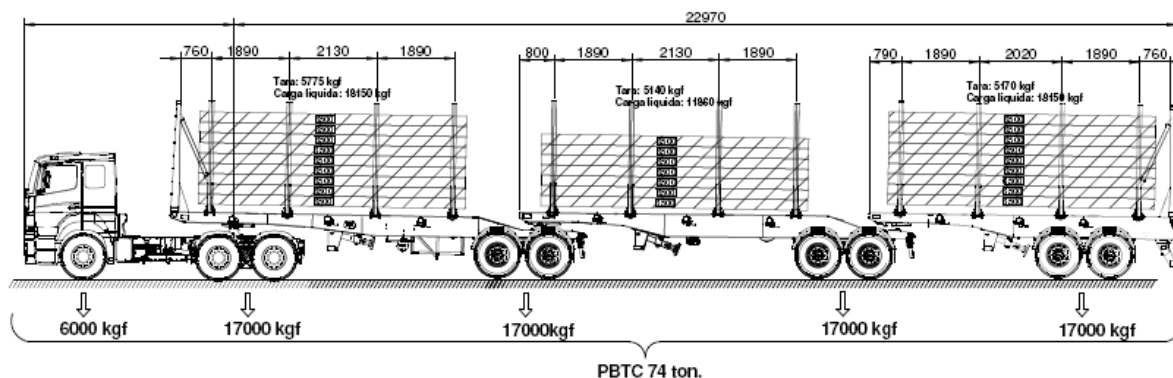


FIGURA 3: DIMENSÕES DO TRITREM (medidas em mm)

4.1.2.2.3 Especificações técnicas do Romeu e Julieta (4 eixos)

De acordo com a portaria 86 de 2006 emitida pelo CONTRAN o Romeu e Julieta (4 eixos) pode ser descrito como um conjunto formado por 2 veículos, sendo um veículo trator com 3 eixos e um reboque de 4 eixos. Este conjunto tem Peso Bruto Total Combinado – PBTC de 57 t, uma capacidade de carga líquida de

aproximadamente 37 t e 7 eixos no total. Comprimento máximo de 19,80 m e autorizado para trafegar diuturnamente sem necessidade de AET.

Para as análises técnicas foi utilizado o Romeu e Julieta (4 eixos) do fabricante NOMA cujas dimensões e capacidades de carga são apresentados na Figura 4. A tara total considerada foi de 20,1 t e 20,2 t (Tabela 10), respectivamente conforme os cavalos mecânicos escolhidos. De forma ilustrativa o cavalo mecânico utilizado nas figuras é o Scania G 420 CA6X4 CZ STZ.

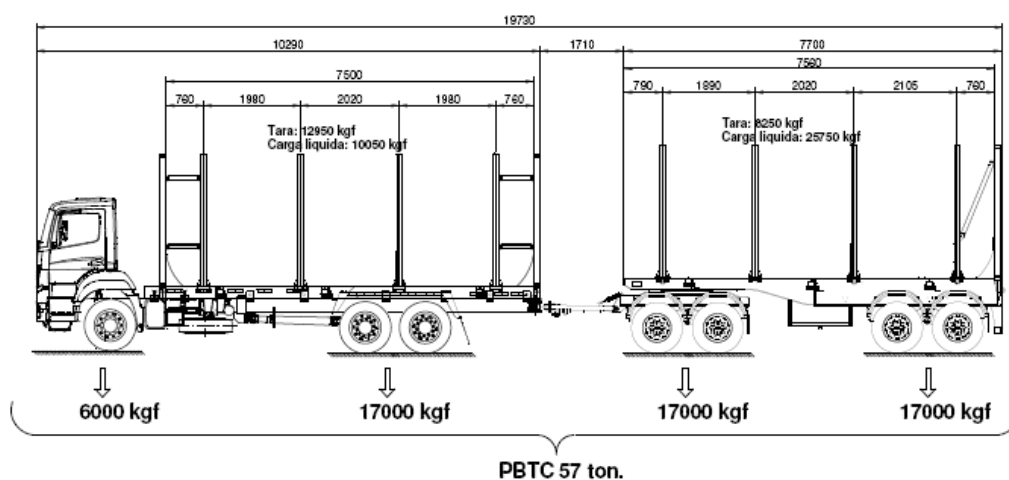


FIGURA 4: DIMENSÕES DO ROMEU E JULIETA - 4 EIXOS (medidas em mm)

4.1.2.2.4 Especificações técnicas do Rodotrem

De acordo com a portaria 86 de 2006 emitida pelo CONTRAN o Rodotrem pode ser descrito como um conjunto formado por 4 veículos, sendo um veículo trator com 3 eixos, um semi-reboque de 2 eixos com um engate na traseira de seu chassi, um *dolly* intermediário com 2 eixos e uma 5ª roda instalada em sua estrutura e mais um segundo semi-reboque de 2 eixos. Este conjunto tem Peso Bruto Total Combinado – PBTC de 74 t, uma capacidade de carga líquida de aproximadamente 47,3 t e 9 eixos no total. Comprimento máximo de 30,00 m e necessidade de AET. No caso de rodotrens com 19,80 m para 74 t, licenciados até 27 de julho de 2007, a resolução 246 garante a sua utilização até o seu sucateamento.

Para as análises técnicas foi utilizado o Rodotrem cujas dimensões e capacidades de carga são representados na Figura 5. A tara total considerada foi de 26,6 t e 26,7 t (Tabela 10), respectivamente conforme os cavalos mecânicos escolhidos. De forma ilustrativa o cavalo mecânico utilizado nas figuras é o Scania G 420 CA6X4 CZ STZ.

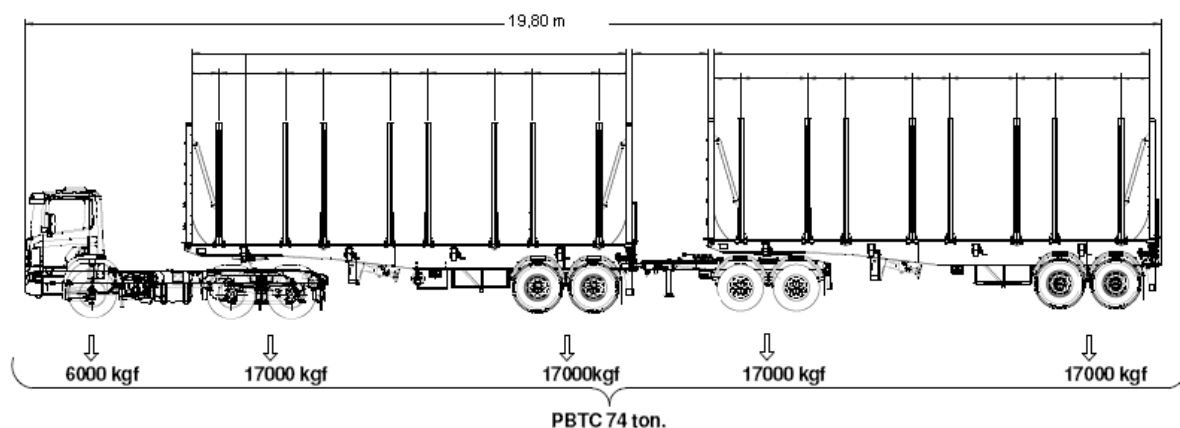


FIGURA 5: DIMENSÕES DO RODOTREM

De forma ilustrativa é apresentado na Figura 6 as dimensões, capacidades de carga do Rodotrem do fabricante NOMA, que podem ser homologados.

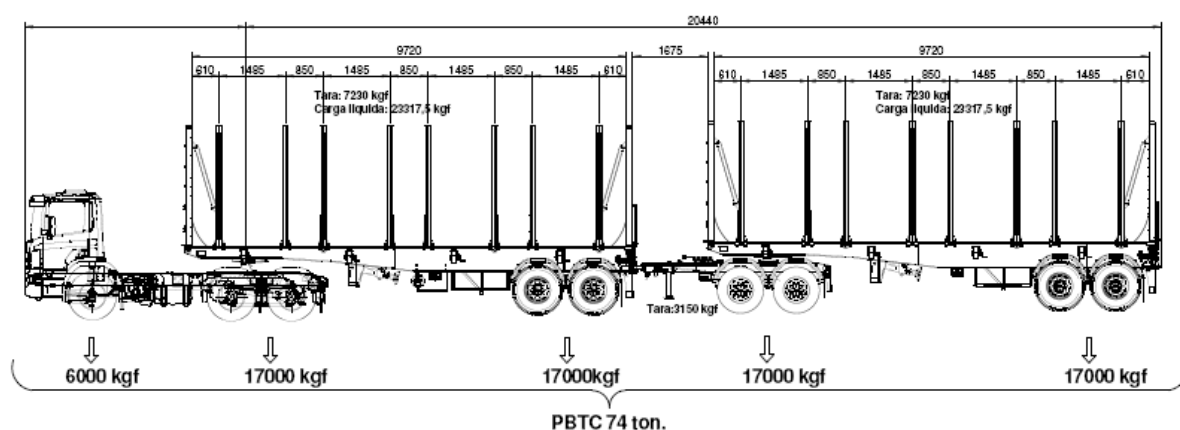


FIGURA 6: DIMENSÕES DO RODOTREM HOMOLOGADO (medidas em mm)

4.1.2.3 Estradas de uso florestal

Para classificação qualitativa das estradas foi utilizada a seguinte conceituação:

Estradas principais: são estradas com revestimento primário, com largura do leito igual ou superior a 6 metros, que propiciam tráfego em duas vias durante todo o ano.

Estradas secundárias: são estradas com revestimento primário, com largura do leito entre 3 e 4 metros, que propiciam tráfego durante todo o ano em apenas uma via, porém com alargamentos em alguns pontos para permitir passagem.

Estradas terciárias e ramais: são estradas de leito natural com largura do leito entre 3 e 4 metros, que permitem o tráfego de CVC somente quando secas, e em apenas uma via, porém, com alargamentos e viradores em alguns pontos para permitir passagem e retorno. Também são conhecidas como divisoras no caso em que dividem dois talhões.

Contornos e aceiros: são estradas de terra com largura do leito entre 3 e 4 metros, normalmente localizados nos fundos dos talhões fazendo divisa com florestas nativas, que permitem o tráfego de CVC somente quando secas, e em apenas um sentido.

A malha viária florestal utilizada para o transporte de madeira dentro dos projetos compreendeu uma extensão total de 72,1 km, sendo 5,4 km de estradas primárias, 4,2 km de estradas secundárias, 40,7 km de estradas de terciárias e 21,8 km de contornos (Tabela 11).

TABELA 11: QUANTIDADE DE ESTRADAS DENTRO DOS PROJETOS FLORESTAIS

| Projeto | Estradas nos Projetos (km) | | | | Total |
|---------|----------------------------|-------------|------------|-----------|-------|
| | Primárias | Secundárias | Terciárias | Contornos | |
| JGA | - | 4,23 | 15,8 | 10,5 | 30,5 |
| AVI | 0,50 | - | 4,4 | 2,4 | 7,3 |
| MIR | 0,25 | - | 6,5 | 3,4 | 10,2 |
| CIR | - | - | 7,9 | 2,9 | 10,8 |
| DSN | 4,65 | - | 6,2 | 2,6 | 13,4 |
| Total | 5,4 | 4,2 | 40,7 | 21,8 | 72,1 |

Os projetos encontram-se em média a 50,9 km da unidade industrial, sendo as rotas compostas por 71% de asfalto, 23,6% de estradas primárias e 5,4% de estradas secundárias (Tabela 12).

TABELA 12: ESTRADAS DAS ROTAS ENTRE OS PROJETOS E A UNIDADE INDUSTRIAL

| Projeto | Estradas na Rota (km) | | | Total |
|---------|-----------------------|-----------|-------------|-------|
| | Asfalto | Primárias | Secundárias | |
| JGA | 9,2 | 23,2 | 2,7 | 35,2 |
| AVI | 23,3 | 12,9 | 1,7 | 37,9 |
| MIR | 4,3 | 13,5 | 1,6 | 19,3 |
| CIR | 28,1 | 5,6 | 10,0 | 43,7 |
| DSN | 85,1 | 2,5 | 0,9 | 88,4 |
| Total | 150,0 | 57,7 | 16,8 | 224,5 |
| Média* | 36,1 | 12,0 | 2,7 | 50,9 |

* ponderada pelo volume de madeira dos projetos

De acordo com o índice de qualidade de irregularidade (IRI) citado por Leite (2002), as estradas primárias do estudo de caso poderiam ser classificadas como medianamente suave e as secundárias como irregular, conforme os valores apresentados da Tabela 04.

4.1.2.4 Baldeio de madeira

O baldeio de madeira considerado neste trabalho consistiu na utilização de um módulo composto por 3 *Timber Hauler* modelo Volvo A30E com reboques e 3 escavadeiras com garra modelo Volvo ECB 240, sendo uma reserva (Figura 7).

Este sistema propicia a extração de madeira em relevos forte ondulado, conforme a classificação da EMBRAPA, com rampas de até 60% segundo Seixas e Camilo (2008), garantindo a remoção de 100% do volume de madeira das áreas avaliadas.

A capacidade de carga do Timber Hauler A30E considerada foi de 30.000 kg e de 60.000 kg quando acoplado o reboque.



FIGURA 7: TIMBER HAULER VOLVO A30E COM REBOQUE
Fonte: Duratex

4.1.2.5 Apoio ao transporte

O apoio ao transporte de madeira consiste em uma operação onde é adicionado mais força aumentada a Força disponível na roda (FR) ou a Força de aderência (Fad) da CVC através da adição de um segundo equipamento. Este aumento de força se faz necessário quando a CVC não consegue vencer a rampa no momento da sua partida carregada ou em subidas íngremes durante o trajeto até a unidade industrial, ou também quando existem umidade excessiva na estrada que faz com que a CVC patine.

Comumente são utilizados dois equipamentos para este fim:

- Tratores florestais com guincho: são tratores denominados *skidders*, com aproximadamente 182 hp, equipados com guinchos de aproximadamente 18.360 kgf.
- Tratores agrícolas com guincho: são tratores agrícolas, normalmente com 170 hp, equipados com guinchos de 30.000 kgf.

A operação de apoio ao transporte, ilustrado na Figura 8 considerada nas análises foi realizada por um trator florestal *skidder* modelo CAT 525 de 182 hp, com torque na roda 896 Nm, pneus 30.5L x 32, 16 PR, e peso aproximado de 17,2 t; equipado com guincho de tração máxima no cabo de 185 kN e cabo de 7/8 pol.



FIGURA 8: FOTO ILUSTRATIVA DE OPERAÇÃO DE APOIO COM TRATOR FLORESTAL TIPO *SKIDDER*
Fonte: Klabin

4.2 MÉTODOS

A metodologia principal para se alcançar o principal resultado deste trabalho consistiu no desenvolvimento de um modelo matemático contendo os custos a serem minimizados, sujeitos a uma série de restrições que estabelecem os limites que devem ser atingidos.

4.2.1 Programação linear

No modelo de programação linear inteira mista os índices das variáveis foram representados pelas letras minúsculas: i para os projetos (blocos ou pontos de produção), j para as CVC (Composições Veiculares de Carga), l para as estradas atuais dentro dos projetos, m para as estradas futuras dentro dos projetos florestais. As letras maiúsculas utilizadas correspondem ao valor máximo dos índices.

4.2.1.1 Função Objetivo

Para facilitar o entendimento, a função objetivo foi separada em quatro expressões: custos de adequação de estradas dentro dos projetos; custos de frete dos projetos até a unidade industrial; custo de adequação das estradas das rotas dos projetos até a unidade industrial; e custo de baldeio.

4.2.1.1.1 Custos de adequação das estradas dentro dos projetos

A expressão (8) envolve o custo total de adequação de estradas, em Reais (R\$), para os projetos avaliados:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M (Caep_{ilm} \cdot Y_{ilm}) \quad (8)$$

onde $Caep_{ilm}$ é o custo de adequação de estradas por projeto i (R\$). A formulação do problema permite que as variáveis de decisão Y_{ilm} assumam dois estados: 1, se o segmento tiver o menor custo, e 0 caso contrário. Os custos são referentes aos diversos níveis de investimentos necessários para transformar o padrão de uma estrada (grau de dificuldade), permitindo que diferentes CVC de maior PBTC venham a transitar naquele trecho.

4.2.1.1.2 Custos de frete dos projetos até a unidade industrial

A expressão (9) trata do custo total de frete por CVC dos projetos até a unidade industrial, em Reais (R\$):

$$Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Cf_{ij} \cdot V_{ij}) \quad (9)$$

onde Cf_{ij} é o custo unitário de frete por CVC j , do projeto i até a unidade industrial (R\$ / t) e V_{ij} é o volume de madeira a ser transportado do projeto i por CVC j .

4.2.1.1.3 Custos de adequação das estradas das rotas até a unidade industrial

A expressão (10) trata do custo total de adequação das rotas por CVC até a unidade industrial, em Reais (R\$), para os projetos avaliados:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Car_{ij} \cdot X_{ij}) \quad (10)$$

onde Car_{ij} é o custo de adequação das rotas por projeto i (R\$) por CVC j . A formulação do problema permite que as variáveis de decisão X_{ij} assumam dois estados: 1, se a rota tiver o menor custo e 0, caso contrário.

4.2.1.1.4 Custos de baldeio

A expressão (11) trata do custo total de baldeio, em Reais (R\$), para os projetos avaliados:

$$Z_1 = \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L (Cb_{il} \cdot V_{il}) \quad (11)$$

onde Cb_{ij} é o custo unitário de baldeio do projeto i (R\$ / t) e V_{ij} é o volume de madeira a baldeada do projeto i .

4.2.1.1.5 Síntese da função objetivo

A função objetivo (12) utilizada no modelo de PLIM visa minimizar o somatório das expressões (8), (9), (10) e (11).

$$\min Z = \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M (Caep_{ilm} \cdot Y_{ilm}) + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Cf_{ij} \cdot V_{ij}) + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (Car_{ij} \cdot X_{ij}) + \sum_{i=1}^I \sum_{l=1}^L (Cb_{il} \cdot V_{il}) \quad (12)$$

4.2.1.2 Restrições

O primeiro conjunto de restrições (13) assegura os investimentos em estradas dentro dos projetos.

$$\sum_{m=1}^M SY_{ilm} = 1 \quad \forall i, \forall l \quad (13)$$

A variável SY é binária e por isto assume dois estados (1 e 0). Será 1 se a estrada l dentro do projeto i for escolhida e 0 caso contrário.

O segundo conjunto de restrições (14) assegura que o volume de madeira a ser transportado $V1_{im}$ de cada projeto i após adequação de estradas m , seja igual ao volume de madeira disponível antes da adequação $V0_{il}$.

$$\sum_{l=1}^L (SY_{ilm} \cdot V0_{il}) = V1_{im} \quad \forall i, \forall m \quad (14)$$

O terceiro conjunto de restrições (15) cria o volume de madeira $V2$ no compartimento $i,1$ através da soma do volume baldeado Vb do projeto i mais o volume pós adequação de estradas $V1$ do projeto i .

$$\sum_{l=2}^L (Vb_{il}) + V1_{i,1} = V2_{i,1} \quad \forall i \quad (15)$$

As expressões (16) e (17) são para balanço e garantia de integridade do sistema. A restrição dada pela expressão (16) garante que o volume pós baldeio $V2$ no projeto i não será maior que o volume pós adequação de estradas $V1$ menos o volume baldeado Vb de cada projeto i .

$$V1_{i,l} - Vb_{i,l} = V2_{i,l} \quad \forall i, l = 2, 3, \dots, L \quad (16)$$

A restrição dada pela expressão (17) garante que o volume baldeado Vb no projeto i será menor ou igual ao volume pós adequação de estradas $V1$.

$$Vb_{i,l} \leq V1_{i,1} \quad \forall i, l = 2, 3, \dots, L \quad (17)$$

A decisão de investimento na rota é dada pela expressão (18), onde SR é a variável de decisão que estabelece o investimento na rota.

$$\sum_{j=1}^J SR_{ij} \quad \forall i \quad (18)$$

A expressão (19) converte o volume por projeto e grau de dificuldade em volume por projeto e tipo de composição V_{cvc} .

$$\sum_{m=1}^M V_{2_{im}} \cdot RT_{imj} = V_{cvc_{ij}} \quad \forall i, \forall j \quad (19)$$

As expressões (20), (21), (22) e (23), estabelecem que o volume a ser transportado por bloco e composição ($V_{cvc_{ij}}$) deve ser menor ou igual ao volume disponível por tipo de composição (V_{ij});

$$V_{i1} \leq V_{cvc_{i1}} \quad \forall i \quad (20)$$

$$\sum_{j=1}^2 V_{ij} \leq V_{cvc_{i2}} \quad \forall i \quad (21)$$

$$\sum_{j=1}^3 V_{ij} \leq V_{cvc_{i3}} \quad \forall i \quad (22)$$

$$\sum_{j=1}^4 V_{ij} \leq V_{cvc_{i4}} \quad \forall i \quad (23)$$

As expressões (24), (25), (26) e (27) estabelecem qual grau de investimento permite o transporte por tipo de composição, onde V_{ij} é o volume disponível por composição j no projeto i ; VP_i é o volume de cada projeto i e SR_{ij} é a variável de decisão se ocorrerá ou não o transporte do projeto i pela composição j .

$$V_{i4} \leq VP_i \cdot SR_{i1} + VP_i \cdot SR_{i2} + VP_i \cdot SR_{i3} + VP_i \cdot SR_{i4} \quad \forall i \quad (24)$$

$$V_{i3} \leq VP_i \cdot SR_{i1} + VP_i \cdot SR_{i2} + VP_i \cdot SR_{i3} \quad \forall i \quad (25)$$

$$V_{i2} \leq VP_i \cdot SR_{i1} + VP_i \cdot SR_{i2} \quad \forall i \quad (26)$$

$$V_{i1} \leq VP_i \cdot SR_{i1} \quad \forall i \quad (27)$$

A variável SR é binária e por isto assume dois estados (1 e 0). Será 1 se a rota do projeto i para a CVC j for a escolhida e 0 caso contrário.

A restrição de volume mínimo de segurança de madeira no revestimento primário ou baldeada Vs para cada projeto i é dada pela expressão (28), onde $V2$ é volume de madeira nas estradas adequadas com revestimento primário $V1$, somado ao volume de madeira baldeada Vb .

$$\sum_{L=1}^4 V2_{il} \geq Vs_i \quad \forall i \quad (28)$$

A expressão (29) demonstra a restrição do volume máximo de madeira que pode ser transportado Vij de um projeto i , com o volume que pode ser transportado $Vcvc$ com uma CVC j .

$$V_{i2} \leq Vcvc_i \quad \forall i \quad (29)$$

No caso específico deste modelo a composição 2 refere-se ao rodotrem (19,80m).

4.2.2 Cenários avaliados

Em virtude das diversas possibilidades de análise de resultados do modelo, foram propostos 5 cenários diferentes em função do peso das composições, potência do motor, apoio com *skidder* e investimento na rota conforme a Tabela 13.

TABELA 13: RELAÇÃO DE CENÁRIOS ESTUDADOS

| Cenários | Variáveis | | | | | | | |
|-------------|-----------------------------|---------|----------|-------|-----------------|-----|----------------------|-----|
| | Peso sobre o eixo de tração | | Potência | | Apoio - skidder | | Investimento na Rota | |
| | Legal | Técnico | Atual | Maior | Sem | Com | Sem | Com |
| Cenário I | X | | X | | X | | X | |
| Cenário II | X | | X | | | X | X | |
| Cenário III | X | | X | | X | | | X |
| Cenário IV | X | | | X | X | | X | |
| Cenário V | | X | X | | | X | X | |

A avaliação da variável peso legal e peso técnico sobre o eixo de tração justifica-se devido a atual legislação regulamentar o peso máximo admissível que se pode colocar sobre os eixos de tração das CVC, o que limita força disponível na roda (FR) ou a força de aderência (Fad) e a rampa máxima (i) que cada caminhão consegue arrancar carregado. Porém, caso se aumente este peso, respeitando-se o PBT, as composições poderão alcançar rampas maiores. Esta aplicação torna-se viável em casos onde as estradas de uso florestal de acesso a unidade industrial são particulares, podendo até ser extrapolado o PBT e PBTC, respectivamente.

A avaliação da operação de apoio ao transporte com trator florestal *skidder* com guincho justifica-se a fim de saber qual a rampa máxima de arranque que as diferentes CVC conseguirão vencer quando se aumenta força disponível na roda (FR) ou a força de aderência (Fad) disponível e se este novo limite de rampa, com custo adicional do apoio, é compensado em função da diminuição de custos de adequação das estradas.

A variável potência do motor foi avaliada para analisar se o aumento do torque do motor irá aumentar a rampa de arranque a ser vencida pelas CVC e se a diminuição do tempo de viagem compensará o investimento maior feito na aquisição do cavalo.

Foi analisado também se o investimento a mais de recursos nas rotas de acesso dos projetos florestais para melhorar o padrão da pista de rolamento, deixando-as com menor irregularidade (IRI) e com menos buracos, é compensado pela redução dos custos de frete por diminuição dos gastos com manutenção, aumento da vida útil dos pneus e aumento da velocidade média nestes trechos.

Os cenários podem ser assim descritos:

- O cenário I prevê a análise das CVC com peso legal sobre o eixo de tração, potência do motor dos caminhões conforme a atual utilizada pela empresa, sem apoio ao transporte com *skidder* e sem investimentos para melhorias nas rotas.

- O cenário II prevê a análise das CVC com peso legal sobre o eixo de tração, potência do motor dos caminhões conforme a atual utilizada pela empresa, com apoio ao transporte com *skidder* e sem investimentos para melhorias nas rotas.

- O cenário III prevê a análise das CVC com peso legal sobre o eixo de tração, potência do motor dos caminhões conforme a atual utilizada pela empresa, sem apoio ao transporte com *skidder* e com investimentos para melhorias nas rotas.

- O cenário IV prevê a análise das CVC com peso legal sobre o eixo de tração, aumento da potência do motor dos caminhões, sem apoio ao transporte com *skidder* e sem investimentos para melhorias nas rotas.

- O cenário V prevê a análise das CVC com peso técnico sobre o eixo de tração, potência do motor dos caminhões conforme a atual utilizada pela empresa, com apoio ao transporte com *skidder* e sem investimentos para melhorias nas rotas. Este é o cenário que mais se assemelha com as condições operacionais da empresa analisada.

O cenário I pode ser considerado como o cenário base para comparações, pois os demais foram alternativas criadas pela mudança em uma ou duas variáveis principais.

4.2.3 Metodologia empregada na obtenção da base cartográfica das estradas.

O levantamento de campo para obtenção das coordenadas geográficas e das altitudes das estradas foi realizado com receptor de sinal GPS marca TRIMBLE, modelo PRO XT com antena externa imantada e fixada no capô do veículo Toyota Hilux CD 4x4.

O receptor de sinal GPS PRO XT é um receptor que armazena portadora L1 e código C/A. O receptor foi configurado com tempo de coleta de 1 segundo e armazenar dados das portadoras.

Os arquivos digitais gerados em campo pelo GPS foram descarregados em micro computador através do software PATHFINDER, o qual é o gerenciador e processador de arquivos de campo da TRIMBLE.

Os arquivos de campo foram processados no software PATHFINDER versão 4.0, que estava com as seguintes configurações:

- Sistema UTM (Universal Transverso de Mercator);
- Datum SAD 69;
- Correção diferencial através das portadoras.

Para correção diferencial foi utilizada a base da Santiago e Cintra localizada em Guarapuava cuja monografia está no Anexo I.

Após a devida correção diferencial no software PATHFINDER os arquivos foram exportados no formato DXF e 3D e abertos no software Topograph 98SE, versão 3.85.

No software Topograph foram importados os arquivos na extensão DXF 3D e editados no modulo projetos, onde foram gerados os perfis verticais por estradas, identificando os pontos de rampa com maior declividade, conforme exemplificado no anexo II.

Foi utilizado o software ArcGis para inserir os perfis verticais na base cartográfica das fazendas na extensão shapefile.

4.2.4 Classificação das estradas

Durante o levantamento de campo, as estradas foram previamente classificadas de acordo com a nomenclatura descrita no item 4.1.2.3, respectivamente em estradas: primárias, secundárias, terciárias, contornos e aceiros.

4.2.5 Cálculo das limitações técnicas de operação das CVC

Para cada cenário proposto foram calculados os limites técnicos de operação de cada CVC de acordo com a literatura citada no item 3.4.7 demonstrados no anexo III. Estes limites geram o principal parâmetro para a reclassificação das estradas em graus de dificuldade e posterior estimativa de custo de adequação de cada projeto florestal.

Os coeficientes de atrito estático pneu/solo utilizados foram:

- Estradas com leito natural: 0,50 (Sem revestimento – argiloso seco)
- Estradas com revestimento primário: 0,55
(Revestimento primário estabilizado)
- Estradas com revestimento definitivo: 0,7 (Pavimento rígido/flexível)

Os coeficientes de resistência ao rolamento utilizados foram:

- Estradas com leito natural: 35 (Sem revestimento – argiloso seco)
- Estradas com revestimento primário: 18
(Estabilizado granulometricamente – moderadamente compactado)
- Estradas asfaltadas: 9 (revestimento rígido médio)

Todas as rampas foram calculadas para o arranque carregado das CVC, a partir de uma velocidade inicial igual a zero. Desta forma a resistência aerodinâmica fica próxima a zero e foi desconsiderada.

O cálculo de rampa máximo a ser vencido por uma CVC foi calculado a partir da resultante que quase zera força disponível na roda (FR) a força de aderência (Fad) com a força de resistência ao movimento (R). A Fad deve ser um pouco maior que a R para que haja movimento, caso seja menor ou igual a zero o caminhão não se movimenta.

Também foi calculado a rampa máxima que as CVC conseguem vencer arrancando vazias, cuja limitação impacta no planejamento operacional dos projetos florestais.

4.2.6 Critério de classificação das estradas em graus de dificuldade

O resultado do trabalho gerado para ser realizada uma atividade, quando analisado por unidade de tempo, é conhecido como produtividade. Normalmente, esta resultante de esforço é influenciada por diversas variáveis inerentes ao ambiente, máquinas, pessoas e demais dimensões que a partir de uma combinação ótima fornecem o maior resultado. Quando uma ou mais destas variáveis começam a diminuir este valor máximo, pode-se dizer que o nível da dificuldade está aumentando.

Neste trabalho foi utilizado este conceito a fim de categorizar níveis de dificuldade que diminuem a produtividade do transporte de madeira, influenciados principalmente pelo relevo e tipo de pavimento.

O modelo de programação linear foi desenvolvido para suportar 8 diferentes graus de dificuldade de estradas, definidos de acordo com o tipo de pavimento e declividade.

Para a parametrização das estradas em graus de dificuldade (GD) foram definidos intervalos de classe de rampa conforme as limitações técnicas das CVC, analisadas em cada cenário e compostas com pavimentos de leito natural e revestimento primário, conforme exemplificado na Tabela 14.

TABELA 14: EXEMPLO DE PARAMETRIZAÇÃO DOS GRAUS DE DIFICULDADE (GD) POR CENÁRIO.

| Cenário | Pavimento | Rampa | GD |
|---------|-----------------------|-------------|------|
| I | Revestimento primário | $\leq 8\%$ | GD 1 |
| | | 8,1 - 12 % | GD 2 |
| | | 12,1 - 15 % | GD 3 |
| | | > 15,1% | GD 4 |
| | Leito natural | $\leq 8\%$ | GD 5 |
| | | 8,1 - 12 % | GD 6 |
| | | 12,1 - 15 % | GD 7 |
| | | > 15,1% | GD 8 |

4.2.7 Regra de transporte

De acordo com as características operacionais de cada CVC definiu-se uma regra de transporte válida para cada cenário e projeto florestal, onde especificou-se qual caminhão pode trafegar em qual ou quais graus de dificuldade, em função do cálculo de rampa da cada CVC, conforme exemplo demonstrado na Tabela 15.

TABELA 15: EXEMPLO DE REGRA DE TRANSPORTE PARA AS DIFERENTES CVC

| Cenário | GD | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
|---------|------|---------|----------|--------|-----------------|
| I | GD 1 | X | X | X | X |
| | GD 2 | X | X | X | X |
| | GD 3 | | | X | X |
| | GD 4 | | | | |
| | GD 5 | X | X | X | X |
| | GD 6 | | | X | X |
| | GD 7 | | | | |
| | GD 8 | | | | |

Conforme o demonstrativo de cálculos do Anexo III, a CVC Tritrem possui limites operacionais de partida em rampa, quando carregado, de 8,0% em leito natural; 10,8% em revestimento primário e 15,2% em revestimento definitivo.

4.2.8 Planejamento operacional dos projetos florestais

A partir dos mapas planialtimétricos dos projetos florestais, conforme exemplo demonstrado no Anexo IV e de vistorias em campo, foi definido o microplanejamento de cada talhão com os locais e volumes de colheita de madeira, necessidade de construção de ramais, pontos de estocagem de madeira baldeada e demais restrições operacionais. Também foram definidos o sentido de trajeto das CVC e os viradores, com o qual pode-se avaliar as rampas no sentido vazio e

carregado e classificar os segmentos de estradas conforme os graus de dificuldade.

Os volumes estocados nos estaleiros definem quanto de madeira sai em cada segmento de estrada classificado por grau de dificuldade.

4.2.9 Cálculo do custo de adequação das estradas dos projetos florestais

Os custos de adequação de estradas para os diferentes graus de dificuldade foram definidos a partir de uma tabela de preços utilizada pela empresa na contratação de serviços de estradas de uso florestal conforme o Anexo V. Os preços incluem custos fixos e variáveis, lucro e impostos.

Para cada cenário avaliado, foram calculados os custos por metro linear para adequação de um grau superior para um grau inferior através da identificação das atividades necessárias para sua execução. Na medida em que se aumentam os investimentos nas estradas, transformando de um grau de dificuldade 3 para um grau de dificuldade 1, por exemplo, libera-se o transporte com CVC de maior PBTC, como pode ser visto na Tabela 15, cujo custo do frete tende a ser menor.

Os custos foram padronizados para todos os projetos avaliados e o demonstrativo de cálculo de adequação encontra-se no Anexo V.

4.2.10 Cálculo do custo do frete

Cada tipo de composição de transporte de madeira possui uma produtividade em função das características técnicas e condições operacionais a que são submetidas. Em função destas variáveis, associadas aos dados de custos fixos e variáveis, lucro e impostos, foi construído um modelo para o cálculo do custo por tonelada transportada para cada tipo de caminhão para cada projeto florestal em cada cenário avaliado, exemplificado na Tabela 16. Este modelo foi validado aferindo-se os resultados com a tabela de fretes da empresa avaliada.

TABELA 16: EXEMPLO DE CUSTO DE FRETE DE MADEIRA CALCULADOS POR PROJETO FLORESTAL

| Projeto Florestal | Distância de Transporte (km) | Custo (R\$ / t) | | | |
|-------------------|------------------------------|-----------------|----------|--------|-----------------|
| | | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| JGA | 35,2 | 11,31 | 10,85 | 13,89 | 13,86 |
| AVI | 37,9 | 11,91 | 11,42 | 14,62 | 14,59 |
| MIR | 19,3 | 7,82 | 7,51 | 9,60 | 9,57 |
| CIR | 43,7 | 13,20 | 12,65 | 16,20 | 16,18 |
| DSN | 88,4 | 23,07 | 22,09 | 28,33 | 28,30 |

Para fins de cálculo considerou-se que a CVC foi financiada, utilizou-se uma margem de lucro de 8% e os impostos incidentes foram: CSLL 9%; IR 25%; PIS/COFINS 4,75%; ISS 2,00%. O ICMS no caso da Empresa é diferido e não entra como custo no transporte de madeira.

Os dados das CVC, as premissas operacionais adotadas nos cálculos e a exemplificação dos cálculos de frete para uma distância específica encontram-se no Anexo VI.

4.2.11 Custo do baldeio

Para o cálculo do custo de baldeio foi utilizado o custo operacional por tonelada apurado pela empresa avaliada, acrescidos de lucro e impostos no valor de R\$ 7,97 / t para distâncias até 3 km.

4.2.12 Custo do apoio

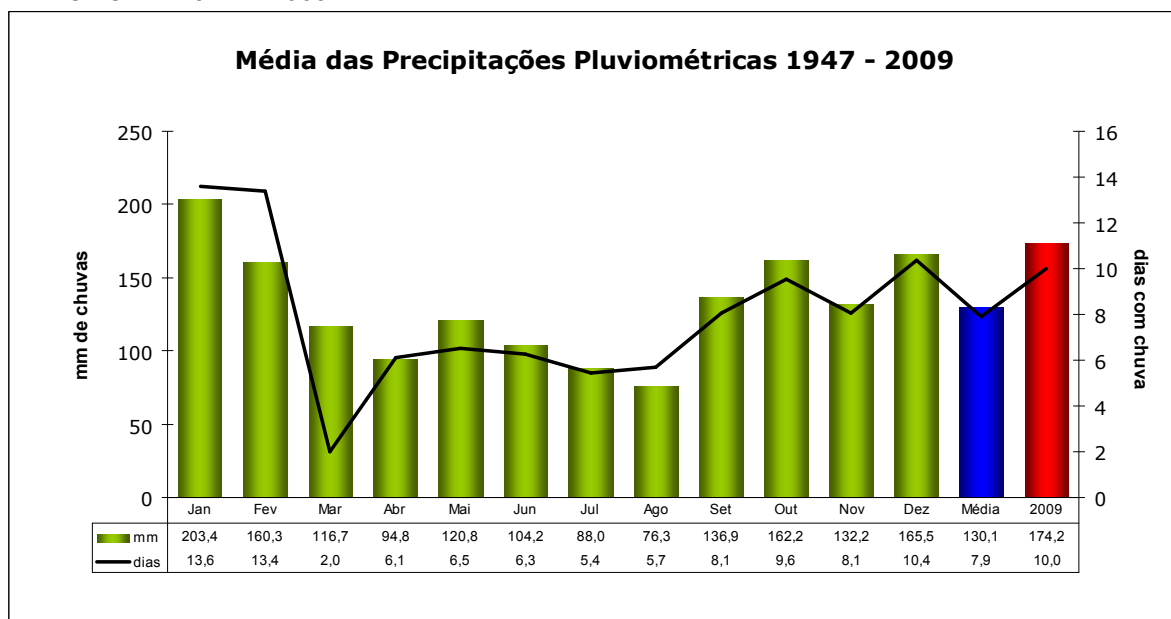
Para o custo de apoio ao transporte com trator florestal *skidder* foi utilizado o preço pago pela empresa por este serviço às empresas contratadas no valor de R\$ 0,82 / t. Comumente este valor é pago junto do serviço de carregamento para toda madeira carregada por ser executado pelo mesmo prestador de serviço.

4.2.13 Madeira disponível para transporte com tempo chuvoso (restrição climática)

Depois do relevo, a chuva pode ser considerada a segunda maior restrição ao transporte de madeira, pois limita o tráfego nas estradas sem revestimento primário fazendo diminuir a produtividade e aumentando os custos devido aos caminhões ficarem parados esperando uma melhoria das condições operacionais para voltarem a trafegar.

Na região do estudo chove em média 1.560 mm por ano em aproximadamente 95 dias, conforme o Gráfico 1. Com o objetivo de garantir o abastecimento industrial e manter a produtividade dos caminhões mesmo sob condições de chuva, o modelo desenvolvido possibilita estabelecer uma meta de madeira que deve estar disponível nas estradas de grau de dificuldade 1, 2, 3 e 4. Esta disponibilidade pode ser realizada através de adequação das estradas de graus maiores ou pelo baldeio. Nos cenários estudados, para cada 1 dia de chuva foi acrescido mais 1 dia de restrição para secagem do solo, o que resulta como meta 190 dias por ano ou aproximadamente 50% do volume de transporte madeira em estradas com revestimento primário.

GRÁFICO 1: MÉDIAS DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS DA EMPRESA NO PERÍODO DE 1947 A 2009



Fonte: Adaptado de Klabin - 2010

Nos cenários avaliados, para cada projeto foi alocado metade do volume disponível em estradas com revestimento primário para diminuir as mudanças das frentes de colheita de madeira, porém o modelo permite que sejam alocados mais ou menos volumes conforme a estratégia de abastecimento que engloba uma visão geral de estradas, colheita, transporte, pátio, estoques de processo e demandas de comercialização.

4.2.14 Limitações de transporte de madeira por tipo de CVC

A empresa avaliada possui em sua frota um número fixo de 17 CVC do tipo Rodotrem com 19,80 m que podem ser utilizadas até o seu sucateamento. Em função desta limitação o modelo desenvolvido possui uma restrição de volume máximo de transporte para esta composição, evitando assim que a solução ótima aloque mais volume do que é possível ser transportado com estes caminhões.

5 RESULTADOS

Os principais resultados obtidos através da resolução do modelo matemático de programação linear para os cinco cenários avaliados foram:

5.1 CENÁRIO I

No cenário I foi avaliado o modelo de minimização de custos de transporte de madeira, estradas de uso florestal e baldeio de toras, considerando-se que as CVC irão trafegar com o PBTC legal, conforme definido pela legislação. A potência dos cavalos mecânicos foi similar a utilizada pelas empresas prestadoras de serviço do local do estudo, não houve uma máquina para dar apoio (*skidder*) e não houveram investimentos para melhorias significativas que diminuam o IRI na rota, apenas as manutenções necessárias para o tráfego.

5.1.1 *Inputs* do Cenário I

Os dados de entrada utilizados para resolução do Cenário I foram:

5.1.1.1 Cálculos dos limites técnicos de rampa de cada CVC

Conforme demonstrado na Tabela 17, para o cenário I a máxima rampa calculada possível de ser vencida por um Tritrem e um Rodotrem carregado em uma estrada de leito natural foi de 8,0%; para o Bitrem e Romeu e Julieta (4 eixos) este limite é de 11,4%. Para estradas com revestimento primário e revestimento definitivo as rampas máximas aumentam devido ao aumento do coeficiente de atrito pneu/solo e diminuição da resistência ao rolamento, sendo 10,8% a máxima

para Tritrem e Rodotrem e 14,6% para Bitrem e Romeu e Julieta (4 eixos); e 15,2% e 20% respectivamente. O detalhamento dos cálculos pode ser verificado no Anexo III.

TABELA 17: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS NO CENÁRIO I

| CVC | Pavimento | | |
|-----------------|---------------|-----------------------|-------------------------|
| | Leito natural | Revestimento primário | Revestimento definitivo |
| Tritrem | 8,0% | 10,8% | 15,2% |
| Rodotrem | 8,0% | 10,8% | 15,2% |
| Bitrem | 11,4% | 14,6% | 20,0% |
| Romeu e Julieta | 11,4% | 14,6% | 20,0% |

No caso do trajeto vazio das CVC até os projetos, as rampas máximas possíveis de serem vencidas são apresentadas na Tabela 18. Para o Tritrem em estradas de leito natural, este limite é de 8,6%; para o Rodotrem 8,8%, para o Bitrem 11,7% e para o Romeu e Julieta (4 eixos) 13,8%. As variações entre as CVC são explicadas pelas diferentes forças, compostas pelo peso do cavalo e parte do peso da composição, aplicadas sobre os eixos de tração. No caso de um pavimento com revestimento primário os limites máximos de rampa obtidos foram de 11,5 % para o Tritrem, 11,8% para o Rodotrem, 15,0% para o Britrem e 17,3% para o Romeu e Julieta (4 eixos). Nas estradas com revestimento definitivo os limites foram de 16,1% para o Tritrem, 16,4% para o Rodotrem, 20,4% para o Bitrem e 23,4% para o Romeu e Julieta (4 eixos). O detalhamento dos cálculos pode ser verificado no Anexo III.

TABELA 18: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC VAZIAS

| CVC | Pavimento | | |
|-----------------|---------------|-----------------------|-------------------------|
| | Leito natural | Revestimento primário | Revestimento definitivo |
| Tritrem | 8,6% | 11,5% | 16,1% |
| Rodotrem | 8,8% | 11,8% | 16,4% |
| Bitrem | 11,7% | 15,0% | 20,4% |
| Romeu e Julieta | 13,8% | 17,3% | 23,4% |

Estes resultados de limites de rampa quando vazio foram considerados para todos os cenários.

5.1.1.2 Parametrização dos graus de dificuldade

Com base no tipo de pavimento e nas rampas máximas vencidas por cada CVC os parâmetros definidos para cada grau de dificuldade no cenário I ficaram conforme demonstrado na Tabela 19.

TABELA 19: PARAMETRIZAÇÃO DOS GRAUS DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO I

| Pavimento | Rampa | GD |
|-----------------------|--------------|------|
| Revestimento primário | $\leq 8\%$ | GD 1 |
| | 8,1 - 11,4 % | GD 2 |
| | 11,5 - 14,6% | GD 3 |
| | $> 14,7\%$ | GD 4 |
| Leito natural | $\leq 8\%$ | GD 5 |
| | 8,1 - 11,4 % | GD 6 |
| | 11,5 - 14,6% | GD 7 |
| | $> 14,7\%$ | GD 8 |

Os segmentos de estradas com rampas menores ou igual a 8% foram classificadas com grau de dificuldade 1 quando com revestimento primário e grau de dificuldade 5 quando com leito natural. Os segmentos entre 8,1 e 11,4% foram definidos com grau de dificuldade 2 em estradas com revestimento primário e 6 em estradas com leito natural. Os segmentos entre 11,5 e 14,6% foram classificados com grau de dificuldade 3 quando em estradas com revestimento primário e grau 7 quanto em estradas com leito natural, e os segmentos acima de 14,7% quando em estradas com revestimento primário foram classificados com grau 4 e como grau 8 quando em estradas com leito natural.

5.1.1.3 Regra de transporte

De acordo com as rampas máximas vencidas por cada CVC foi definida a regra de transporte para os projetos avaliados no cenário I, conforme demonstrado na Tabela 20, onde o Tritrem e o Rodotrem conseguem trafegar nos graus de dificuldade 1, 2 e 5, e o Bitrem e o Romeu e Julieta conseguem trafegar no graus 1, 2, 3, 5 e 6. Nos demais graus de dificuldade, para que a madeira seja transportada deverá haver adequação das estradas ou ser realizada a operação de baldeio.

TABELA 20: REGRA DE TRANSPORTE PARA AS CVC NO CENÁRIO I

| GD | CVC | | | |
|------|---------|----------|--------|-----------------|
| | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| GD 1 | X | X | X | X |
| GD 2 | X | X | X | X |
| GD 3 | | | X | X |
| GD 4 | | | | |
| GD 5 | X | X | X | X |
| GD 6 | | | X | X |
| GD 7 | | | | |
| GD 8 | | | | |

5.1.1.4 Quantificação de estradas e volumes de madeira por grau de dificuldade

O cenário I apresentou 86,6% das estradas nos graus de dificuldade entre 5 e 8, conforme a Tabela 21, demonstrando que a área avaliada tem predominância de estradas com leito natural. Considerando-se a variável rampa, em 71,1% das estradas não há restrição para o tráfego das CVC; 10,7% das estradas encontram-se com mais de 14,7% de inclinação conforme a soma dos graus 4 e 8 o que exige adequação de estradas ou remoção da madeira com baldeio, e 28,9% do total das estradas apresentam restrição de rampa para o tráfego com Tritrem e Rodotrem.

TABELA 21: QUANTIFICAÇÃO DAS ESTRADAS POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO I

| Projeto | Quantidades de estradas (m) | | | | | | | | | Total | % |
|---------|-----------------------------|------|------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|---|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | | | |
| JGA | 2.055 | 435 | 130 | 1.610 | 18.698 | 1.385 | 1.985 | 4.187 | 30.485 | 42% | |
| AVI | 500 | - | - | - | 3.815 | 2.690 | 250 | - | 7.255 | 10% | |
| MIR | 250 | - | - | - | 5.830 | 2.520 | 1.460 | 90 | 10.150 | 14% | |
| CIR | - | - | - | - | 8.080 | 960 | 750 | 990 | 10.780 | 15% | |
| DSN | 4.400 | 180 | - | 70 | 7.000 | 1.015 | - | 775 | 13.440 | 19% | |
| Total | 7.205 | 615 | 130 | 1.680 | 43.423 | 8.570 | 4.445 | 6.042 | 72.110 | 100% | |
| % | 10,0% | 0,9% | 0,2% | 2,3% | 60,2% | 11,9% | 6,2% | 8,4% | | | |

Com relação aos volumes, 68,3% da madeira não apresentou restrição significativa ao transporte para qualquer CVC, estando concentrada nos graus de dificuldade 1 e 5, e 9,3% da madeira ficou concentrada nos graus 4 e 8 onde nenhuma composição consegue trafegar. Nos graus 2, 3, 6 e 7, que apresentam restrições ao tráfego, ficou concentrado 22,5% do volume de madeira conforme a Tabela 22 a seguir.

TABELA 22: QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE MADEIRA POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO I

| Projeto | Volumes (t) | | | | | | | | | Total | % |
|---------|-------------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|--------|---------|-------|---|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | | | |
| JGA | 6.416 | 1.971 | 1.602 | 4.327 | 69.699 | 4.769 | 12.394 | 14.819 | 115.997 | 35% | |
| AVI | 685 | - | - | - | 12.909 | 6.261 | 685 | - | 20.540 | 6% | |
| MIR | 1.344 | - | - | - | 28.405 | 12.474 | 16.621 | 553 | 59.397 | 18% | |
| CIR | - | - | - | - | 17.144 | 485 | 7.625 | 2.544 | 27.798 | 8% | |
| DSN | 36.113 | 2.096 | - | 1.127 | 51.760 | 6.870 | - | 6.941 | 104.907 | 32% | |
| Total | 44.558 | 4.067 | 1.602 | 5.454 | 179.917 | 30.859 | 37.325 | 24.857 | 328.639 | 100% | |
| % | 13,6% | 1,2% | 0,5% | 1,7% | 54,7% | 9,4% | 11,4% | 7,6% | | | |

5.1.1.5 Estimativa do custo de frete

Para uma distância média de transporte de 50,2 km, no cenário I o custo estimado de frete do Tritrem foi de R\$ 11,01 / t, para o Rodotrem R\$ 11,20 / t, para o Bitrem 13,46 / t e para o Romeu e Julieta (4 eixos) R\$ 13,29 / t (Tabela 23). O detalhamento das estimativas de custos de frete podem ser verificados no Anexo VI.

Devido a maior capacidade de carga líquida o Tritrem e o Rodotrem, mesmo tendo custos operacionais maiores, apresentam custos unitários (R\$ / t) menores que o Bitrem e o Romeu e Julieta (4 eixos) para uma mesma distância.

TABELA 23: ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE FRETE POR CVC PARA O CENÁRIO I

| Projeto Florestal | Volume (t) | Distância (km) | CVC (R\$ / t) | | | |
|-------------------|------------|----------------|---------------|----------|--------|-----------------|
| | | | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| JGA | 115.997 | 35,17 | 8,67 | 8,81 | 10,66 | 10,52 |
| AVI | 20.540 | 37,87 | 9,09 | 9,24 | 11,16 | 11,02 |
| MIR | 59.397 | 19,35 | 6,21 | 6,30 | 7,71 | 7,62 |
| CIR | 27.798 | 43,70 | 10,00 | 10,17 | 12,25 | 12,09 |
| DSN | 104.907 | 88,40 | 16,96 | 17,27 | 20,58 | 20,31 |
| Média* | 328.639 | 50,19 | 11,01 | 11,20 | 13,46 | 13,29 |

* ponderada pelo volume

Base monetária referente a jun/2010

5.1.1.6 Estimativa dos custos de adequação de estradas dentro dos projetos

A partir do levantamento das operações necessárias para adequação e revestimento primário, os custos para transformar as estradas de maior grau de dificuldade em menor grau de dificuldade foram calculados, liberando assim o transporte com CVC de maior PBTC conforme a regra de transporte para o cenário.

A Tabela 24 exhibe os custos padrões, que serviram para todos os projetos, onde os maiores valores encontram-se na transformação de estradas do grau de dificuldade 8 para uma estrada do grau 1, 2 ou 3, sendo necessário redesenho do traçado, abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água e compactação, cascalhamento e demais atividades de apoio como o transporte de máquinas.

TABELA 24: CUSTO PADRÃO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS DENTRO DOS PROJETOS PARA O CENÁRIO I

| Grau de dificuldade atual | Grau de dificuldade futuro (R\$ / m) | | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 |
| GD1 | 2,40 | | | | | | | |
| GD2 | 3,70 | 2,40 | | | | | | |
| GD3 | 9,20 | 5,50 | 2,40 | | | | | |
| GD4 | 58,70 | 55,00 | 49,50 | 2,40 | | | | |
| GD5 | 28,50 | | | | 2,40 | | | |
| GD6 | 28,50 | 21,80 | | | 5,40 | 2,40 | | |
| GD7 | 34,00 | 27,30 | 21,80 | | 6,40 | 5,30 | 2,40 | |
| GD8 | 83,50 | 76,90 | 71,40 | 21,80 | 15,50 | 14,50 | 13,40 | 2,40 |

Base monetária referente a jun/2010

Foi estimado em aproximadamente R\$ 2,40 / m o custo de preparação do trecho, que compreende um patrolamento para dar condições de tráfego das CVC nos projetos, independente da mudança de um grau para o outro.

5.1.1.7 Estimativa dos custos de adequação da rota

Nos levantamentos de campo realizados nas rotas, não houve nenhum trecho significativo com rampas acentuadas que limitasse o tráfego das CVC avaliadas. Porém, foi considerado um custo padrão de R\$ 8.231,00/km de manutenção nos trechos para uma melhoria no revestimento primário com cascalho, distribuído e compactado.

5.1.1.8 Volumes mínimos de segurança de madeira disponíveis em estradas com revestimento primário

Conforme o regime hídrico da região avaliada, foi utilizado uma restrição que exigirá que o modelo de otimização aloque 50% do volume de madeira nos graus 1, 2, 3 ou 4 que são com revestimento primário, ou realize a operação de baldeio que também disponibiliza madeira em estradas revestidas. Desta forma o

volume mínimo de segurança para garantir o transporte de madeira durante todos os dias será de 164.320 t, conforme demonstrado na Tabela 25. Estes volumes foram considerados para todos os cenários avaliados.

TABELA 25: VOLUME MÍNIMO DE MADEIRA PARA SEGURANÇA NO TRANSPORTE

| Projeto | Volume do Projeto (t) | Volume mínimo de segurança (t) |
|---------|-----------------------|--------------------------------|
| JGA | 115.997 | 57.999 |
| AVI | 20.540 | 10.270 |
| MIR | 59.397 | 29.699 |
| CIR | 27.798 | 13.899 |
| DSN | 104.907 | 52.454 |
| Total | 328.639 | 164.320 |

5.1.1.9 Volumes máximos de transporte com o Rodotrem (19,80 m)

A partir da demanda total de transporte da empresa avaliada que é de 450.000 t/mês e do volume total disponível nos projetos que é de 328.639 t, que representa 21,9 dias, foi calculado o limite de operação dos 17 Rodotrens de 19,80 m de comprimento. Para uma distância média de transporte de 50,20 km, o limite máximo de transporte com estas CVC é de 43.670 t. Este volume foi distribuído proporcionalmente em todos os projetos e repetido para todos os cenários.

5.1.2 *Outputs* do Cenário I

Os principais resultados obtidos a partir da resolução do modelo de programação linear para o cenário I foram:

5.1.2.1 Custo total otimizado

Após a otimização do modelo de minimização de custos, os resultados calculados para o cenário I totalizaram R\$ 4,9 milhões, com um custo unitário de R\$ 14,91/t para os projetos avaliados (Tabela 26).

TABELA 26: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO I

| Custo total otimizado | R\$ | R\$/t |
|--------------------------------|------------------|--------------|
| Adequação de estradas no bloco | 379.460 | 1,15 |
| Adequação da rota | 474.991 | 1,45 |
| Baldeio | 427.560 | 1,30 |
| Transporte | 3.618.668 | 11,01 |
| Total | 4.900.679 | 14,91 |

Base monetária referente a jun/2010

Os custos unitários de estradas totalizaram R\$ 2,60 / t quando somados às adequações dos projetos e nas rotas, o custo unitário do baldeio foi de R\$ 1,30/t considerando-se sua diluição para o somatório dos volumes dos projetos, e o custo médio do transporte de madeira foi e R\$ 11,01/t.

5.1.2.2 Utilização das CVC

A minimização dos custos foi alcançada através do transporte de 100% da madeira com o Tritrem conforme demonstrado na Tabela 27.

TABELA 27: VOLUME TRANSPORTADO POR CVC NO CENÁRIO I

| Projeto | Volume/CVC (t) | | | |
|--------------|----------------|-----------|-----------|-----------------|
| | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| JGA | 115.997 | - | - | - |
| AVI | 20.540 | - | - | - |
| MIR | 59.397 | - | - | - |
| CIR | 27.798 | - | - | - |
| DSN | 104.907 | - | - | - |
| Total | 328.639 | - | - | - |
| % | 100% | 0% | 0% | 0% |

5.1.2.3 Volumes de madeira baldeada

O modelo garantiu a restrição de volume mínimo de segurança em estradas cascalhadas alocando 165,7 mil t, ou 50,4%, de madeira através da realização de baldeio em 53,6 mil t, e adequando estradas para transportar outras 60.753 t, conforme os resultados apresentados na Tabela 28.

TABELA 28: VOLUMES MÍNIMOS DE SEGURANÇA PÓS ADEQUAÇÃO E BALDEIO PARA O CENÁRIO I

| Projeto | Volume de madeira nos graus 1 a 4 (t) | | Volume baldeado (t) | Volume mínimo de segurança no revestimento primário (t) |
|---------|---------------------------------------|---------------|---------------------|---|
| | Pré-adequação | Pós-adequação | | |
| JGA | 14.316 | 31.479 | 30.847 | 57.999 |
| AVI | 685 | 685 | 9.585 | 10.270 |
| MIR | 1.344 | 30.439 | - | 30.439 |
| CIR | - | 7.625 | 6.274 | 13.899 |
| DSN | 39.336 | 46.206 | 6.941 | 53.147 |
| Total | 55.681 | 116.434 | 53.646 | 165.754 |
| % | | 35,4% | 16,3% | 50,4% |

No caso do projeto JGA, o volume de madeira do grau de dificuldade 4 que é de 4.327 t está em estrada com revestimento primário, porém também necessitou ser baldeado devido a nenhuma das CVC avaliadas ser capaz de ultrapassar 14,8% de rampa no cenário I.

5.1.2.4 Quantificação de estradas adequadas

O modelo calculou que para a operação possa ocorrer de forma otimizada é necessária a adequação de 9.405 m de estradas, e que seja realizada uma manutenção leve com patrolamento em outros 62.705 m para garantir o acesso das composições até os talhões (Tabela 29).

TABELA 29: QUANTIDADE DE ESTRADAS ADEQUADAS POR GRAU DE DIFICULDADE NO CENÁRIO I

| GDAtual | Quantidade de estradas Adequadas m/GD | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|-------|-----|-------|--------|-------|-----|-------|--------|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | Total |
| GD1 | 7.205 | | | | | | | | |
| GD2 | - | 615 | | | | | | | |
| GD3 | - | 130 | - | | | | | | |
| GD4 | - | 70 | - | 1.610 | | | | | |
| GD5 | - | - | - | - | 43.423 | | | | |
| GD6 | - | 4.920 | - | - | - | 3.650 | | | |
| GD7 | - | 4.195 | - | - | - | - | 250 | | |
| GD8 | - | - | - | - | 90 | - | - | 5.952 | |
| Total de Manutenção | 7.205 | 615 | - | 1.610 | 43.423 | 3.650 | 250 | 5.952 | 62.705 |
| Total de Adequação | - | 9.315 | - | - | 90 | - | - | - | 9.405 |

As maiores quantidades de adequações foram transformar estradas do grau 6 e 7 em estradas do grau 2 permitindo assim o transporte com Tritrem.

5.1.2.5 Custos para garantir o volume mínimo de segurança de madeira disponível em estradas com revestimento primário

Foi simulada a situação onde não se fixou uma meta de volume mínimo de madeira disponível em estradas cascalhadas, e o resultado é apresentado na Tabela 30 a seguir.

TABELA 30: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO I SEM GARANTIA DE MADEIRA PARA TRANSPORTE EM DIAS DE CHUVA

| Custo total otimizado | R\$ | R\$/t |
|--------------------------------|-----------|-------|
| Adequação de estradas no bloco | 300.393 | 0,91 |
| Adequação da rota | 474.991 | 1,45 |
| Baldeio | 34.486 | 0,10 |
| Transporte | 3.619.290 | 11,01 |
| Total | 4.429.160 | 13,48 |

Base monetária referente a jun/2010

Comparando-se com os valores obtidos quando se fixa uma meta de volumes de segurança, há uma diminuição de 10,6% no custo total da madeira,

ocasionados principalmente pela diminuição dos volumes de baldeio e de adequação de estradas conforme a demonstrado na Tabela 31.

TABELA 31: VOLUMES MÍNIMOS DE SEGURANÇA PÓS ADEQUAÇÃO E BALDEIO PARA O CENÁRIO I

| Projeto | Volume de madeira nos graus 1 a 4 (t) | | Volume baldeado (t) | Volume mínimo de segurança no revestimento primário (t) |
|---------|---------------------------------------|---------------|---------------------|---|
| | Pré-adequação | Pós-adequação | | |
| JGA | 14.316 | 14.316 | - | 14.316 |
| AVI | 685 | 685 | - | 685 |
| MIR | 1.344 | 1.344 | - | 1.344 |
| CIR | - | - | 52 | 52 |
| DSN | 39.336 | 39.336 | - | 39.336 |
| Total | 55.681 | 55.681 | 52 | 55.733 |
| % | | 16,9% | 0,01% | 17,0% |

5.2 CENÁRIO II

No Cenário II foi avaliado o modelo de minimização de custos de transporte de madeira, estradas de uso florestal e baldeio de toras, considerando-se que as CVC irão trafegar com o PBTC legal, conforme definido pela legislação. A potência dos cavalos mecânicos foi similar a utilizada pelas empresas prestadoras de serviço do local do estudo, houve uma máquina de apoio para que as composições conseguissem vencer rampas maiores e não houveram investimentos para melhorias significativas na rota, apenas as manutenções necessárias para o tráfego.

5.2.1 Inputs do Cenário II

Os dados de entrada utilizados para resolução do Cenário II foram:

5.2.1.1 Estimativa dos limites técnicos de rampa de cada CVC

Conforme demonstrado na Tabela 32, para o Cenário II a máxima rampa possível de ser vencida por um Tritrem e um Rodotrem carregado em uma estrada de Leito natural é de 23,4%; para o Bitrem e Romeu e Julieta (4 eixos) este limite foi de 31,5% quando apoiados por um *skidder* com guincho que adiciona uma força de 18.717 kgf. Para as estradas com revestimento primário as rampas máximas aumentam, sendo 26,7% a máxima para Tritrem e Rodotrem e 35,2% para Bitrem e Romeu e Julieta (4 eixos); e no caso das estradas com revestimento definitivo, por não se utilizar o apoio nestes locais, os limites de rampa continuam sendo iguais ao cenário I, ou seja 15,2% para Tritrem e Rodotrem e 20% pra Bitrem e Romeu e Julieta (4 eixos). O detalhamento dos cálculos teóricos pode ser verificado no Anexo III.

TABELA 32: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS NO CENÁRIO II

| CVC | Pavimento | | |
|-----------------|---------------|-----------------------|-------------------------|
| | Leito natural | Revestimento primário | Revestimento definitivo |
| Tritrem | 23,4% | 26,7% | 15,2% |
| Rodotrem | 23,4% | 26,7% | 15,2% |
| Bitrem | 31,5% | 35,2% | 20,0% |
| Romeu e Julieta | 31,5% | 35,2% | 20,0% |

Estes valores foram calculados conforme a metodologia descrita no item 3.4.7 e os cálculos demonstram ser possível que as CVC partam em rampas íngremes quando aumentada a força de tração, porém a afirmação deve ser comprovada com testes práticos em campo.

5.2.1.2 Parametrização dos graus de dificuldade

Com base no tipo de pavimento e nas rampas máximas vencidas por cada CVC os parâmetros definidos para cada grau de dificuldade no cenário II ficaram conforme demonstrado na Tabela 33.

TABELA 33: PARAMETRIZAÇÃO DOS GRAUS DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO II

| Pavimento | Rampa | GD |
|-----------------------|--------------|------|
| Revestimento primário | < 23,4 % | GD 1 |
| | 23,5 - 26,7% | GD 2 |
| | 26,8 - 35,2% | GD 3 |
| | > 35,3% | GD 4 |
| Leito natural | < 23,4 % | GD 5 |
| | 23,5 - 26,7% | GD 6 |
| | 26,8 - 35,2% | GD 7 |
| | > 35,3% | GD 8 |

Os segmentos de estradas com rampas menores ou igual a 23,4% foram classificadas com grau de dificuldade 1 quando com revestimento primário e grau de dificuldade 5 quando com leito natural. Os segmentos entre 23,5 e 26,7% foram definidos com grau de dificuldade 2 em estradas com revestimento primário e 6 em estradas com leito natural. Os segmentos entre 26,8 e 35,2% foram classificados com grau de dificuldade 3 quando em estradas com revestimento primário e grau 7 quando em estradas com leito natural, e os segmentos acima de 35,3% quando em estradas com revestimento primário foram classificados com grau 4 e como grau 8 quando em estradas com leito natural.

5.2.1.3 Regra de transporte

De acordo com as rampas máximas vencidas por cada CVC foi definida a regra de transporte para os projetos avaliados no Cenário II, conforme demonstrado na Tabela 34, onde o Tritrem e o Rodotrem conseguem trafegar nos graus de dificuldade 1, 2 e 5, e o Bitrem e o Romeu e Julieta conseguem trafegar

no graus 1, 2, 3, 5, 6 e 7. Nos demais graus de dificuldade, para que a madeira seja transportada deverá haver adequação das estrada ou ser realizada a operação de baldeio.

TABELA 34: REGRA DE TRANSPORTE PARA AS CVC NO CENÁRIO II

| GD | CVC | | | |
|------|---------|----------|--------|-----------------|
| | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| GD 1 | X | X | X | X |
| GD 2 | X | X | X | X |
| GD 3 | | | X | X |
| GD 4 | | | | |
| GD 5 | X | X | X | X |
| GD 6 | | | X | X |
| GD 7 | | | X | X |
| GD 8 | | | | |

5.2.1.4 Quantificação de estradas e volumes de madeira por grau de dificuldade

O cenário II apresentou 86,7% das estradas entre os graus de dificuldade 5 e 8, conforme a Tabela 35, demonstrando que a área avaliada tem predominância de estradas com leito natural. Considerando-se a variável rampa, em 96% das estradas não há restrição para o tráfego de qualquer CVC desde que com o apoio do *skidder*; 0,7% das estradas encontram-se com mais de 35,3% de inclinação conforme a soma dos graus 4 e 8 o que exige adequação ou remoção da madeira com baldeio, e 4% do total das estradas apresentam restrição de rampa para o tráfego com Tritrem e Rodotrem.

TABELA 35: QUANTIFICAÇÃO DAS ESTRADAS POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO II

| Projeto | Quantidades de estradas (m) | | | | | | | | | % |
|---------|-----------------------------|------|------|------|--------|-------|------|------|--------|------|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | Total | |
| JGA | 3.630 | | 470 | 130 | 24.408 | 765 | 747 | 335 | 30.485 | 42% |
| AVI | 500 | - | - | - | 6.755 | - | - | - | 7.255 | 10% |
| MIR | 250 | - | - | - | 9.810 | - | 90 | - | 10.150 | 14% |
| CIR | - | - | - | - | 10.430 | 260 | 90 | - | 10.780 | 15% |
| DSN | 4.650 | - | - | - | 8.790 | - | - | - | 13.440 | 19% |
| Total | 9.030 | - | 470 | 130 | 60.193 | 1.025 | 927 | 335 | 72.110 | 100% |
| % | 12,5% | 0,0% | 0,7% | 0,2% | 83,5% | 1,4% | 1,3% | 0,5% | | |

Com relação aos volumes, 96,6% da madeira não apresentou restrição significativa ao transporte para qualquer CVC, estando concentrada nos graus de dificuldade 1 e 5, e 0,4% da madeira ficou concentrada nos graus 4 e 8 onde nenhuma composição consegue trafegar. Nos graus 2, 3, 6 e 7, que apresentam restrições ao tráfego, ficou concentrado 3% do volume de madeira conforme a Tabela 36 a seguir.

TABELA 36: QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE MADEIRA POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO II

| Projeto | Volumes (t) | | | | | | | | Total | % |
|---------|-------------|------|-------|------|---------|-------|-------|-------|---------|------|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | | |
| JGA | 12.574 | - | 1.743 | - | 93.488 | 3.053 | 3.918 | 1.221 | 115.997 | 35% |
| AVI | 685 | - | - | - | 19.855 | - | - | - | 20.540 | 6% |
| MIR | 1.344 | - | - | - | 57.500 | - | 553 | - | 59.397 | 18% |
| CIR | - | - | - | - | 27.176 | 570 | 52 | - | 27.798 | 8% |
| DSN | 39.336 | - | - | - | 65.572 | - | - | - | 104.908 | 32% |
| Total | 53.939 | - | 1.743 | - | 263.591 | 3.623 | 4.523 | 1.221 | 328.640 | 100% |
| % | 16,4% | 0,0% | 0,5% | 0,0% | 80,2% | 1,1% | 1,4% | 0,4% | | |

5.2.1.5 Estimativa do custo de frete e do apoio

Os custos de frete do cenário II são os mesmos calculados para o cenário I, demonstrados na Tabela 23, do item 5.1.1.5 e no Anexo VI. O custo da operação de apoio considerado nos cálculos foi de R\$ 0,82/t incidente sobre todo volume de madeira transportada.

5.2.1.6 Estimativa dos custos de adequação de estradas dentro dos projetos

A Tabela 37 exhibe os custos padrões de adequação de estradas dentro dos projetos onde os maiores valores encontram-se na transformação de estradas do grau de dificuldade 8 para uma estrada do grau 1, 2 ou 3, sendo necessário redesenho do traçado, abertura e regularização do leito de estrada com saídas de

água e compactação, cascalhamento e demais atividades de apoio como transporte de máquinas, que para o cenário II podem chegar até a R\$ 56,00 / m.

TABELA 37: CUSTO PADRÃO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS DENTRO DOS PROJETOS PARA O CENÁRIO II

| Grau de dificuldade atual | Grau de dificuldade futuro (R\$/m) | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 |
| GD1 | 2,4 | | | | | | | |
| GD2 | 3,7 | 2,4 | | | | | | |
| GD3 | 18,3 | 14,7 | 2,4 | | | | | |
| GD4 | 31,2 | 27,5 | 14,7 | 2,4 | | | | |
| GD5 | 28,5 | | | | 2,4 | | | |
| GD6 | 28,5 | 21,8 | | | 5,4 | 2,4 | | |
| GD7 | 43,1 | 36,5 | 21,8 | | 8,1 | 7,0 | 2,4 | |
| GD8 | 56,0 | 49,3 | 36,5 | 21,8 | 10,4 | 9,4 | 7,0 | 2,4 |

Base monetária referente a jun/2010

Foi estimado em aproximadamente R\$ 2,40 / m o custo de preparação do trecho, que compreende um patrolamento para dar condições de tráfego das CVC nos projetos, independente da mudança de um grau para o outro.

Para a rota foi considerado um custo padrão de R\$ 8.231,00/km de manutenção nos trechos para uma melhoria no revestimento primário com cascalho, distribuído e compactado.

5.2.1.7 Restrição de volumes mínimos de segurança e de transporte com o Rodotrem (19,80 m)

Ambas as restrições foram consideradas as mesmas utilizadas para o cenário I, referenciadas nos itens 5.1.1.8 e 5.1.1.9.

5.2.2 Outputs do Cenário II

Os principais resultados obtidos a partir da resolução do modelo de programação linear para o cenário II foram:

5.2.2.1 Custo total otimizado

Após a otimização do modelo de minimização de custos, os resultados calculados para o Cenário II totalizaram R\$ 5,41 milhões, com um custo unitário de R\$ 16,39/t para os projetos avaliados, conforme a Tabela 38.

TABELA 38: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO II

| Custo total otimizado | R\$ | R\$/t |
|--------------------------------|------------------|--------------|
| Adequação de estradas no bloco | 205.306 | 0,62 |
| Adequação da rota | 474.991 | 1,45 |
| Baldeio | 805.876 | 2,45 |
| Apoio | 269.484 | 0,82 |
| Transporte | 3.631.046 | 11,05 |
| Total | 5.386.703 | 16,39 |

Base monetária referente a jun/2010

Os custos unitários de estradas totalizaram R\$ 2,07 / t quando somados as adequações dos projetos e das rotas, o custo unitário do baldeio foi de R\$ 2,45 / t considerando-se sua diluição para o somatório dos volumes dos projetos, o custo do apoio foi de R\$ 0,82/t e o custo médio do transporte de madeira foi de R\$ 11,05 / t.

Quando comparado com o cenário I, o cenário II apresentou um custo de R\$ 486 mil ou 10% a mais, resultado do aumento de R\$ 269 mil do apoio, R\$ 378 mil com baldeio e R\$ 12,3 mil com transporte, contra um redução de R\$ 174 mil na adequação das estradas dentro dos projetos. Unitariamente este aumento foi de R\$ 1,48 / t, mostrando que a inserção da operação de apoio com um custo de R\$

0,82 / t aumenta o custo final pela opção em gastar mais com baldeio ao invés de investir em adequação de estradas dentro dos projetos.

5.2.2.2 Utilização das CVC

A minimização dos custos foi alcançada através do transporte de 98,1% da madeira com o Tritrem e 1,9% da madeira com o Romeu e Julieta (4 eixos) conforme demonstrado na Tabela 39.

TABELA 39: VOLUME TRANSPORTADO POR CVC NO CENÁRIO II

| Projeto | Volume/CVC (t) | | | |
|---------|----------------|----------|--------|-----------------|
| | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| JGA | 110.336 | - | - | 5.661 |
| AVI | 20.540 | - | - | - |
| MIR | 58.844 | - | - | 553 |
| CIR | 27.798 | - | - | - |
| DSN | 104.908 | - | - | - |
| Total | 322.426 | - | - | 6.214 |
| % | 98,1% | 0% | 0% | 1,9% |

5.2.2.3 Volumes de madeira baldeada

O modelo garantiu a restrição de volume mínimo de segurança em estradas com revestimento primário alocando 164,3 mil t, ou 50 %, de madeira através da realização de baldeio em 101,1 mil t, e adequando estradas para transportar outras 63,2 mil t, conforme os resultados apresentados na Tabela 40.

TABELA 40: VOLUMES MÍNIMOS DE SEGURANÇA PÓS ADEQUAÇÃO E BALDEIO PARA O CENÁRIO II

| Projeto | Volume de madeira nos graus 1 a 4 (t) | | Volume baldeado (t) | Volume mínimo de segurança no revestimento primário (t) |
|---------|---------------------------------------|---------------|---------------------|---|
| | Pré-adequação | Pós-adequação | | |
| JGA | 14.317 | 21.288 | 36.711 | 57.999 |
| AVI | 685 | 685 | 9.585 | 10.270 |
| MIR | 1.344 | 1.897 | 27.802 | 29.699 |
| CIR | - | - | 13.899 | 13.899 |
| DSN | 39.336 | 39.336 | 13.118 | 52.454 |
| Total | 55.682 | 63.206 | 101.114 | 164.320 |
| % | | 19,2% | 30,8% | 50,0% |

5.2.2.4 Quantificação de estradas adequadas

O modelo calculou que para a operação possa ocorrer de forma otimizada é necessário a adequação de 1.602 m de estradas, e que seja realizada uma manutenção leve com patrolamento em outros 70.508 m de estradas para garantir o acesso das composições até os talhões conforme demonstrado na Tabela 41.

TABELA 41: QUANTIDADE DE ESTRADAS ADEQUADAS POR GRAU DE DIFICULDADE NO CENÁRIO II

| GDAtual | Quantidade de estradas Adequadas m/GD | | | | | | | | Total |
|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | |
| GD1 | 9.030 | | | | | | | | |
| GD2 | - | - | | | | | | | |
| GD3 | - | - | 470 | | | | | | |
| GD4 | - | - | - | 130 | | | | | |
| GD5 | - | - | - | - | 60.193 | | | | |
| GD6 | - | 765 | - | - | - | 260 | | | |
| GD7 | - | - | 837 | - | - | - | 90 | | |
| GD8 | - | - | - | - | - | - | - | 335 | |
| Total de Manutenção | 9.030 | - | 470 | 130 | 60.193 | 260 | 90 | 335 | 70.508 |
| Total de Adequação | - | 765 | 837 | - | - | - | - | - | 1.602 |

As maiores quantidades de adequações foram em transformar estradas do grau 6 em estradas do grau 2 permitindo o transporte com Tritrem e estradas do grau 7 em grau 3 permitindo o transporte com Romeu e Julieta (4 eixos).

5.3 CENÁRIO III

No cenário III foi avaliado o modelo de minimização de custos de transporte de madeira, estradas de uso florestal e baldeio de toras, considerando-se que as CVC irão trafegar com o PBTC legal, conforme definido pela legislação, a potência dos cavalos mecânicos foi similar a utilizada pelas empresas prestadoras de serviço do local do estudo, não houve uma máquina de apoio para que as composições consigam vencer rampas maiores e houveram investimentos para melhorias nas rotas e redução do IRI, com o objetivo de se aumentar a velocidade média das CVC e diminuir o consumo de combustível, o custo de manutenção e os gastos com pneus.

5.3.1 *Inputs* do Cenário III

Os *Inputs* do cenário III referentes a limites técnicos de rampa, parametrização dos graus de dificuldade, regra de transporte, volumes, quantificação de estradas e volumes de madeira por grau de dificuldade, estimativa dos custos de adequação de estradas dentro dos projetos, volumes mínimos de segurança de madeira disponíveis em estradas com revestimento primário e volumes máximos de transporte com o rodotrem, são os mesmos do cenário I e que constam no item 5.1.1.

5.3.1.1 Estimativa dos custos de adequação da rota

Nos levantamentos de campo realizados nas rotas, não houve nenhum trecho significativo com rampas acentuadas que limitasse o tráfego das CVC avaliadas.

Para se avaliar o impacto no modelo de uma melhoria significativa no pavimento das rotas de acesso aos projetos, diminuindo a irregularidade conforme

o conceito do IRI na Tabela 04, foi adicionado um custo de R\$ 32.882,34/km para escarificação e revestimento com cascalho fino britado, distribuído e compactado.

5.3.1.2 Estimativa dos custos de frete

A partir da melhoria das condições das estradas foi projetado, com base da experiência técnica da área de transportes da empresa avaliada, um aumento da velocidade das CVC em 10% nos trechos de estradas primárias e secundárias, um aumento da vida útil dos pneus em 10%, e reduzido o custo médio de manutenção dos caminhões em 5%. As premissas utilizadas e os cálculos podem ser encontrados no Anexo VI.

Para uma distância média de 50,2 km, no cenário III o custo estimado de frete do Tritrem foi de R\$ 10,83 / t para o Rodotrem R\$ 11,02 / t, para o Bitrem 13,26 / t e para o Romeu e Julieta (4 eixos) R\$ 13,08 / t (Tabela 42).

TABELA 42: CUSTO ESTIMADO DO FRETE PARA O CENÁRIO III

| Projeto Florestal | Volume (t) | Distância Km | CVC (R\$/t) | | | |
|-------------------|------------|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|
| | | | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| JGA | 115.997 | 35,17 | 8,55 | 8,69 | 10,52 | 10,38 |
| AVI | 20.540 | 37,87 | 8,96 | 9,10 | 11,01 | 10,87 |
| MIR | 59.397 | 19,35 | 6,14 | 6,23 | 7,64 | 7,54 |
| CIR | 27.798 | 43,70 | 9,84 | 10,01 | 12,08 | 11,92 |
| DSN | 104.907 | 88,40 | 16,64 | 16,96 | 20,23 | 19,95 |
| Média* | 328.639 | 50,20 | 10,83 | 11,02 | 13,26 | 13,08 |

* ponderada pelo volume - Base monetária referente a jun/2010

Quando comparados com os custos de frete do cenário I, as melhorias nas estradas refletiram em uma redução no frete de aproximadamente 1,6 % para o Tritrem e Rodotrem e 1,47% para o Bitrem e 1,52% para o Romeu e Julieta (4 eixos).

5.3.2 Outputs do Cenário III

Os principais resultados obtidos a partir da resolução do modelo de programação linear para o cenário I foram:

5.3.2.1 Custo total otimizado

Após a otimização do modelo de minimização de custos, os resultados calculados para o Cenário III totalizaram R\$ 6,26 milhões, com um custo unitário de R\$ 19,05 / t para os projetos avaliados (Tabela 43).

TABELA 43: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO III

| Custo total otimizado | R\$ | R\$/t |
|--------------------------------|-----------|-------|
| Adequação de estradas no bloco | 379.460 | 1,15 |
| Adequação da rota | 1.893.960 | 5,76 |
| Baldeio | 427.560 | 1,30 |
| Transporte | 3.559.874 | 10,83 |
| Total | 6.260.854 | 19,05 |

Base monetária referente a jun/2010

Os custos unitários de estradas totalizaram R\$ 6,91 / t quando somado as adequações dos projetos e nas rotas. O custo unitário do baldeio foi de R\$ 1,30 / t considerando-se sua diluição para o somatório dos volumes dos projetos, e o custo médio do transporte de madeira foi de R\$ 10,83 / t.

Comparando-se os resultados do cenário III com o cenário I, pode-se verificar que investimentos para melhoria substancial na qualidade do IRI não refletiram em redução de custos totais para os volumes avaliados

Considerando-se que o custo médio do frete do cenário III é de R\$ 10,83/t, ou R\$ 0,18/t a menos que no cenário I, pode-se estimar que caso o volume de madeira que passe nas estradas das rotas sejam superiores a 1.163.482 t o cenário III terá custo total otimizado menor.

Não houve alterações em relação aos resultados do cenário I para a escolha das CVC que realizam o transporte, para os volumes de madeira baldeada e para as quantidades de estradas adequadas dentro dos projetos.

5.4 CENÁRIO IV

No Cenário IV foi avaliado o modelo de minimização de custos de transporte de madeira, estradas de uso florestal e baldeio de toras, considerando-se que as CVC irão trafegar com o PBTC legal, conforme definido pela legislação, a potência dos cavalos mecânicos será aumentada em relação à utilizada pelas empresas prestadoras de serviço do local do estudo, não haverá apoio para as composições, e não haverá investimentos para melhorias significativas na rota, apenas as manutenções necessárias para o tráfego.

5.4.1 *Inputs* do Cenário IV

Os dados de entrada utilizados para resolução do Cenário IV foram:

5.4.1.1 Estimativa dos limites técnicos de rampa de cada CVC

Conforme demonstrado na Tabela 44, para o Cenário IV a máxima rampa possível de ser vencida por um Tritrem e um Rodotrem carregado em uma estrada com leito natural é de 8,0%; para o Bitrem e Romeu e Julieta (4 eixos) este limite é de 11,4%. Para estradas com revestimento primário e revestimento definitivo as rampas máximas aumentam, sendo 10,8% a máxima para Tritrem e Rodotrem e 14,6% para Bitrem e Romeu e Julieta (4 eixos); e 15,2% e 20% respectivamente. O detalhamento dos cálculos pode ser verificado no Anexo III.

TABELA 44: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS NO CENÁRIO IV

| CVC | Pavimento | | |
|-----------------|-----------|--------------|--------------|
| | Leito | Revestimento | Revestimento |
| | natural | Primário | definitivo |
| Tritrem | 8,0% | 10,8% | 15,2% |
| Rodotrem | 8,0% | 10,8% | 15,2% |
| Bitrem | 11,4% | 14,6% | 20,0% |
| Romeu e Julieta | 11,4% | 14,6% | 20,0% |

Os cálculos demonstraram que não existem ganhos em rampas pelo aumento da potência e torque dos cavalos mecânicos caso se utilize o peso legal. Este ganho somente será efetivado se as CVC puderem trafegar com mais peso sobre os eixos de tração, o que irá aumentar força disponível na roda (FR) ou a força de aderência (Fad).

Os *Inputs* do cenário IV referentes à parametrização dos graus de dificuldade, regra de transporte, volumes, quantificação de estradas e volumes de madeira por grau de dificuldade, estimativa dos custos de adequação de estradas dentro dos projetos, volumes mínimos de segurança de madeira disponíveis em estradas com revestimento primário e volumes máximos de transporte com o Rodotrem (19,80 m), são os mesmos do cenário I e que constam no item 5.1.1.

5.4.1.2 Estimativa do custo de frete

O valor de aquisição do cavalo mecânico foi acrescido de R\$ 30 mil em relação aos demais cenários e a partir do ganho de potência projetou-se um ganho de 5% na velocidade médias das CVC.

A partir da metodologia proposta por ASABE (2005) descrita no item 3.4.7.9 calculou-se um aumento de 8,9% no consumo de combustível em função do aumento de potência.

Como resultado para uma distância média de 50,2 km, no Cenário IV o custo estimado de frete do Tritrem foi de R\$ 11,35 / t, para o Rodotrem R\$ 11,55 / t, para o Bitrem 13,90 / t e para o Romeu e Julieta (4 eixos) R\$ 13,73 / t, conforme demonstrado na Tabela 45. O detalhamento das estimativas de custos de frete podem ser visto no Anexo VI.

TABELA 45: ESTIMATIVA DOS CUSTOS DE FRETE POR CVC PARA O CENÁRIO IV

| Projeto Florestal | Volume (t) | Distância km | CVC (R\$/t) | | | |
|-------------------|------------|--------------|-------------|----------|--------|-----------------|
| | | | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| JGA | 115.997 | 35,17 | 8,94 | 9,08 | 11,00 | 10,86 |
| AVI | 20.540 | 37,87 | 9,37 | 9,53 | 11,52 | 11,38 |
| MIR | 59.397 | 19,35 | 6,39 | 6,48 | 7,94 | 7,85 |
| CIR | 27.798 | 43,70 | 10,31 | 10,49 | 12,64 | 12,49 |
| DSN | 104.907 | 88,40 | 17,51 | 17,84 | 21,28 | 21,01 |
| Média* | 328.639 | 50,19 | 11,35 | 11,55 | 13,90 | 13,73 |

* ponderada pelo volume

Quando comparado com o cenário I, os custos de frete do cenário IV aumentaram em média R\$ 0,35 / t para o Tritrem e Rodotrem e R\$ 0,39 / t para o Bitrem e Romeu e Julieta.

5.4.2 Outputs do Cenário IV

Os principais resultados obtidos a partir da resolução do modelo de programação linear para o cenário IV foram:

5.4.2.1 Custo total otimizado

Após a otimização do modelo de minimização de custos, os resultados calculados para o Cenário IV totalizaram R\$ 5,01 milhões, com um custo unitário de R\$ 15,26 / t para os projetos avaliados, conforme a Tabela 46.

TABELA 46: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO IV

| | R\$ | R\$/t |
|--------------------------------|-----------|-------|
| Custo total otimizado | | |
| Adequação de estradas no bloco | 379.460 | 1,15 |
| Adequação da rota | 474.991 | 1,45 |
| Baldeio | 427.560 | 1,30 |
| Transporte | 3.731.520 | 11,35 |
| Total | 5.013.531 | 15,26 |

Base monetária referente a jun/2010

Os custos unitários de estradas totalizaram R\$ 2,70 / t quando somados as adequações dos projetos e nas rotas, o custo unitário do baldeio foi de R\$ 1,30 / t considerando-se sua diluição para o somatório dos volumes dos projetos, e o custo médio do transporte de madeira foi e R\$ 11,35 / t.

Não houve alterações em relação aos resultados do cenário I para a escolha das CVC que realizam o transporte nos projetos, para os volumes de madeira baldeada e para as quantidades de estradas adequadas dentro dos projetos.

Quando comparado com o cenário I, praticamente não houve uma variação significativa nos custos otimizados, concluindo-se que conforme as premissas adotadas para o local de estudo, o aumento da potência dos cavalos mecânicos em 80 hp ou do torque em 40 kgfm não reduziram os custos de transporte de madeira.

5.5 CENÁRIO V

No Cenário V foi avaliado o modelo de minimização de custos de transporte de madeira, estradas de uso florestal e baldeio de toras, considerando-se que as CVC iriam trafegar com o PBT conforme definido pela legislação, porém com uma concentração de peso sobre os eixos de tração, a potência dos cavalos foi similar a utilizada pelas empresas prestadoras de serviço do local do estudo, houve uma máquina de apoio para que as composições consigam vencer rampas maiores e não houveram investimentos para melhorias significativas na rota, apenas as manutenções necessárias para o tráfego.

5.5.1 *Inputs* do Cenário V

Os dados de entrada utilizados para resolução do Cenário V foram:

5.5.1.1 Estimativa dos limites técnicos de rampa de cada CVC

Foi utilizado um peso técnico de 26 t sobre os eixos de tração do Tritrem, Bitrem, Rodotrem e Romeu e Julieta (4 eixos), contra 17 t permitido em todos os casos e aumentado em 18.717 kgf a força de tração com o apoio de um *skidder* com guincho.

Conforme demonstrado na Tabela 47, para o Cenário V a máxima rampa calculada possível de ser vencida por um Tritrem carregado em uma estrada com leito natural é de 26,2%; para o Rodotrem este limite é de 25,7%, para o Bitrem 35,1% e para o Romeu e Julieta (4 eixos) 40,2%. Para estradas com revestimento primário as rampas máximas para Tritrem são 29,7%, para o Rodotrem 29,2%, para o Bitrem 39,1% e para o Romeu e Julieta (4 eixos) 44,8%. Em relação às estradas com revestimento definitivo as rampas máximas para Tritrem são 18,9%, para o Rodotrem 18,4%, para o Bitrem 24,8% e para o Romeu e Julieta (4 eixos) 32,2%. O detalhamento dos cálculos pode ser verificado no Anexo III.

TABELA 47: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS COM PESO TÉCNICO SOBRE OS EIXOS DE TRAÇÃO, MAIS *SKIDDER* DE APOIO NO CENÁRIO V

| CVC | Pavimento | | |
|-----------------|---------------|-----------------------|-------------------------|
| | Leito natural | Revestimento primário | Revestimento definitivo |
| Tritrem | 26,2% | 29,7% | 18,9% |
| Rodotrem | 25,7% | 29,2% | 18,4% |
| Bitrem | 35,1% | 39,1% | 24,8% |
| Romeu e Julieta | 40,2% | 44,8% | 32,2% |

Caso se retire a força adicionada pelo *skidder* no apoio dos caminhões os resultados de rampas máximas para as CVC são as apresentadas na Tabela 48, onde o Tritrem consegue partir com até 10,8% carregado com o PBT em pavimentos com leito natural, o Rodotrem 10,3%, o Bitrem 15,0% e o Romeu e Julieta 20,1%. Quando o pavimento é com revestimento primário o Tritrem consegue vencer rampas de até 13,9%, o Rodotrem até 13,4%, o Bitrem 18,6% e o Romeu e Julieta (4 eixos) até 24,2%. Já em asfalto (revestimento definitivo) o

Tritrem consegue vencer até 19,1%, o Rodotrem 18,4% o Bitrem 25,0% e o Romeu e Julieta (4 eixos) 32,2%.

TABELA 48: RAMPAS MÁXIMAS VENCIDAS PELAS CVC CARREGADAS COM PESO TÉCNICO SOBRE O EIXO DE TRAÇÃO NO CENÁRIO V

| CVC | Pavimento | | |
|-----------------|-----------|--------------|--------------|
| | Leito | Revestimento | Revestimento |
| | natural | primário | definitivo |
| Tritrem | 10,8% | 13,9% | 19,1% |
| Rodotrem | 10,3% | 13,4% | 18,4% |
| Bitrem | 15,0% | 18,6% | 25,0% |
| Romeu e Julieta | 20,1% | 24,2% | 32,2% |

Quando isoladas e comparadas as diferenças em rampa utilizando-se o peso técnico sobre o peso legal, os ganhos percentuais em rampas são entre 21,2 e 35,3% para Tritrem, Rodotrem e Bitrem e de até 76,2% para o Romeu e Julieta (4 eixos) conforme demonstrado na Tabela 49.

TABELA 49: GANHOS PERCENTUAIS EM RAMPA DO PESO TÉCNICO EM RELAÇÃO AO PESO LEGAL

| CVC | Pavimento | | |
|-----------------|---------------|-----------------------|-------------------------|
| | Leito natural | Revestimento primário | Revestimento definitivo |
| Tritrem | 35,3% | 28,1% | 25,5% |
| Rodotrem | 29,0% | 23,3% | 21,2% |
| Bitrem | 31,5% | 27,1% | 25,2% |
| Romeu e Julieta | 76,2% | 65,8% | 61,2% |

Estes valores foram calculados conforme a metodologia descrita, e quando comparados com o referencial teórico, descrito no item 3.4.7.7, percebe-se que é possível que as CVC partam em rampas íngremes quando estiverem com mais peso sobre os eixos de tração, porém a afirmação deve ser comprovada com testes práticos em campo.

5.5.1.2 Parametrização dos graus de dificuldade

Com base no tipo de pavimento e nas rampas máximas vencidas por cada CVC os parâmetros definidos para cada grau de dificuldade no Cenário V ficaram conforme demonstrado na Tabela 50.

TABELA 50: PARAMETRIZAÇÃO DOS GRAUS DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO V

| Pavimento | Rampa | GD |
|-----------------------|---------------|------|
| Revestimento primário | $\leq 25,7\%$ | GD 1 |
| | 25,8 - 29,7% | GD 2 |
| | 29,8 - 35,1% | GD 3 |
| | $> 35,2\%$ | GD 4 |
| Leito natural | $\leq 25,7\%$ | GD 5 |
| | 25,8 - 29,7% | GD 6 |
| | 29,8 - 35,1% | GD 7 |
| | $> 35,2\%$ | GD 8 |

Os segmentos de estradas com rampas menores ou igual a 25,7% foram classificadas com grau de dificuldade 1 quando com revestimento primário e grau de dificuldade 5 quando com leito natural. Os segmentos entre 25,8 e 29,7% foram definidos com grau de dificuldade 2 em estradas com revestimento primário e 6 em estradas com leito natural. Os segmentos entre 29,8 e 35,1% foram classificados com grau de dificuldade 3 quando em estradas com revestimento primário e grau 7 quando em estradas com leito natural, e os segmentos acima de 35,2% quando em estradas com revestimento primário foram classificados com grau 4 e como grau 8 quando em estradas com leito natural.

5.5.1.3 Regra de transporte

A regra de transporte para os projetos avaliados no Cenário V foi definida conforme demonstrado na Tabela 51, onde o Tritrem e o Rodotrem conseguem trafegar nos graus de dificuldade 1, 2 e 5, o Bitrem consegue trafegar no grau 1,

2, 3, 5 e 6 e o Romeu e Julieta (4 eixos) nos graus de 1 a 8. Neste cenário não necessariamente é preciso fazer o baldeio pois o Romeu e Julieta com peso técnico no eixo de tração e com uma máquina de apoio, tem condições de realizar o transporte em 100% das áreas.

TABELA 51: REGRA DE TRANSPORTE PARA AS CVC NO CENÁRIO V

| GD | CVC | | | |
|------|---------|----------|--------|-----------------|
| | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| GD 1 | X | X | X | X |
| GD 2 | X | X | X | X |
| GD 3 | | | X | X |
| GD 4 | | | | X |
| GD 5 | X | X | X | X |
| GD 6 | | | X | X |
| GD 7 | | | X | X |
| GD 8 | | | | X |

5.5.1.4 Quantificação de estradas e volumes de madeira por grau de dificuldade

O Cenário V apresentou 86,7% das estradas nos graus de dificuldade entre 5 e 8, conforme a Tabela 52, demonstrando que a área avaliada tem predominância de estradas de terra. Considerando-se a variável rampa, em 97,7% das estradas não há restrição para o tráfego de qualquer uma das CVC desde que com apoio do *skidder*, e 2,3% do total das estradas apresentam restrição de rampa para o tráfego com Tritrem e Rodotrem.

TABELA 52: QUANTIFICAÇÃO DAS ESTRADAS POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO V

| Projeto | Quantidades de estradas (m) | | | | | | | | | Total | % |
|---------|-----------------------------|------|------|------|--------|------|------|------|--------|-------|---|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | | | |
| JGA | 3.630 | 255 | 265 | 80 | 25.118 | 315 | 452 | 370 | 30.485 | 42% | |
| AVI | 500 | - | - | - | 6.755 | - | - | - | 7.255 | 10% | |
| MIR | 250 | - | - | - | 9.810 | 90 | - | - | 10.150 | 14% | |
| CIR | - | - | - | - | 10.690 | - | 90 | - | 10.780 | 15% | |
| DSN | 4.650 | - | - | - | 8.790 | - | - | - | 13.440 | 19% | |
| Total | 9.030 | 255 | 265 | 80 | 61.163 | 405 | 542 | 370 | 72.110 | 100% | |
| % | 12,5% | 0,4% | 0,4% | 0,1% | 84,8% | 0,6% | 0,8% | 0,5% | | | |

Com relação aos volumes, 97,9% da madeira não apresentaram restrição significativa ao transporte para qualquer CVC, estando concentrada nos graus de dificuldade 1, 2 e 5. Nos graus 3, 4, 6, 7 e 8, que apresentam restrições ao tráfego, ficaram concentrados 2,1% do volume de madeira conforma a Tabela 53 a seguir.

TABELA 53: QUANTIFICAÇÃO DOS VOLUMES DE MADEIRA POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO V

| Projeto | Volumes (t) | | | | | | | | Total | % |
|---------|-------------|-------|------|------|---------|-------|-------|-------|---------|------|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | | |
| JGA | 12.574 | 1.056 | 686 | - | 96.187 | 934 | 3.114 | 1.447 | 115.998 | 35% |
| AVI | 685 | - | - | - | 19.855 | - | - | - | 20.540 | 6% |
| MIR | 1.344 | - | - | - | 57.500 | 553 | - | - | 59.397 | 18% |
| CIR | - | - | - | - | 27.746 | - | 52 | - | 27.798 | 8% |
| DSN | 39.336 | - | - | - | 65.572 | - | - | - | 104.908 | 32% |
| Total | 53.939 | 1.056 | 686 | - | 266.860 | 1.487 | 3.166 | 1.447 | 328.641 | 100% |
| % | 16,4% | 0,3% | 0,2% | 0,0% | 81,2% | 0,5% | 1,0% | 0,4% | | |

5.5.1.5 Estimativa do custo de frete e do apoio

Os custos de frete do cenário V são os mesmos calculados para o cenário I, demonstrados na Tabela 25, do item 5.1.1.5 e no Anexo V. O custo da operação de apoio considerado nos cálculos foi de R\$ 0,82 / t incidente sobre todo volume de madeira transportada.

5.5.1.6 Estimativa dos custos de adequação de estradas dentro dos projetos

A Tabela 54 exhibe os custos padrões, que serviram para todos os projetos, onde os maiores valores encontram-se na transformação de estradas do grau de dificuldade 8 para uma estrada do grau 1, 2 ou 3, sendo necessário redesenho do traçado, abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água e compactação, cascalhamento e demais atividades de apoio como transporte de máquinas, que para o cenário V podem chegar até a R\$ 50,60 / m.

TABELA 54: CUSTO PADRÃO DE ADEQUAÇÃO DE ESTRADAS PARA O CENÁRIO V

| Grau de dificuldade atual | Grau de dificuldade futuro (R\$/m) | | | | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 |
| GD1 | 2,4 | | | | | | | |
| GD2 | 3,7 | 2,4 | | | | | | |
| GD3 | 12,8 | 9,2 | 2,4 | | | | | |
| GD4 | 25,7 | 22,0 | 14,7 | 2,4 | | | | |
| GD5 | 28,5 | | | | 2,4 | | | |
| GD6 | 28,5 | 21,8 | | | 5,4 | 2,4 | | |
| GD7 | 37,6 | 31,0 | 21,8 | | 7,1 | 6,0 | 2,4 | |
| GD8 | 50,5 | 43,8 | 36,5 | 21,8 | 9,4 | 8,4 | 7,0 | 2,4 |

Base monetária referente a jun/2010

Foi estimado em aproximadamente R\$ 2,40 / m o custo de preparação do trecho, que compreende um patrolamento para dar condições de tráfego das CVC nos projetos, independente da mudança de um grau para o outro.

Para a rota foi considerado um custo padrão de R\$ 8.231,00/km de manutenção nos trechos para uma melhoria no revestimento primário com cascalho, distribuído e compactado.

5.5.1.7 Restrição de volumes mínimos de segurança e de transporte com o Rodotrem (19,80 m)

Ambas as restrições foram consideradas as mesmas utilizadas para o cenário I, referenciadas nos itens 5.1.1.8 e 5.1.1.9.

5.5.2 Outputs do Cenário V

Os principais resultados obtidos a partir da resolução do modelo de programação linear para o cenário V foram:

5.5.2.1 Custo total otimizado

Após a otimização do modelo de minimização de custos, os resultados calculados para o Cenário V totalizaram R\$ 5,38 milhões, com um custo unitário de R\$ 16,40/t para os projetos avaliados, conforme a Tabela 55.

TABELA 55: CUSTO TOTAL OTIMIZADO DO CENÁRIO V

| Custo total otimizado | R\$ | R\$/t |
|--------------------------------|-----------|-------|
| Adequação de estradas no bloco | 194.996 | 0,59 |
| Adequação da rota | 474.991 | 1,45 |
| Baldeio | 829.185 | 2,52 |
| Apoio | 269.484 | 0,82 |
| Transporte | 3.619.965 | 11,02 |
| Total | 5.388.621 | 16,40 |

Base monetária referente a jun/2010

Os custos unitários de estradas totalizaram R\$ 2,04/t quando somados as adequações dos projetos e nas rotas, o custo unitário do baldeio foi de R\$ 2,52/t considerando-se sua diluição para o somatório dos volumes dos projetos, o custo do apoio foi de R\$ 0,82/t e o custo médio do transporte de madeira foi e R\$ 11,02/t.

Quando comparado com o cenário I, o cenário V apresentou um custo de R\$ 488 mil ou 9,9% a mais, resultado do aumento de R\$ 269 mil do apoio mais R\$ 401 mil com baldeio, contra um redução de R\$ 184 mil na adequação das estradas dentro dos projetos. Unitariamente este aumento foi de R\$ 1,49/t, mostrando que a inserção da operação de apoio com um custo de R\$ 0,82/t aumenta mais o custo final pela opção em gastar mais com baldeio, ao invés de investir em adequação de estradas dentro dos projetos devido a restrição de chuva.

A opção de se usar o peso técnico sobre os eixos de tração das composições não demonstrou agregar resultado quando a operação é realizada junto com o apoio de *skidder*, pois quando se comparam os resultados do cenário V com o cenário II não se percebe variação nos custos totais nem unitários.

5.5.2.2 Utilização das CVC

A minimização dos custos foi alcançada através do transporte de 99,8 % da madeira com o Tritrem e 0,2% da madeira com o Romeu e Julieta (4 eixos) conforme demonstrado na Tabela 56.

TABELA 56: VOLUME TRANSPORTADO POR CVC

| Projeto | Volume/CVC (t) | | | |
|---------|----------------|----------|--------|-----------------|
| | Tritrem | Rodotrem | Bitrem | Romeu e Julieta |
| JGA | 115.312 | - | - | 686 |
| AVI | 20.540 | - | - | - |
| MIR | 59.397 | - | - | - |
| CIR | 27.798 | - | - | - |
| DSN | 104.908 | - | - | - |
| Total | 327.955 | - | - | 686 |
| % | 99,8% | 0,0% | 0,0% | 0,2% |

5.5.2.3 Volumes de madeira baldeada

O modelo garantiu a restrição de volume mínimo de segurança em estradas com revestimento primário alocando 164,3 mil t, ou 50 %, de madeira através da realização de baldeio em 104 mil t, e adequando estradas para transportar outras 60,2 mil t, conforme os resultados apresentados na Tabela 57.

TABELA 57: VOLUMES MÍNIMOS DE SEGURANÇA PÓS ADEQUAÇÃO E BALDEIO PARA O CENÁRIO V

| Projeto | Volume de madeira nos graus 1 a 4 (t) | | Volume baldeado (t) | Volume mínimo de segurança no revestimento primário (t) |
|---------|---------------------------------------|---------------|---------------------|---|
| | Pré-adequação | Pós-adequação | | |
| JGA | 14.316 | 18.364 | 39.635 | 57.999 |
| AVI | 685 | 685 | 9.585 | 10.270 |
| MIR | 1.344 | 1.897 | 27.802 | 29.699 |
| CIR | - | - | 13.899 | 13.899 |
| DSN | 39.336 | 39.336 | 13.118 | 52.454 |
| Total | 55.681 | 60.282 | 104.038 | 164.321 |
| % | | 18,3% | 31,7% | 50,0% |

5.5.2.4 Quantificação de estradas adequadas

O modelo calculou que para a operação ocorrer de forma otimizada são necessários a adequação de 857 m de estradas, e que seja realizada uma manutenção leve com patrolamento em outros 71.253 m de estradas para garantir o acesso das composições até os talhões conforme demonstrado na Tabela 58.

TABELA 58: QUANTIDADE DE ESTRADAS ADEQUADAS POR GRAU DE DIFICULDADE PARA O CENÁRIO V

| GDAtual | Quantidade de estradas Adequadas m/GD | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|--------|
| | GD1 | GD2 | GD3 | GD4 | GD5 | GD6 | GD7 | GD8 | Total |
| GD1 | 9.030 | - | - | - | - | - | - | - | |
| GD2 | - | 255 | - | - | - | - | - | - | |
| GD3 | - | - | 265 | - | - | - | - | - | |
| GD4 | - | - | - | 80 | - | - | - | - | |
| GD5 | - | - | - | - | 61.163 | - | - | - | |
| GD6 | - | 405 | - | - | - | - | - | - | |
| GD7 | - | 452 | - | - | - | - | 90 | - | |
| GD8 | - | - | - | - | - | - | - | 370 | |
| Total de Manutenção | 9.030 | 255 | 265 | 80 | 61.163 | - | 90 | 370 | 71.253 |
| Total de Adequação | - | 857 | - | - | - | - | - | - | 857 |

As maiores quantidades de adequações foram em transformar estradas do grau 6 e 7 em estradas do grau 2 permitindo assim o transporte com Tritrem.

6 CONCLUSÕES

O modelo matemático desenvolvido em programação linear inteira mista para otimização dos custos de transporte de toras com base na qualidade de estradas conseguiu resolver todas as condicionantes dos cenários propostos, mostrando-se como uma ferramenta apropriada para auxílio na tomada de decisões no planejamento logístico florestal.

A sistemática utilizada para se obter as informações que alimentam o modelo apresentou-se adequada e prática, onde através da utilização de graus de dificuldade pode-se classificar as estradas de uso florestal de acordo com os parâmetros de qualidade: tipo de revestimento e declividade.

As quatro variáveis utilizadas para a composição dos cinco cenários avaliados representaram situações reais operacionais e contribuíram para os a geração e avaliação de resultados no modelo.

Entre os cenários avaliados, o cenário I apresentou o menor custo unitário (R\$ / t) por tonelada de madeira.

Para as condições operacionais avaliadas, a utilização de uma restrição de garantia de 50% do volume de madeira, disponível em estradas com revestimento primário, representou um aumento aproximado em 10,6% nos custos operacionais.

Para as 4 diferentes CVC avaliadas, o Tritrem foi a mais indicada para o transporte de madeira nos cinco cenários, principalmente devido a seu custo unitário por tonelada transportada ser menor que as demais composições.

Nas análises de limites técnicos das CVC o Romeu e Julieta (4 eixos) foi a que apresentou maior capacidade de vencer rampas quando carregado.

Verificou-se uma tendência de viabilidade econômica do baldeio na medida em que se aumenta a declividade das estradas.

A utilização de um trator florestal *skidder* de apoio faz com que as CVC vençam maiores rampas, porém os custos operacionais totais otimizados são aumentados.

Nas quantidades de melhorias sugeridas para diminuição do IRI das rotas, os custos de frete projetados e conseqüentemente o custo final otimizado não compensaram os investimentos realizados para os volumes analisados. Porém,

caso consiga-se planejar e aumentar os volumes de madeira que passam nestas rotas esta opção poderá ter o menor custo otimizado.

A opção de se usar o peso técnico sobre os eixos de tração das composições não demonstrou agregar resultado quando a operação é realizada junto com o apoio de *skidder*.

O uso do peso técnico sobre os eixos de tração pode aumentar o limite das rampas vencidas pelas CVC caso esta opção seja possível na prática.

A simulação do aumento da potência dos caminhões, para as condições operacionais da área de estudo e conforme as premissas adotadas, não representou diminuição de custos de adequação de estradas.

7 RECOMENDAÇÕES

O modelo de minimização de custos pode evoluir como ferramenta operacional de planejamento florestal se for integrada com um SIG - Sistema de Informações Geográficas, onde os resultados das análises possam ser visualizadas espacialmente e também otimizadas por segmento de estradas.

Para que os resultados do modelo se efetivem na prática, com o menor custo, é importante que o planejamento dos projetos e a adequação das estradas ocorra com no mínimo 1 ano de antecedência da operação de transporte obedecendo critérios técnicos adequados.

Com um planejamento antecipado e com mais projetos analisados os custos de adequação das rotas poderão entrar no modelo de forma mais diluída, podendo viabilizar maiores produtividades no transporte pela diminuição do Índice de Irregularidade das estradas.

O montante financeiro gasto com adequação de estradas para transporte de madeira no momento da colheita, normalmente é analisado como custo direcionado para o resultado no exercício. Caso estes valores possam ser analisados como investimentos, e seu benefício agregado para mais rotações florestais, podem ser realizadas outras análises onde o modelo poderá sugerir mais adequações ao invés de baldeio.

Além dos cenários avaliados, outros intermediários ou novos podem ser propostos e avaliados, como por exemplo a utilização somente do peso técnico sobre os eixos de tração, a extrapolação do PBT, variações no tipo de cavalo mecânico e implementos como a utilização do rodotrem homologado, variações de sistemas operacionais e custos de baldeio e apoio, uso de diferentes coeficientes de atrito pneu / solo e de rolamento, etc.

Em virtude dos cálculos de rampa apresentarem valores altos, mesmo tendo-se referências técnicas, sugere-se testes práticos em campo com as CVC para calibragem dos greides máximos.

Para melhoria nas projeções de velocidades, consumos de combustíveis e manutenção das CVC em função da melhoria do IRI, pode ser utilizada a metodologia HDM versão III ou superior - VOC do Banco Mundial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASTHO. **The voice of transportation.** Disponível em: <www.transportation.org>. Acesso em: 04 jul. 2010.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF: ano base 2008.** Brasília: ABRAF, 2009, 120p.

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

ASABE - American Society of Agricultural and Biological Engineers. **Agricultural machinery management EP 496.2 Standards 2005.** 52.ed., St. Joseph: ASABE. 2005. 4p.

BARBOSA. S. T. **Evolução do sistema de transporte florestal na região de Telêmaco Borba.** 2004. Monografia (Trabalho Conclusão de Curso) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Telêmaco Borba.

BERGER. R, TIMOFEICZYK R. JR.; CARNIERI, C.; LACOWICZ, P. G.; SAWINSKI. J. JR.; BRASIL, A. A.; Minimização de custos de transporte florestal com a utilização da programação linear. **Floresta**, Curitiba, v. 33, n. 1, p 53-62, 2003.

BRANCO, Pércio de Moraes. **Mineral, rocha ou pedra.** Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=1047&sid=129>>. Acesso em 04 jul.2010.

BRASIL. **Resolução n° 68, de 23 de setembro de 1998.** Estabelece requisitos de segurança necessários à circulação de Combinações de Veículos de Carga - CVC, a que se referem os arts. 97 99 e 314 do Código de Trânsito Brasileiro- CTB e os §§ 3º e 4º dos arts. 1º e 2º, respectivamente, da Resolução 12/98 - CONTRAN. Disponível em: < <http://www.antt.gov.br/legislacao/internacional/ResCONTRAN68-98.pdf>>. Acesso em 10 jul.2010.

BRASIL. **Resolução nº 75, de 19 de novembro de 1998.** Estabelece os requisitos de segurança necessários a circulação de Combinações para Transporte de Veículos - CTV. Disponível em: <<http://www.antt.gov.br/legislacao/internacional/ResCONTRAN75-98.pdf>>. Acesso em 10 jul.2010.

BRASIL. **Resolução nº 246, de 27 de julho de 2007.** Altera a Resolução nº 196, de 25 de julho de 2006, do CONTRAN, que fixa requisitos técnicos de segurança para o transporte de toras de madeira bruta por veículo rodoviário de carga. Disponível em: <http://www.detran.sp.gov.br/legis/resolucao_2007_246.asp>. Acesso em 10 jul.2010.

BRAZ, E. M. **Otimização da rede de estradas secundárias em projetos de manejo sustentável de floresta tropical.** EMBRAPA: Rio Branco, 1997. (EMBRAPA - Circular Técnica, n.15).

CATERPILLAR. **525 C - trator florestal de rodas.** Disponível em: <http://forestprocat.com/cda/files/1030896/7/525C_Specalog_Portuguese_APHQ5670.pdf>. Acesso em 04 jul. 2010.

CORREA, C. M.C.; MALINOVSKI, J. R.; ROLOFF, G. Bases para planejamento de rede viária em reflorestamento no sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 2, p.277-286, mai./ago. 2006.

BRASIL, Código de Trânsito Brasileiro. **Código de trânsito brasileiro:** instituído pela Lei nº 9.503, de 23-09-1997. 3.ed. Brasília: DENATRAN, 2008. disponível em: < <http://www.denatran.gov.br/publicacoes/download/ctb.pdf>>. Acesso em 04 jul. 2010.

DANTZIG, G. B. **Linear programming and extensions.** Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1963.

DIETZ, P. Parâmetros da rede viária e sua otimização. In: CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 4., 1983. **Anais...** Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais, 1983. p.22-32.

CURSO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE EXPLORAÇÃO E TRANSPORTE FLORESTAL, 4, 1983, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1983. 153p.

EQUIPE JORNALÍSTICA DA REVISTA MADEIRA. Perspectivas para a Logística Brasileira. **Revista da Madeira**, Curitiba, n.108, p.04-13, out. 2007.

FREITAS, L. C.; MARQUES, G. M; SILVA, M. L.; MACHADO, R.R.; MACHADO, C. C. Estudo comparativo envolvendo três métodos de cálculo de custo operacional do caminhão bitrem. **Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.855-863, 2004.

GIACOMINI, B. ., HORNINK, G. G., COMPIANI, M. . Diabásio **Geociências Virtual**, 26 out. 2009. Disponível em: <<http://www.ib.unicamp.br/lte/gv/visualizarMaterial.phpidMaterial=982>>. Acesso em: 11 mar. 2010.

GUIMARÃES, H. S. A logística como fator decisivo das operações de colheita e transporte florestal. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE SISTEMAS DE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 13, 2004, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2004. p.127-146.

GUNN, E. A. Some aspects of hierarchical production planning in forest management. In: SYMPOSIUM ON SYSTEMS ANALYSIS IN FOREST RESOURCES, 1991, Charleston, South Carolina. **Proceedings...** Asheville, NC: USDA, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station, 1991. p. 54-62.

GUNN, E. A.; RAI, A. K. Modelling and decomposition for planning long-term forest harvesting in an integrated industry structure. **Canadian Journal of Forest Research**, v. 17, p. 1507-1518, 1987.

HANSEN, Don R.; MOWEN, Maryanne M. **Gestão de custos: contabilidade e controle**. São Paulo: Editora Pioneira, 2001.

INPACEL. **Encontro do “Grupo de Discussão Sobre Rede Viária”**. Arapotí: International Paper, 2001. (Não publicado).

ISARD, Walter. **Introduction to Regional Science**. Lansing: Michigan States, 1975.

JAMNICK, M. S.; BURGER, D. H.; Using linear programming to make wood procurement and distribution decisions. **The Forestry Chronicle**, v. 71, n. 1, p. 89-96, jan./fev. 1995.

KRETSCHKEK, O. E. Estudo de um sistema viário para a retirada de madeira, visando a minimização de danos ambientais, em regiões montanhosas. In: SEMINÁRIO DE ATUALIZAÇÃO EM SISTEMAS DE COLHEITA DE MADEIRA E TRANSPORTE FLORESTAL, 9, 1996, Curitiba. **Anais...** Curitiba, PR: UFPR/IUFRO, Mai, 1996. p.45-52.

LACOWICZ, P. G.; BERGER. R.; TIMOFEICZYK R. JR.; GARZEL, J. C.; Minimização dos custos de transporte rodoviário florestal com o uso da programação linear e otimização do processo. **Floresta**, Curitiba, v. 32, n. 1, p.75-87, 2002.

LEITE, A. M. P. **Análise dos fatores que afetam o desempenho de veículos e o custo de transporte de madeira no distrito florestal do Vale do Rio Doce, MG**. 1992. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

LEITE, J. M. **A otimização dos custos do transporte rodoviário de madeira roliça de oriunda de reflorestamento**. 2002. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LOPES, E. S.; MACHADO, C. C.; SOUZA, A. P.; RIBEIRO, A.A.C.S. Harvesting and wood transport planning with SNAP III program (Scheduling and Network Analysis Program) in a pine plantation in Southeast Brazil. **Arvore**, Viçosa, v. 27, n.6, Nov./Dez., 2003.

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

MACHADO, C. C. **Sistema brasileiro de classificação de estradas de uso florestal (SIBRACEF):** Desenvolvimento e relação com o meio de transporte florestal rodoviário. 1989. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

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

MACHADO, C. C.; LOPES, E. da S. Planejamento. In: MACHADO, C. C. (Ed.). **Colheita Florestal.** Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 169-213.

MACHADO, C. C.; MALINOVSKI, J. R. A planificação da rede rodoviária em reflorestamentos. In: SIMPOSIO SOBRE EXPLORACAO, TRANSPORTE, ERGONOMIA E SEGURANCA EM REFLORESTAMENTOS, 1987, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR/IUFRO, 1987. p.01-13

MALINOVSKI, J. R.; PERDONCINI, W. Estradas de uso florestal. Colégio Florestal de Irati - GTZ, Irati, 1990. 100p.

MALINOVSKI, J. R. et al **Código de prática para estradas de uso florestal.** Otacílio Costa: Malha Viária Logística de Estradas, 2004. (Apostila).

MALINOVSKI, J. R.; FENNER, P. T. **Otimização do transporte de madeira roliça de Pinus spp.** Curitiba: FUPEF/UFPR. 1986, p. 68.

MALINOVSKI, R. A.; MALINOVSKI, J. R. **Evolução dos Sistemas de Colheita de Pinus na Região Sul do Brasil.** Curitiba, PR: FUPEF, 1998.

MARQUES, R. T. **Otimização de um sistema de transporte florestal rodoviário pelo método PERT/CPM.** 1994. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MARQUES, R.; CASTRO, L.G; REIS, R.P. **Custo de produção da cafeicultura orgânica:** estudo de caso. Disponível em <<http://www.coffeebreak.com.br/ocafezal.asp?SE=8&ID=482>>. Acesso em 09 ago. 2010.

MARTINI, E. L., BARBOSA L. N. Planejamento Florestal: A importância e da aplicação da programação linear. IN: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL: 1. **Anais...** Curitiba, 1988. p. 545-74.

McNALLY, J.A. **Truck and trailers and their application to logging operations**. New Brunswic: Faculty of Forestry, 1975. 400p.

MERCEDES BENZ. **Caminhões**. <http://www.mercedes-benz.com.br/pdfs/caminhoes/volante_axor_3344_plataforma.pdf>. Acesso em 04 jul. 2010.

NASCIMENTO, F. R. **Comparação entre um modelo teórico e o real, no investimento em construção de estradas de uso florestal, relacionado com o volume de madeira transportado**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - UNESP, Botucatu – SP.

NOMA DO BRASIL. **Especificações Técnicas do Produto**: Carroceria Florestal + RJ 4 eixos; Bitrem toras 7500 8 fueiros; Tritrem toras 7500 122 fueiros; Rodotrem toras 25 m 16 fueiros.

ONO, T. R.; BOTTER. R.D. Utilizando a logística como elemento integrador na empresa: oportunidades para desenvolvimento de pesquisas e aperfeiçoamento profissional. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, 7, 2005, Vitória, ES. **Anais...** Vitória: SIF, Set., 2005. p 143-151.

PAREDES, G.; SESSIONS, J. A solution method for the transfer yard location problem. **Forest products journal**, Madison, v. 38, n. 3, p. 53-8, 1988.

QUADROS D. S. **Análise econômica de empresas prestadoras de serviço florestal em duas regiões do estado de Santa Catarina**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROBAK, E. W. T. Integrated forest management system (IFMS) designs for north american forest product companies. In: JOINT MEETING OF THE COUNCIL ON FOREST ENGINEERING AND INTERNATIONAL UNION OF FOREST RESEARCH ORGANIZATIONS, 1996, Marquette, Michigan. **Proceedings...** St.

Paul, MN: USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, 1996, p. 246-255.

SAAB SCANIA. **Scania desempenho**. São Paulo: 1985. 27 p.

SALKIN, H. M. **Integer programming - Reading**. Massachusetts: Addison-Wesley, 1975.

SCANIA. **Imagens**. Disponível em:

<http://www.scania.com.br/Images/571_P%20420%20CB6x4SZ%20STD12520090101_144797.pdf
e http://www.scania.com.br/Images/571_P%20420%20CA6x4SZ%20STD_95_20090101_144796.pdf>.

Acesso em 04/07/2010.

SEIXAS, F.; WID EMER, J. A.; Seleção e dimensionamento da frota de veículos rodoviários para o transporte principal de madeira utilizando-se de programação linear não inteira. **IPEF**, Piracicaba, n.46, p.107-118, jan./dez.1993

SEIXAS, F. **Exploração e transporte de Eucalyptus spp**. Piracicaba: IPEF, 1987. 40p.

SEIXAS, F.; CAMILO, D. **Colheita e Transporte Florestal** – Notas de aula – ESALQ – USP – Piracicaba, 2008, 241p.

SESSIONS, J. A heuristic algorithm for the solution of the variable and fixed cost transportation problem. In. SYMPOSIUM ON SYSTEMS ANALYSIS IN FOREST RESOURCES. Athens. 1985. **Proceedings**. Athens, Georgia Center for Continuing Education. 1987. p. 324-36.

SILVEIRA, G.M.; SIERRA, J. G.; Eficiência energética de tratores agrícolas fabricados no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.4, p.418–424, 2010.

SILVERSIDES, A. P. Um estudo de tempo e produção na exploração de povoamentos jovens de Douglas-fir com motosserra e “skidder”. **Árvore**, Viçosa, 1978, p. 1-26.

SILVICONSLT. **Boletim Radar Silviconsult**, Ano 2, Edição 5, Jul.2010.

SOUZA, A.P. et al Estudo técnico-econômico da extração de madeira de eucalipto utilizando o trator florestal transportador (“forwarder”). **Árvore**, Viçosa, v.12, n.2, p. 87-99, 1988.

SOUZA D. O. **Algoritmos genéticos aplicados ao Planejamento do transporte principal de madeira**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

UFRGS - Instituto de Geociências Departamento de Mineralogia e Petrologia Museu Luiz Englert. **Rochas**. Disponível em: <<http://www.museumin.ufrgs.br/ROTextoRochas.htm>>. Acesso em 11 mar. 2010.

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

VOLVO. **Prospecto técnico do produto VOLVO FM 6X4T**. 2010.

WEINTRAUB, A.; GUITART, S.; KOHN, V. Strategic planning in forest industries. **European Journal of Operational Research**, v. 24, p. 152-162, 1986.

WEINTRAUB, A.; JONES, G.; MAGENDZO, A.; MEACHAM, M.; KIRBY, M. A heuristic system to solve mixed integer forest planning models. **Operations Research**, v. 42, n. 6, p. 1010-1024, nov./dez. 1994.

WILLIAMSON, G.; NIEUWENHUIS, M. Integrated timber allocation and transportation planning in Ireland. **Journal of Forest Engineering**, v. 5, n. 1, p. 07-15, jul. 1993.

ZATTA, F. N. ; FREIRE, H. V. L; CASTRO, M. L .; COSER M.B.; ZANQUETTO , H. F. **Custos Indiretos (fixos) versus Receita Operacional Líquida: Um estudo do Setor Elétrico**. 2002. Disponível em: <eco.unne.edu.ar/contabilidad/costos/VIIIcongreso/192.doc>. Acesso em 09/08/2010.

ZIONTS, S. **Linear and integer programming**. New Jersey: Prentice-Hall, 1974.

ANEXO I - Estação de Referência localizada na COPEL em Guarapuava, PR

Anexo I: Estação de Referência localizada na COPEL em Guarapuava, PR.

Receptor GPS TRIMBLE Pathfinder Pro XR de 12 canais; L1 apenas; SNR Mask 4; Elevation Mask 10; PDOP Mask 8; PDOP Switch 8.

Horário Universal de Greenwich. Três (3) horas a mais do que a hora local da região Sul/Sudeste do Brasil, exceto em horário de verão.

Datum: WGS-84

Latitude: 25° 22' 00,49848" S

Longitude: 51° 29' 45,31139" W

Altitude: 1054,1810 m (HAE)

Coordenadas referidas ao centro de fase da antena.

Antena: Compact L1 com Plano de Terra.

Ponto irradiado da estação de referência localizada em Curitiba - PR, pertencente a rede RBMC do IBGE.

Dados disponíveis no formato .SSF, primários no formato .EXE autoexpansível.

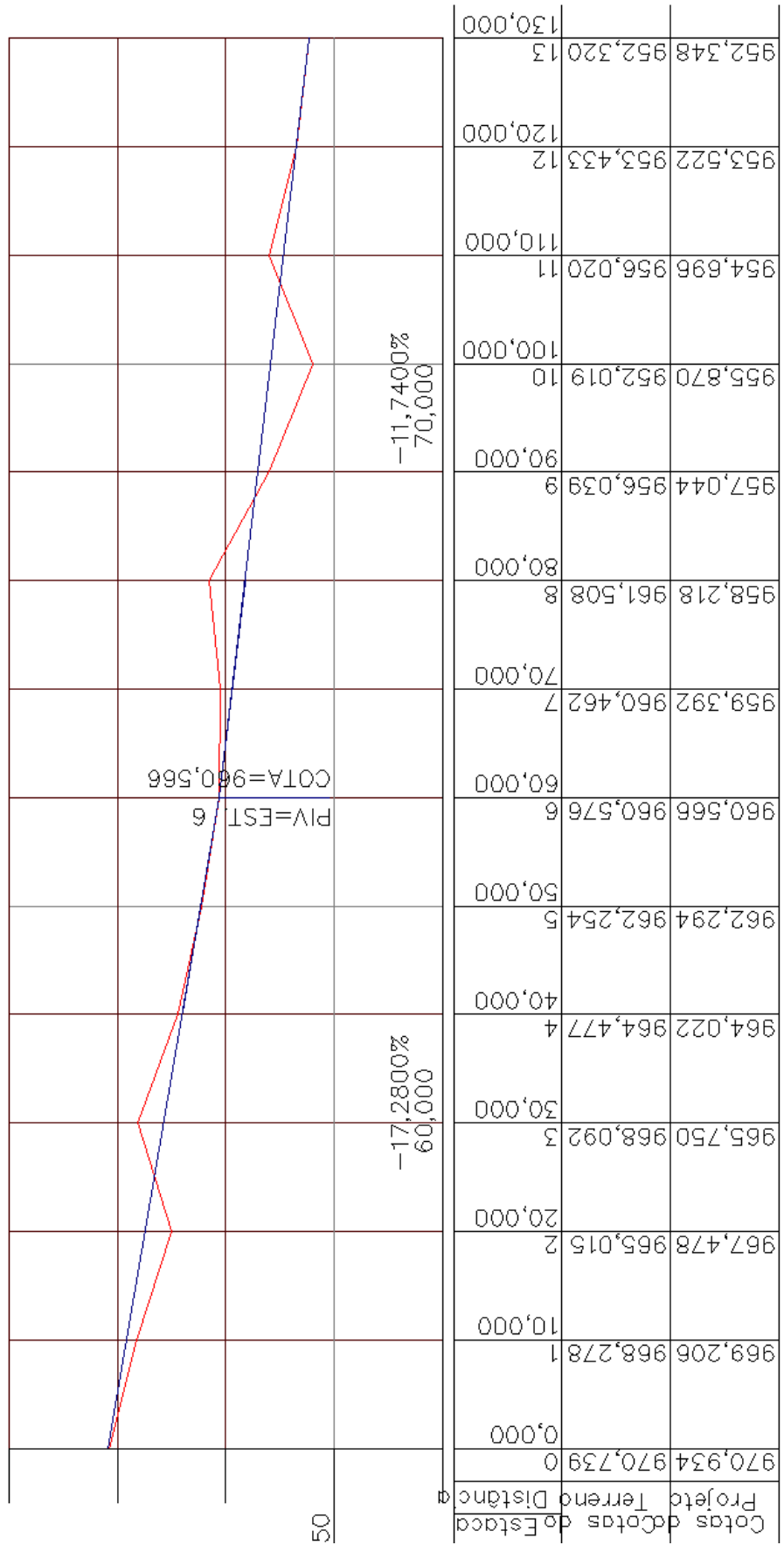
Taxa de Gravação: 05 segundos (Código C/A + fase L1).

Arquivos de 1 hora de rastreo, com a seguinte nomenclatura:

XYMMDDHH.SSF onde: **X** significa que trata-se de um arquivo da estação base de **Guarapuava - PR**; **Y** é o último dígito do ano corrente; **MM** o mês corrente; **DD** o dia corrente e **HH** a hora do dia.

Exemplo: X8030610.SSF é um arquivo contendo 1 hora de observações iniciadas às 10:00 da manhã (horário de Greenwich) do dia 06 de Março de 1998. O programa gera 1 arquivo a cada hora. O tamanho médio dos arquivos primários (.EXE) é de 200K.

ANEXO II - Perfil vertical de um segmento de estrada



50

Cotas do Estaca
Projeto Terreno Distância

ANEXO III - Demonstrativo de cálculo de rampa (i -greide) vencidos pelas CVC conforme o tipo de pavimento

Demonstrativo de cálculo da rampa máxima (i) para a composição Titrem com peso legal válido, em leito natural, para o cenário I.

$$Tr = Tm \times ic \times id \times k = 204 \times 16,41 \times 7,21 \times 0,9 = 21.723 \text{ kgfm}$$

$$FR = (Tm \times ic \times id \times k)/Rd = 21.723/0,55 = 39.713 \text{ kgf}$$

$$Rr = G \times RRs = 74 \times 35 = 2.590 \text{ kg}$$

$$Ri = G \times 1.000 \times i = 74 \times 1.000 \times i = 74.000 \times i$$

$$Fa = \text{considerado } 0$$

$$Fad = P \times \text{C} = 17.000 \times 0,5 = 8.500 \text{ kgf}$$

$$R = Rr + Ri + Fa = 2.590 + 74.000 \times i + 0$$

Como $Fad < FR$, utiliza-se Fad para o cálculo de i

Para que haja movimento a Fad deve ser maior que R então diminui-se 1 e iguala-se as equações:

$$(Fad - 1) = R$$

$$(8.500 - 1) = 2.590 + 74.000 \times i$$

$$i = 5.909/74.000 = 0,08 = 8\%$$

Demonstrativo de cálculo da rampa (i -greide) vencido pelas CVC conforme o tipo de pavimento – Cenário I

| Sigla | Parâmetros Técnicos | Um | Volvo FM 6X4 T - 400 cv - Peso Legal - Cenário I | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|--|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | | | Tritrem | | | Rodotrem | | | Bitrem | | | Romeu e Julieta | | |
| | | | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo |
| G | Peso bruto total combinado | t | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 57 | 57 | 57 |
| Tm | Torque máximo do motor | kgf x m | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| ic | Maior relação de redução na caixa de cambio | | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 |
| id | Relação de redução no eixo traseiro (total) | | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 |
| Rd | Raio dinâmico do pneu do eixo de tração 11 x 22 | m | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| k | Rendimento energético | % | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| V | Velocidade | Km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P | Somatório dos pesos incidentes nos eixos de tração | kg | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 |
| u | Coefficiente de atrito pneu x solo | | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 |
| Tr | Torque na roda | kgfm | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 |
| FR | Força disponível na roda | kgf | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 |
| RRs | Coefficiente de resistência ao rolamento | kg / t | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 |
| Rr | Resistência ao rolamento | kg | 2.590 | 1.332 | 666 | 2.590 | 1.332 | 666 | 2.590 | 1.332 | 666 | 2.590 | 1.332 | 666 |
| i | greide (rampa) | % | 8,0% | 10,8% | 15,2% | 8,0% | 10,8% | 15,2% | 11,4% | 14,6% | 20,0% | 11,4% | 14,6% | 20,0% |
| Ri | Resistência de rampa | kg | 5.909 | 8.017 | 11.233 | 5.909 | 8.017 | 11.233 | 6.504 | 8.323 | 11.386 | 6.504 | 8.323 | 11.386 |
| Ca | Coefficiente aerodinâmico | | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Af | Área frontal | m ² | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 |
| Vv | Velocidade do Vento (+ ou -) | km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| D | Densidade do ar | m ² / s | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Fa | Resistência aerodinâmica | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Fad | Força de aderência - legal | kgf | 8.500 | 9.350 | 11.900 | 8.500 | 9.350 | 11.900 | 8.500 | 9.350 | 11.900 | 8.500 | 9.350 | 11.900 |
| R | Resistência ao movimento | kg | 8.499 | 9.349 | 11.899 | 8.499 | 9.349 | 11.899 | 8.499 | 9.349 | 11.899 | 8.499 | 9.349 | 11.899 |

Demonstrativo de cálculo da rampa (i -greide) vencido pelas CVC conforme o tipo de pavimento – CVC Vazias

| Sigla | Parâmetros Técnicos | Um | Volvo FM 6X4 T - 400 cv - Vazio | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|---------------------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | | | Tritrem | | | Rodotrem | | | Bitrem | | | Romeu e Julieta | | |
| | | | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo |
| G | Tara | t | 25,1 | 25,1 | 25,1 | 26,7 | 26,7 | 26,7 | 20,0 | 20,0 | 20,0 | 20,1 | 20,1 | 20,1 |
| Tm | Torque máximo do motor | kgf x m | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| ic | Maior relação de redução na caixa de cambio | | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 |
| id | Relação de redução no eixo traseiro (total) | | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 |
| Rd | Raio dinâmico do pneu do eixo de tração 11 x 22 | m | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| k | Rendimento energético | % | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| V | Velocidade | Km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P | Somatório dos pesos incidentes nos eixos de tração | kg | 6.095 | 6.095 | 6.095 | 6.580 | 6.580 | 6.580 | 6.095 | 6.095 | 6.095 | 6.970 | 6.970 | 6.970 |
| u | Coefficiente de atrito pneu x solo | | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 |
| Tr | Torque na roda | kgfm | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 |
| FR | Força disponível na roda | kgf | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 |
| RRs | Coefficiente de resistência ao rolamento | kg / t | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 |
| Rr | Resistência ao rolamento | kg | 880 | 452 | 226 | 933 | 480 | 240 | 700 | 360 | 180 | 704 | 362 | 181 |
| i | greide (rampa) | % | 8,6% | 11,5% | 16,1% | 8,8% | 11,8% | 16,4% | 11,7% | 15,0% | 20,4% | 13,8% | 17,3% | 23,4% |
| Ri | Resistência de rampa | kg | 2.167 | 2.899 | 4.040 | 2.356 | 3.138 | 4.365 | 2.347 | 2.991 | 4.086 | 2.781 | 3.471 | 4.697 |
| Ca | Coefficiente aerodinâmico | | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Af | Área frontal | m ² | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 |
| Vv | Velocidade do Vento (+ ou -) | km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| D | Densidade do ar | m ² / s | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Fa | Resistência aerodinâmica | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Fad | Força de aderência - legal | kgf | 3.048 | 3.352 | 4.267 | 3.290 | 3.619 | 4.606 | 3.048 | 3.352 | 4.267 | 3.485 | 3.834 | 4.879 |
| R | Resistência ao movimento | kg | 3.047 | 3.351 | 4.266 | 3.289 | 3.618 | 4.605 | 3.047 | 3.351 | 4.266 | 3.484 | 3.833 | 4.878 |

Demonstrativo de cálculo da rampa (i -greide) vencido pelas CVC conforme o tipo de pavimento – Cenário II

| Sigla | Parâmetros Técnicos | Um | Volvo FM 6X4 T - 400 cv - Peso Legal + Apoio | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|--|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | | | Tritrem | | | Rodotrem | | | Bitrem | | | Romeu e Julieta | | |
| | | | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo |
| G | Peso bruto total combinado | t | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 |
| Tm | Torque máximo do motor | kgf x m | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| ic | Maior relação de redução na caixa de cambio | | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 |
| id | Relação de redução no eixo traseiro (total) | | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 |
| Rd | Raio dinâmico do pneu do eixo de tração 11 x 22 | m | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| k | Rendimento energético | % | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| V | Velocidade | Km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P | Somatório dos pesos incidentes nos eixos de tração | kg | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 |
| u | Coefficiente de atrito pneu x solo | | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 |
| Tr | Torque na roda | kgfm | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 |
| FR | Força disponível na roda | kgf | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 |
| RRs | Coefficiente de resistência ao rolamento | kg / t | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 |
| Rr | Resistência ao rolamento | kg | 2.590 | 1.332 | 666 | 2.590 | 1.332 | 666 | 2.590 | 1.332 | 666 | 2.590 | 1.332 | 666 |
| i | greide (rampa) | % | 23,4% | 26,7% | 15,2% | 23,4% | 26,7% | 15,2% | 23,4% | 26,7% | 15,2% | 23,4% | 26,7% | 15,2% |
| Ri | Resistência de rampa | kg | 17.341 | 19.741 | 11.233 | 17.341 | 19.741 | 11.233 | 17.341 | 19.741 | 11.233 | 17.341 | 19.741 | 11.233 |
| Ca | Coefficiente aerodinâmico | | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Af | Área frontal | m ² | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 |
| Vv | Velocidade do Vento (+ ou -) | km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| D | Densidade do ar | m ² / s | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Fa | Resistência aerodinâmica | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Fad | Força de aderência - Peso legal + Apoio | kgf | 19.932 | 21.074 | 11.900 | 19.932 | 21.074 | 11.900 | 19.932 | 21.074 | 11.900 | 19.932 | 21.074 | 11.900 |
| R | Resistência ao movimento | kg | 19.931 | 21.073 | 11.899 | 19.931 | 21.073 | 11.899 | 19.931 | 21.073 | 11.899 | 19.931 | 21.073 | 11.899 |

Demonstrativo de cálculo da rampa (i -greide) vencido pelas CVC conforme o tipo de pavimento – Cenário IV

| Sigla | Parâmetros Técnicos | Um | Volvo FM 6X4 T - 480 cv | | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|-------------------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | | | Tritrem | | Rodotrem | | Bitrem | | Romeu e Julieta | | |
| | | | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo |
| G | Peso bruto total combinado | t | 74 | 74 | 74 | 74 | 57 | 57 | 57 | 57 | 57 |
| Tm | Torque máximo do motor | kgf x m | 245 | 245 | 245 | 245 | 245 | 245 | 245 | 245 | 245 |
| ic | Maior relação de redução na caixa de cambio | | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 |
| id | Relação de redução no eixo traseiro (total) | | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 |
| Rd | Raio dinâmico do pneu do eixo de tração 11 x 22 | m | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| k | Rendimento energético | % | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| V | Velocidade | Km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P | Somatório dos pesos incidentes nos eixos de tração | kg | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 | 17.000 |
| u | Coefficiente de atrito pneu x solo | | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 |
| Tr | Torque na roda | kgfm | 26.089 | 26.089 | 26.089 | 26.089 | 26.089 | 26.089 | 26.089 | 26.089 | 26.089 |
| FR | Força disponível na roda | kgf | 47.694 | 47.694 | 47.694 | 47.694 | 47.694 | 47.694 | 47.694 | 47.694 | 47.694 |
| RRs | Coefficiente de resistência ao rolamento | kg / t | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 |
| Rr | Resistência ao rolamento | kg | 2.590 | 1.332 | 666 | 2.590 | 1.332 | 666 | 1.995 | 1.026 | 513 |
| i | greide (rampa) | % | 8,0% | 10,8% | 15,2% | 8,0% | 10,8% | 15,2% | 11,4% | 14,6% | 20,0% |
| Ri | Resistência de rampa | kg | 5.909 | 8.017 | 11.233 | 5.909 | 8.017 | 11.233 | 6.504 | 8.323 | 11.386 |
| Ca | Coefficiente aerodinâmico | | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Af | Área frontal | m ² | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 |
| Vv | Velocidade do Vento (+ ou -) | km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| D | Densidade do ar | m ² / s | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Fa | Resistência aerodinâmica | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Fad | Força de aderência - legal | kgf | 8.500 | 9.350 | 11.900 | 8.500 | 9.350 | 11.900 | 8.500 | 9.350 | 11.900 |
| R | Resistência ao movimento | kg | 8.499 | 9.349 | 11.899 | 8.499 | 9.349 | 11.899 | 8.499 | 9.349 | 11.899 |

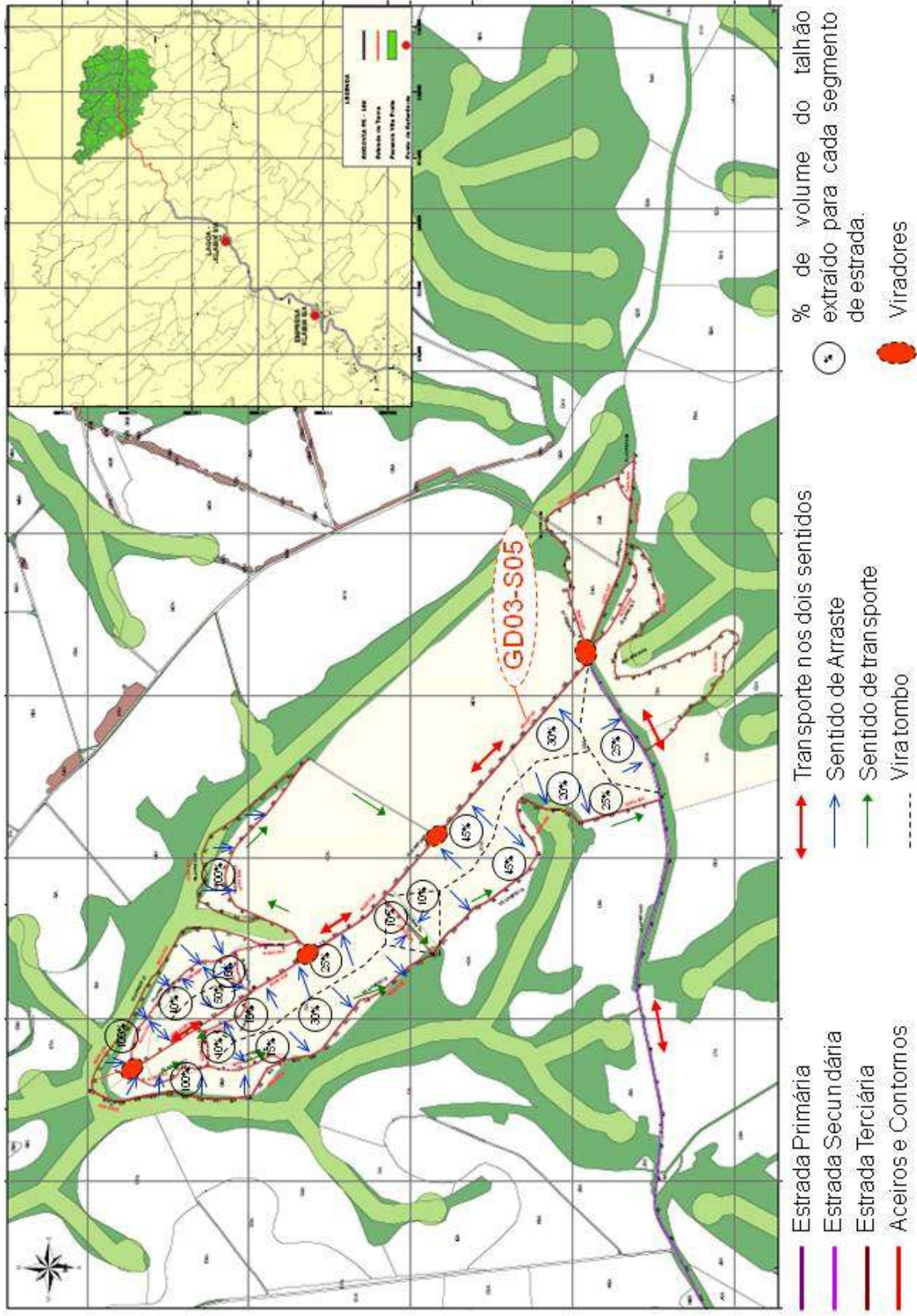
Demonstrativo de cálculo da rampa (i -greide) vencido pelas CVC conforme o tipo de pavimento – Cenário V

| Sigla | Parâmetros Técnicos | Um | Volvo FM 6X4 T - 400 cv - Peso Técnico + Apoio | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--------------------|--|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|---------------|------------------|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|
| | | | Tritrem | | | Rodotrem | | | Bitrem | | | Romeu e Julieta | | |
| | | | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo | Leito natural | Revest. primário | Revest. definitivo |
| G | Peso bruto total combinado | t | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 | 74 |
| Tm | Torque máximo do motor | kgf x m | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 | 204 |
| ic | Maior relação de redução na caixa de cambio | | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 | 16,41 |
| id | Relação de redução no eixo traseiro (total) | | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 | 7,21 |
| Rd | Raio dinâmico do pneu do eixo de tração 11 x 22 | m | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 | 0,55 |
| k | Rendimento energético | % | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| V | Velocidade | Km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P | Somatório dos pesos incidentes nos eixos de tração | kg | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 | 26.000 |
| u | Coefficiente de atrito pneu x solo | | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 | 0,50 | 0,55 | 0,70 |
| Tr | Torque na roda | kgfm | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 | 21.723 |
| FR | Força disponível na roda | kgf | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 | 39.713 |
| RRs | Coefficiente de resistência ao rolamento | kg / t | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 | 35 | 18 | 9 |
| Rr | Resistência ao rolamento | kg | 2.590 | 1.332 | 666 | 2.590 | 1.332 | 666 | 1.995 | 1.026 | 513 | 1.995 | 1.026 | 513 |
| i | greide (rampa) | % | 29,5% | 33,4% | 23,7% | 29,5% | 33,4% | 23,7% | 39,4% | 43,9% | 31,0% | 39,4% | 43,9% | 31,0% |
| Ri | Resistência de rampa | kg | 21.841 | 24.691 | 17.533 | 21.841 | 24.691 | 17.533 | 22.436 | 24.997 | 17.686 | 22.436 | 24.997 | 17.686 |
| Ca | Coefficiente aerodinâmico | | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 | 0,85 |
| Af | Área frontal | m ² | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 | 7,56 |
| Vv | Velocidade do Vento (+ ou -) | km / h | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| D | Densidade do ar | m ² / s | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 | 0,005 |
| Fa | Resistência aerodinâmica | kg | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Fad | Força de aderência - Peso legal + Apoio | kgf | 24.432 | 26.024 | 18.200 | 24.432 | 26.024 | 18.200 | 24.432 | 26.024 | 18.200 | 24.432 | 26.024 | 18.200 |
| R | Resistência ao movimento | kg | 24.431 | 26.023 | 18.199 | 24.431 | 26.023 | 18.199 | 24.431 | 26.023 | 18.199 | 24.431 | 26.023 | 18.199 |

ANEXO IV - Exemplo de Planejamento Operacional – Projeto Vila Preta

Planejamento Operacional – Vila Preta

Planejamento Operacional – Vila Preta



ANEXO V - Custo padrão de adequação de estradas e Tabela de Preços -
Construção e Manutenção Estradas

Base monetária referente a jun/2010

Cálculo do custo padrão de adequação de estradas do grau de dificuldade 8 para o grau de dificuldade 1 válido para o Cenário I

Operações:

- Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água e compactação 8 metros: R\$ 6,60 / m x 1000 m + R\$ 1.137,4 (reajuste de tabela) = R\$ 7.798,13 / km
- Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patrola, 5 metros: R\$ 2,27 / m x 1000 m = R\$ 2.274,00 / km
- Rolo compactador corrugado R\$ 1,11 / m x 1.000 m : R\$ 1.110,00 / km
- Carregamento de cascalho com escavadeira; (SE-CM-CARGMAT): distância média de 20 km, camada de 20 cm: R\$ 10,60 / m x 1000 = R\$ 10.060,00 / km
- Revestimento primário com cascalho, distribuído e compactado R\$ 4,95/m x 1000 m: R\$ 4.905,80 / km
- Transporte de Máquina (R\$ 5,09 / km x 400 km): R\$ 2.036,00 / km

Fator de serpentina do Grau 8 para o grau 1 = 3,2

Custo total da adequação: R\$ 7.798,13 + R\$ 10.060,00 + R\$ 4.905,80 +
 (R\$ 10.060,00 + R\$ 4.905,80 + R\$ 1.110,00 + R\$ 2.274) * 3,2 + R\$ 2.036,00
 = R\$ 83.519,37 / km ou R\$ 83,50 / m

| Preços em metros lineares | |
|---|------------|
| Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patola, 5 metros | R\$ 2,27 |
| Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patola, 6 metros | R\$ 2,73 |
| Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patola, 7 metros | R\$ 3,27 |
| Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patola, 8 metros | R\$ 3,90 |
| Uso Trator de Esteira e Motoniveladora, saídas de água (SE-AE-ABESTPAT) | |
| Reaberura com trator de esteira do leito de estrada com trator esteira 5 metros | R\$ 1,88 |
| Reaberura com trator de esteira do leito de estrada com trator esteira 6 metros | R\$ 2,27 |
| Reaberura com trator de esteira do leito de estrada com trator esteira 7 metros | R\$ 2,73 |
| Reaberura com trator de esteira do leito de estrada com trator esteira 8 metros | R\$ 3,26 |
| Uso de Trator de Esteira | |
| Reaberura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patola, 5 metros | R\$ 2,09 |
| Reaberura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patola, 6 metros | R\$ 2,51 |
| Reaberura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patola, 7 metros | R\$ 3,01 |
| Reaberura e regularização do leito de estrada com saídas de água, trator esteira e patola, 8 metros | R\$ 3,58 |
| Uso Trator de Esteira e Motoniveladora, saídas de água (SE-AE-ABESTEIR) | |
| Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água e compactação; 5 metros | R\$ 3,68 |
| Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água e compactação; 6 metros | R\$ 4,42 |
| Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água e compactação; 7 metros | R\$ 5,31 |
| Abertura e regularização do leito de estrada com saídas de água e compactação; 8 metros | R\$ 6,66 |
| Esteira / Motoniveladora / Rolo Compactador / Pipa (SE-AE-ABESTRAD) | |
| Abertura e regularização do leito de estrada, com saídas de água c/ compactação e destocagem; 5 metros | R\$ 4,82 |
| Abertura e regularização do leito de estrada, com saídas de água c/ compactação e destocagem; 6 metros | R\$ 5,53 |
| Abertura e regularização do leito de estrada, com saídas de água c/ compactação e destocagem; 7 metros | R\$ 6,62 |
| Abertura e regularização do leito de estrada, com saídas de água c/ compactação e destocagem; 8 metros | R\$ 7,98 |
| Esteira / Motoniveladora / Rolo Compactador / Pipa | |
| Abertura e regularização de Estradas com limpezas de saídas de água, trator de esteira, 5 metros | R\$ 2,09 |
| Abertura e regularização de Estradas com limpezas de saídas de água, trator de esteira, 6 metros | R\$ 2,51 |
| Abertura e regularização de Estradas com limpezas de saídas de água, trator de esteira, 7 metros | R\$ 3,01 |
| Abertura e regularização de Estradas com limpezas de saídas de água, trator de esteira, 8 metros | R\$ 3,58 |
| Uso de trator de esteira (SE-AE-ABESTEIR) | |
| Abertura e regularização de Ramal c/ destocagem, trator de esteira, 5 metros | R\$ 2,49 |
| Abertura e regularização de Ramal c/ destocagem, trator de esteira, 6 metros | R\$ 2,87 |
| Abertura e regularização de Ramal c/ destocagem, trator de esteira, 7 metros | R\$ 3,44 |
| Abertura e regularização de Ramal c/ destocagem, trator de esteira, 8 metros | R\$ 4,13 |
| Uso de trator de esteira, para destoca (SE-AE-ARAMAL) | |
| Regularização de Estradas/Divisoras/Ramais com motoniveladora (Acabamento) 5 metros | R\$ 0,37 |
| Regularização de Estradas/Divisoras/Ramais com motoniveladora (Acabamento) 6 metros | R\$ 0,44 |
| Regularização de Estradas/Divisoras/Ramais com motoniveladora (Acabamento) 7 metros | R\$ 0,53 |
| Regularização de Estradas/Divisoras/Ramais com motoniveladora (Acabamento) 8 metros | R\$ 0,63 |
| Uso de motoniveladora (SE-AE-ABPATROL) | |
| Regularização de pista c/ motoniveladora em estradas cascalhadas sendo próprias ou municipais; 5 metros | R\$ 0,38 |
| Regularização de pista c/ motoniveladora em estradas cascalhadas sendo próprias ou municipais; 6 metros | R\$ 0,45 |
| Regularização de pista c/ motoniveladora em estradas cascalhadas sendo próprias ou municipais; 7 metros | R\$ 0,60 |
| Regularização de pista c/ motoniveladora em estradas cascalhadas sendo próprias ou municipais; 8 metros | R\$ 0,74 |
| Abertura e regularização de aceiros com roçadeiras; 5 metros | R\$ 1,18 |
| Abertura e regularização de aceiros com trator de esteira; 5 metros | R\$ 1,27 |
| Reabertura e regularização de aceiros com trator de esteira; 5 metros | R\$ 0,98 |
| Limpeza de aceiros com saída de água e tobogãs, com motoniveladora; 5 metros | R\$ 0,74 |
| Dreno cego (1,0h x 0,50l m) | R\$ 14,02 |
| Dreno revestido com tela de bidin (1,0h x 0,50l) | R\$ 21,44 |
| Construção de bueiros com alas em concreto e diâmetro de 0,40; | R\$ 183,30 |
| Construção de bueiros com alas em concreto e diâmetro de 0,60; | R\$ 288,05 |
| Construção de bueiros com alas em concreto e diâmetro de 0,80; | R\$ 399,84 |
| Construção de bueiros com alas em concreto e diâmetro de 1,00; | R\$ 480,41 |
| Construção de bueiros simples, c/ cabeceira pedra, diâmetro de 0,40; | R\$ 145,15 |
| Construção de bueiros simples, c/ cabeceira pedra, diâmetro de 0,60; | R\$ 229,98 |
| Construção de bueiros simples, c/ cabeceira pedra, diâmetro de 0,80; | R\$ 317,88 |
| Construção de bueiros simples, c/ cabeceira pedra, diâmetro de 1,00; | R\$ 363,95 |
| Sargetas de concreto, diâmetro de 0,40 | R\$ 27,07 |

| Preços em metros quadrados | |
|---|------------|
| Construção de ponte de madeira, 01 a 05 metros (Madeira fornecida pela Klabin) | R\$ 440,33 |
| Construção de ponte de madeira, 06 a 10 metros (Madeira fornecida pela Klabin) | R\$ 762,14 |
| Passagem molhada, com 5 m de largua e cabeceira com no mínimo 5 m de comprimento até 10 metros | R\$ 138,62 |
| Reforma de Pontes, com substituição vigas longitudinais e troca assoalho e bica (Madeira fornecida pela Klabin) até 11 a 20 metros | R\$ 216,59 |
| Reforma de Pontes, com substituição vigas longitudinais e troca assoalho e bica (Madeira fornecida pela Klabin) até 21 metros acima | R\$ 259,91 |
| Reforma de Pontes, com substituição toras transversais, bica e guard-raid (Madeira Fornecida pela Klabin) | R\$ 146,20 |
| Preços em metros cúbicos | |
| Corte de talude para alargamento de pista s/transporte e sem rocha | R\$ 3,03 |
| Execução de aterros compactados com camadas de 0,50 m de espessura | R\$ 3,22 |
| Revestimento primário com cascalho, distribuído e compactado | R\$ 4,91 |
| Revestimento primário com cascalho, distribuído s/ compactação | R\$ 4,15 |
| Decapagem de cascalheira e remoção do material | R\$ 6,32 |
| Escavação de cascalho com trator de esteira ou escavadeira; (SE-SC-ESCCASC) | R\$ 2,06 |
| Escavação e carregamento de cascalho com escavadeira; (SE-CM-CARRESC) | R\$ 3,75 |
| Carregamento de cascalho com escavadeira; (SE-CM-CARGMAT) | R\$ 2,00 |
| Carregamento de cascalho com pá-carregadeira; | R\$ 2,00 |
| Detonação de material pétreo | R\$ 6,68 |
| Preço por hora | |
| Pá-carregadeira; (SE-CM-CARREGAD) | R\$ 107,17 |
| Retroescavadeira; (SE-AE-RETROESC) | R\$ 69,21 |
| Escavadeira Hidráulica; (SE-AE-ESCHIDRA) | R\$ 157,38 |
| Escavadeira Hidráulica; (SE-AE-ESCHIDRA) Tipo VOLVO 140 ou CAT 312 | R\$ 134,61 |
| Trator de esteira com potência tipo CAT D5 ou KOMATSU D50; (SE-AE-ESTEIRA) | R\$ 134,60 |
| Trator de esteira com potência tipo CAT D6 ou KOMATSU D65; | R\$ 164,50 |
| Motoniveladora; (SE-AE-MOTNIVEL) | R\$ 121,18 |
| Rolo compactador liso; (SE-AE-ROLOCOMP) | R\$ 71,84 |
| Rolo compactador corrugado; | R\$ 73,99 |
| Caminhão Pipa (SE-TM-PIPAHORA) | R\$ 70,39 |
| Serviços Braçais (hora / homem) (SE-ME-SERVBRAC) | R\$ 9,42 |
| Serviços Técnico (topografo, tecnico, com enfase em estradas) (homem / hora) | R\$ 66,80 |
| Serviços Engenheiro Civil (Com enfase em estradas) (homem/ hora) | R\$ 97,63 |
| Preço por Km rodado | |
| Caminhão basculante 6x4; (SE-DM-BASC6X4) | R\$ 4,22 |
| Caminhão Pipa (SE-TM-PIPAKM) | R\$ 3,41 |
| Caminhão prancha p/ transporte de máquinas; (SE-FM-PRANCHA) | R\$ 5,09 |
| Caminhão Grua / Munck (SE-FM-CAMGRUA) | R\$ 4,06 |
| Pick-up (Serviços diversos) Instalação e substituição de placas / limpezas (SE-TM-PICK-UP) | R\$ 1,49 |
| Transporte de maquina com caçamba (SE-FM-BASC6X4) | R\$ 4,22 |
| Preços por unidade | |
| Execução de caixas de contenção | R\$ 68,23 |
| Escavação da caixa para depósito sólidos / água (SE-DE-CONCXCON) | |
| Construção de tobogãs (Camalhão) (7,0 l x 2,0 c x 0,40 h) | R\$ 161,48 |
| Lombada para diminuir a velocidade da água (SE-DE-CAMALHAO) | |
| Construção de mata-burro (3,50 l x 2,50 c) (Madeira fornecida pela Klabin) | R\$ 426,41 |
| Construção de bigodes com retroescavadeira (SE-DE-CONSAIDA) | R\$ 47,11 |

ANEXO VI - Dados das CVC, premissas operacionais e cálculo do frete

Dados das CVCs utilizadas no cálculo do frete – Cenários I, II e V

| Informações Técnicas | UM | Valores Comuns | Impostos | CVC | | | |
|--|----------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| | | | | TT | RD | BT | J |
| Cavalo Mecânico | Marca | | | Volvo | Volvo | Volvo | Volvo |
| | Modelo | | | FM6X4T | FM6X4T | FM6X4 T | FM6X4 T |
| | Potência | | | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | R\$ | | | 350.000 | 350.000 | 350.000 | 350.000 |
| | t | | | 9,05 | 9,05 | 9,05 | 9,05 |
| Implementos | Marca | | Preço sem ICMS | Noma | Noma | Noma | Noma |
| | Modelo | | | Florestal | Florestal | Floresta I | Floresta I |
| | R\$ | | | 188.602 | 130.000 | 111.886 | 80.392 |
| | t | | | 16,09 | 17,61 | 10,95 | 11,05 |
| PBTC | t | | | 74,00 | 74,00 | 57,00 | 57,00 |
| Tara | t | | | 25,14 | 26,66 | 20,00 | 20,10 |
| Peso Líquido - legal | t | | | 48,87 | 47,34 | 37,01 | 36,90 |
| Custo total de aquisição COM pneus, entregue, com impostos | R\$ | | | 538.602 | 480.000 | 461.886 | 430.392 |
| Custo total de aquisição SEM pneus (item de desgaste) | R\$ | | | 491.342 | 432.740 | 425.746 | 394.252 |
| ICMS incluso no preço do caminhão | | | | - | - | - | - |
| Quilometragem inicial (km) | km | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Valor residual após período de propriedade | | | | 72% | 72% | 72% | 72% |
| Vida útil (meses) | meses | 36 | | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Vida útil (km) - o que completar antes | km | | | 258.332 | 256.063 | 263.229 | 265.922 |
| IPVA (% ao ano - cavalo apenas) | % | | 1,5% | 5.250 | 5.250 | 5.250 | 5.250 |
| Licenciamento anual + seguro obrigatório (responsabilidade civil) + Licenças especiais de trânsito (R\$/ano) | R\$/ano | 2.000 | | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Seguro do casco (% do total) | % | | 1,5% | 8.079 | 7.200 | 6.928 | 6.456 |
| Período de depreciação fiscal | meses | 60 | | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Valor anual do Investimento (para cálculo de seguro e IPVA) | | | | | | | |
| | 1 | 100,0% | | 538.602 | 480.000 | 461.886 | 430.392 |
| | 2 | 96,9% | | 522.109 | 465.301 | 447.741 | 417.212 |
| | 3 | 93,9% | | 505.615 | 450.602 | 433.597 | 404.032 |
| | 4 | 90,8% | | 489.121 | 435.903 | 419.452 | 390.852 |
| | 5 | 87,8% | | 472.627 | 421.203 | 405.308 | 377.672 |
| | 6 | 84,7% | | 456.134 | 406.504 | 391.164 | 364.492 |
| | 7 | 81,6% | | 439.640 | 391.805 | 377.019 | 351.312 |
| | 8 | 78,6% | | 423.146 | 377.106 | 362.875 | 338.132 |
| | 9 | 75,5% | | 406.652 | 362.407 | 348.730 | 324.952 |
| | 10 | 72,4% | | 390.159 | 347.708 | 334.586 | 311.772 |
| | 11 | 72,4% | | 390.159 | 347.708 | 334.586 | 311.772 |

Base monetária referente a jun/2010

Dados das CVCs utilizadas no cálculo do frete – Cenários I, II e V

| Informações Técnicas | UM | Valores Comuns | Impostos | CVC | | | |
|--|--------|----------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | TT | RD | BT | RJ |
| Pneus | | | | | | | |
| Cavalo Mecânico – Direção | Unid | | | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Cavalo Mecânico – Tração | Unid. | | | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Implemento | Unid. | | | 24 | 24 | 16 | 16 |
| Total | Unid. | | | 34 | 34 | 26 | 26 |
| Preço Unitário + Câmara e acessórios | R\$ | 1.390 | 17% | 1.390 | 1.390 | 1.390 | 1.390 |
| Recapagens | Unid. | 1,5 | | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Custo recapagem | R\$ | 490,0 | 17% | 490 | 490 | 490 | 490 |
| Primeira Vida Útil - Cavalo – Asfalto | km | 50.000 | | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| Primeira Vida Útil - Implemento – Asfalto | km | 70.000 | | 70.000 | 70.000 | 70.000 | 70.000 |
| Vida útil recapagem - Cavalo – Asfalto | km | 25.000 | | 25.000 | 25.000 | 25.000 | 25.000 |
| Vida útil recapagem - Implemento – Asfalto | km | 50.000 | | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| Primeira Vida Útil - Cavalo - Terra/cascalho | km | 25.000 | | 25.000 | 25.000 | 25.000 | 25.000 |
| Primeira Vida Útil - Implemento - Terra/cascalho | km | 40.000 | | 40.000 | 40.000 | 40.000 | 40.000 |
| Vida útil recapagem - Cavalo - Terra/cascalho | km | 15.000 | | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| Vida útil recapagem - Implemento - Terra/cascalho | km | 30.000 | | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 |
| Custo de Pneus - Cavalo – Asfalto | R\$/km | | | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| Custo de Pneus - Implemento – Asfalto | R\$/km | | | 0,35 | 0,35 | 0,23 | 0,23 |
| Custo de Pneus - Cavalo - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| Custo de Pneus - Implemento - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,60 | 0,60 | 0,40 | 0,40 |
| Custo específico – Asfalto | R\$/km | | | 0,52 | 0,52 | 0,40 | 0,40 |
| Custo específico - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,91 | 0,91 | 0,71 | 0,71 |
| Combustível e Lubrificantes | | | | | | | |
| Custo do diesel (litro) | R\$/l | 1,90 | 17% | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,90 |
| Consumo, ida e retorno – Asfalto | km/l | | | 1,20 | 1,20 | 1,29 | 1,29 |
| Consumo, ida e retorno – Terra | km/l | | | 1,05 | 1,05 | 1,10 | 1,10 |
| Combustível - Custo específico – Asfalto | R\$/km | | | 1,58 | 1,58 | 1,47 | 1,47 |
| Combustível - Custo específico – Terra | R\$/km | | | 1,81 | 1,81 | 1,73 | 1,73 |
| Óleo do Motor | R\$/l | | | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Capacidade do cárter | l | | | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 35,0 |
| Remonte (consumo entre trocas) % em relação ao combustível | % | | | 40% | 40% | 40% | 40% |
| Intervalo entre trocas | km | | | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| Óleo do Motor - Custo específico – Asfalto | R\$/km | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Óleo do Motor - Custo específico – Terra | R\$/km | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Óleo Transmissão - Custo do óleo | R\$/l | | | 6 | 6 | 6 | 6 |
| capacidade da caixa | l | | | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Capacidade no cubo do eixo | l | | | - | - | - | - |
| Intervalo entre trocas | km | | | 60.000 | 60.000 | 60.000 | 60.000 |
| Óleo Transmissão - Custo específico – Asfalto | R\$/km | | | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Óleo Transmissão - Custo específico – Terra | R\$/km | | | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Lavagem e Lubrificação | R\$ | | | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Intervalo entre operações – Asfalto | km | | | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| Intervalo entre operações – Terra | km | | | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| Lavagem e Lubrificação - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| Lavagem e Lubrificação - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 0,067 | 0,067 | 0,067 | 0,067 |

Premissas operacionais e impostos adotadas para o cálculo do frete: Cenários I, II e V

| Premissas Operacionais | UM | Valores Comuns | CVC | | | |
|---|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | TT | RD | BT | RJ |
| Jornada de Trabalho | | | | | | |
| Turnos | Unit. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Dias/ano | dias | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 |
| Motoristas/caminhão + Reserva | Unit. | | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| Jornada de Trabalho | h/dia | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Horas extras/dia | h | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Intervalo/refeição | h/tur/dia | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Horas disponíveis/mês | h | | 608 | 608 | 608 | 608 |
| Eficiência Operacional | | | | | | |
| Disponibilidade Mecânica | % | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% |
| Disponibilidade Operacional | % | 84% | 84% | 84% | 84% | 84% |
| Eficiência Operacional | % | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% |
| Custo de mão-de-obra | | | | | | |
| Salário Motorista | R\$/mês | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 |
| Encargos | % | 91% | 91% | 91% | 91% | 91% |
| Custo mensal/motorista | R\$/mês | 3.435 | 3.435 | 3.435 | 3.435 | 3.435 |
| Custos Administrativos | | | | | | |
| Supervisor Contador + Secretária + Aluguel + Outros | R\$/mês | 14.000 | | | | |
| Frota média | | 15 | | | | |
| Custo Adm. Unitário | | | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Percurso médio | | | | | | |
| | km | | | | | |
| Asfalto | % | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| Terra | % | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| Manutenção | | | | | | |
| Valor aquisição Veículo Original | R\$ | 338.250 | 338.250 | 338.250 | 338.250 | 338.250 |
| Mercedes Benz Axor 3340 K 6x4 + Tritrem Cana | R\$ | 120.000 | 120.000 | 120.000 | 120.000 | 120.000 |
| | R\$ | 458.250 | 458.250 | 458.250 | 458.250 | 458.250 |
| Equação original | b0 | 0,41450 | 0,4145010 | 0,4145010 | 0,4145010 | 0,4145010 |
| | b1 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 |
| Equação original - menos pneus (0,4145010) | b0 | - | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 |
| Fator de correção para o Veículo atual | | | 1,18 | 1,05 | 1,01 | 0,94 |
| Equação corrigida para o Veículo atual | b0 | | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | | 0,0000021 | 0,0000019 | 0,0000018 | 0,0000017 |
| Fator de correção de Manutenção para o revestimento primário | | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 |
| Asfalto | % | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| Adicional de Manutenção no revestimento primário | % | 40% | 40% | 40% | 40% | 40% |
| Equação corrigida para o Veículo atual no revestimento primário | b0 | | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | | 0,0000024 | 0,0000021 | 0,0000020 | 0,0000019 |
| Custo Médio de Manutenção | R\$/km | | 0,305 | 0,278 | 0,263 | 0,244 |
| Custo Final de Manutenção | R\$/km | | 0,609 | 0,556 | 0,527 | 0,489 |
| Impostos | | | | | | |
| ISS | % | 2,00% | 2,00% | 2,00% | 2,00% | 2,00% |
| ICMS | % | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| PIS/COFINS | % | 4,75% | 4,75% | 4,75% | 4,75% | 4,75% |
| CSLL | % | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% |
| IR | % | 25,00% | 25,00% | 25,00% | 25,00% | 25,00% |
| Lucro | | | | | | |
| Sobre Custo Fixo + Variável | % | 8,00% | | | | |

Base monetária referente a jun/2010

Cálculo do custo do frete para a CVC Tritrem no Cenário 1 para uma distância média de 50,0 km, com base em valores monetários de junho de 2010.

Custo Fixo Mensal (CF) em R\$/mês:

$$\text{Mão-de-obra: (Mo)} = 3.435 \times 3,6 = \text{R\$ } 12.278,6$$

$$\text{Depreciação (De)} = (491.342 - 491.342 \times 0,72)/36 = \text{R\$ } 3.761,6$$

$$\text{Seguro-Licenciamento (SL)} = (5.250 + 2000 + 8.079)/12 = \text{R\$ } 1.277,42$$

$$\text{Custos Administrativos (CA)} = \text{R\$ } 933,33$$

$$\text{Custo de Capital \% aa (Cfn)} = (491.342 \times 0,08)/12 =$$

$$= \text{R\$ } 3.275,62$$

$$\text{Sub-total CF} = \text{Mo} + \text{De} + \text{SL} + \text{Cfn} + \text{CA} = \text{R\$ } 21.526,63$$

Custo Variável Mensal (CV) para 12,5 km, em R\$/mês

$$\text{Pneus (Pn)} = 0,52 \times 5.126 + 0,91 \times 2.220 = \text{R\$ } 4.672,64$$

$$\text{Diesel (Comb)} = 1,47 \times 5.126 + 1,73 \times 2.220 = \text{R\$ } 11.383,82$$

$$\text{Lubrificantes (Lub)} = 5.126 \times (0,01 + 0,002) + 2.220 \times (0,01 + 0,002) = \\ = \text{R\$ } 101,12$$

$$\text{Lavagem (Lv)} = 5.126 \times 0,05 + 2.220 \times 0,067 = \text{R\$ } 404,27$$

$$\text{Manutenção (Man)} = 7.346,85 \times 0,306 = \text{R\$ } 2.389,80$$

$$\text{Sub-total CV} = \text{Pn} + \text{Comb} + \text{Lub} + \text{Lv} + \text{Man} = \text{R\$ } 18.951,66$$

$$\text{CF} + \text{CV} = \text{R\$ } 40.478,28 / \text{mês}$$

$$\text{Lucro (8\%)} = \text{R\$ } 3.238,26 / \text{mês}$$

$$\text{Sub-total (CF} + \text{CV} + \text{Lucro)} = \text{R\$ } 43.716,55 / \text{mês}$$

Impostos R\$/mês

$$\text{ICMS (diferido 0\%)} = \text{R\$ } 0$$

$$\text{CSLL (9\%)} = 3.238,26 \times 0,09 = \text{R\$ } 291,44$$

$$\text{IR (25\%)} = 3.238,26 \times 0,25 = \text{R\$ } 809,57$$

$$\text{PIS/COFINS (4,75\%)} = ((43.716,55 + 809,57 + 291,44)/1 - 0,0475) - \\ (43.716,55 + 809,57 + 291,44) = \text{R\$ } 2.235,00$$

$$\text{ISS (2,00\%)} = ((43.716,55 + 809,57 + 291,44) / 1 - 0,02) - (43.716,55 + 809,57 + 291,44) = \text{R\$ } 914,64$$

$$\text{Custo total} = \text{R\$ } 47.967,20 / \text{mês}$$

$$\text{Produção} = 4.487 \text{ t} / \text{mês}$$

$$\text{Custo/t} = 47.967,20 / 4.487 = \text{R\$ } 10,69 / \text{t}$$

Dados das CVCs utilizadas no cálculo do frete – Cenário III

| Informações Técnicas | UM | Valores Comuns | Impostos | CVC | | | |
|--|----------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| | | | | TT | RD | BT | RJ |
| Cavalo Mecânico | Marca | | | Volvo | Volvo | Volvo | Volvo |
| | Modelo | | | FM6X4T | FM6X4T | FM6X4 T | FM6X4 T |
| | Potência | | | 400 | 400 | 400 | 400 |
| | R\$ | | | 350.000 | 350.000 | 350.000 | 350.000 |
| | t | | | 9,05 | 9,05 | 9,05 | 9,05 |
| Implementos | Marca | | Preço sem ICMS | Noma | Noma | Noma | Noma |
| | Modelo | | | Florestal | Florestal | Floresta I | Floresta I |
| | R\$ | | | 188.602 | 130.000 | 111.886 | 80.392 |
| | t | | | 16,09 | 17,61 | 10,95 | 11,05 |
| PBTC | t | | | 74,00 | 74,00 | 57,00 | 57,00 |
| Tara | t | | | 25,14 | 26,66 | 20,00 | 20,10 |
| Peso líquido - legal | t | | | 48,87 | 47,34 | 37,01 | 36,90 |
| Custo total de aquisição COM pneus, entregue, com impostos | R\$ | | | 538.602 | 480.000 | 461.886 | 430.392 |
| Custo total de aquisição SEM pneus (item de desgaste) | R\$ | | | 491.342 | 432.740 | 425.746 | 394.252 |
| ICMS incluso no preço do caminhão | | | | - | - | - | - |
| Quilometragem inicial (km) | km | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Valor residual após período de propriedade | | | | 72% | 72% | 72% | 72% |
| Vida útil (meses) | meses | 36 | | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Vida útil (km) - o que completar antes | km | | | 258.332 | 256.063 | 263.229 | 265.922 |
| IPVA (% ao ano - cavalo apenas) | % | | 1,5% | 5.250 | 5.250 | 5.250 | 5.250 |
| Licenciamento anual + seguro obrigatório (responsabilidade civil) + Licenças especiais de trânsito (R\$/ano) | R\$/ano | 2.000 | | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Seguro do casco (% do total) | % | | 1,5% | 8.079 | 7.200 | 6.928 | 6.456 |
| Período de depreciação fiscal | meses | 60 | | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Valor anual do Investimento (para cálculo de seguro e IPVA) | | | | | | | |
| | 1 | 100,0% | | 538.602 | 480.000 | 461.886 | 430.392 |
| | 2 | 96,9% | | 522.109 | 465.301 | 447.741 | 417.212 |
| | 3 | 93,9% | | 505.615 | 450.602 | 433.597 | 404.032 |
| | 4 | 90,8% | | 489.121 | 435.903 | 419.452 | 390.852 |
| | 5 | 87,8% | | 472.627 | 421.203 | 405.308 | 377.672 |
| | 6 | 84,7% | | 456.134 | 406.504 | 391.164 | 364.492 |
| | 7 | 81,6% | | 439.640 | 391.805 | 377.019 | 351.312 |
| | 8 | 78,6% | | 423.146 | 377.106 | 362.875 | 338.132 |
| | 9 | 75,5% | | 406.652 | 362.407 | 348.730 | 324.952 |
| | 10 | 72,4% | | 390.159 | 347.708 | 334.586 | 311.772 |
| | 11 | 72,4% | | 390.159 | 347.708 | 334.586 | 311.772 |

Base monetária referente a jun/2010

Dados das CVCs utilizadas no cálculo do frete – Cenário III

| Informações Técnicas | UM | Valores Comuns | Impostos | CVC | | | |
|--|--------|-------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | TT | RD | BT | RJ |
| Pneus | | | | | | | |
| Cavalo Mecânico - Direção | Unid. | | | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Cavalo Mecânico - Tração | Unid. | | | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Implemento | Unid. | | | 24 | 24 | 16 | 16 |
| Total | Unid. | | | 34 | 34 | 26 | 26 |
| Preço Unitário + Câmara e acessórios | R\$ | 1.390 | 17% | 1.390 | 1.390 | 1.390 | 1.390 |
| Recapagens | Unid. | 1,5 | | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Custo recapagem | R\$ | 539 | 17% | 539 | 539 | 539 | 539 |
| Primeira Vida Útil - Cavalo - Asfalto | km | 55.000 | | 55.000 | 55.000 | 55.000 | 55.000 |
| Primeira Vida Útil - Implemento - Asfalto | km | 77.000 | | 77.000 | 77.000 | 77.000 | 77.000 |
| Vida útil recapagem - Cavalo - Asfalto | km | 27.500 | | 27.500 | 27.500 | 27.500 | 27.500 |
| Vida útil recapagem - Implemento - Asfalto | km | 55.000 | | 55.000 | 55.000 | 55.000 | 55.000 |
| Primeira Vida Útil - Cavalo - Terra/cascalho | km | 27.500 | | 27.500 | 27.500 | 27.500 | 27.500 |
| Primeira Vida Útil - Implemento - Terra/cascalho | km | 44.000 | | 44.000 | 44.000 | 44.000 | 44.000 |
| Vida útil recapagem - Cavalo - Terra/cascalho | km | 16.500 | | 16.500 | 16.500 | 16.500 | 16.500 |
| Vida útil recapagem - Implemento - Terra/cascalho | km | 33.000 | | 33.000 | 33.000 | 33.000 | 33.000 |
| Custo de Pneus - Cavalo - Asfalto | R\$/km | | | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Custo de Pneus - Implemento - Asfalto | R\$/km | | | 0,33 | 0,33 | 0,22 | 0,22 |
| Custo de Pneus - Cavalo - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,29 | 0,29 | 0,29 | 0,29 |
| Custo de Pneus - Implemento - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,56 | 0,56 | 0,38 | 0,38 |
| Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,48 | 0,48 | 0,37 | 0,37 |
| Custo específico - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,85 | 0,85 | 0,67 | 0,67 |
| Combustível e Lubrificantes | | | | | | | |
| Custo do diesel (litro) | R\$/l | 1,90 | 17% | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,90 |
| Consumo, ida e retorno - Asfalto | km/l | | | 1,20 | 1,20 | 1,29 | 1,29 |
| Consumo, ida e retorno - Terra | km/l | | | 1,10 | 1,10 | 1,16 | 1,16 |
| Combustível - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 1,58 | 1,58 | 1,47 | 1,47 |
| Combustível - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 1,72 | 1,72 | 1,65 | 1,65 |
| Óleo do Motor | R\$/l | | | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Capacidade do cárter | l | | | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 35,0 |
| Remonte (consumo entre trocas) % em relação ao combustível | % | | | 40% | 40% | 40% | 40% |
| Intervalo entre trocas | km | | | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| Óleo do Motor - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Óleo do Motor - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Óleo Transmissão - Custo do óleo | R\$/l | | | 6 | 6 | 6 | 6 |
| capacidade da caixa | l | | | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Capacidade no cubo do eixo | l | | | - | - | - | - |
| Intervalo entre trocas | km | | | 60.000 | 60.000 | 60.000 | 60.000 |
| Óleo Transmissão - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Óleo Transmissão - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Lavagem e Lubrificação | R\$ | | | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Intervalo entre operações - Asfalto | km | | | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| Intervalo entre operações - Terra | km | | | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| Lavagem e Lubrificação - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| Lavagem e Lubrificação - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 0,067 | 0,067 | 0,067 | 0,067 |

Base monetária referente a jun/2010

Premissas operacionais e impostos adotadas para o cálculo do frete: Cenário III

| Premissas Operacionais | UM | Valores Comuns | CVC | | | |
|--|-------------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | TT | RD | BT | RJ |
| Costo de Trabalho | | | | | | |
| Costo | Unit. dias | 2 365 | 2 365 | 2 365 | 2 365 | 2 365 |
| Costos/caminhão + Reserva | Unit. h/dia | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Costos extras/dia | h | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Costo/refeição | h/tur/dia | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Costos disponíveis/mês | h | | 608 | 608 | 608 | 608 |
| Capacidade Operacional | | | | | | |
| Capacidade Mecânica | % | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% |
| Capacidade Operacional | % | 84% | 84% | 84% | 84% | 84% |
| Capacidade Operacional | % | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% |
| Costos de mão-de-obra | | | | | | |
| Motorista | R\$/mês | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 |
| Costos | % | 91% | 91% | 91% | 91% | 91% |
| Costo mensal/motorista | R\$/mês | 3.435 | 3.435 | 3.435 | 3.435 | 3.435 |
| Administrativos | | | | | | |
| Costo motorista + Contador + Secret. + Aluguel /Outros | R\$/mês | 14.000 | | | | |
| Costo médio | | 15 | | | | |
| Costo médio | km | | 933 | 933 | 933 | 933 |
| | % | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| | % | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| Manutenção | | | | | | |
| Costo aquisição Veículo Original | R\$ | 338.250 | 338.250 | 338.250 | 338.250 | 338.250 |
| Costos Benz Axor 3340 K 6x4 + Tritrem Cana | R\$ | 120.000 | 120.000 | 120.000 | 120.000 | 120.000 |
| | R\$ | 458.250 | 458.250 | 458.250 | 458.250 | 458.250 |
| Costo original | b0 | 0,4145010 | 0,4145010 | 0,4145010 | 0,4145010 | 0,4145010 |
| | b1 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 |
| Costo original - menos pneus (0,4145010) | b0 | - | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 |
| Costo correção para o Veículo atual | | | 1,18 | 1,05 | 1,01 | 0,94 |
| Costo corrigida para o Veículo atual | b0 | | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | | 0,0000021 | 0,0000019 | 0,0000018 | 0,0000017 |
| Costo correção de Manutenção para o revestimento | | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 |
| | % | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| Costo de Manutenção no revestimento primário | % | 40% | 40% | 40% | 40% | 40% |
| Costo corrigida para o Veículo atual no revestimento | b0 | | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | | 0,0000024 | 0,0000021 | 0,0000020 | 0,0000019 |
| Costo médio de Manutenção | R\$/km | | 0,292 | 0,258 | 0,255 | 0,240 |
| Costo final de Manutenção | R\$/km | | 0,584 | 0,521 | 0,501 | 0,467 |
| Costos | | | | | | |
| | % | 2,00% | 2,00% | 2,00% | 2,00% | 2,00% |
| | % | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| FINS | % | 4,75% | 4,75% | 4,75% | 4,75% | 4,75% |
| | % | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% |
| | % | 25,00% | 25,00% | 25,00% | 25,00% | 25,00% |
| Costo Fixo + Variável | % | 8,00% | | | | |

Base monetária referente a jun/2010

Dados das CVCs utilizadas no cálculo do frete – Cenário IV

| Informações Técnicas | UM | Valores Comuns | Impostos | CVC | | | |
|--|---|-------------------|----------------------|---|---|---|---|
| | | | | TT | RD | BT | RJ |
| Cavalo Mecânico | Marca Modelo Potência R\$ t | | | Volvo FM6X4T 400 380.000 9,05 | Volvo FM6X4T 400 380.000 9,05 | Volvo FM6X4T 400 380.000 9,05 | Volvo FM6X4T 400 380.000 9,05 |
| Implementos | Marca Modelo R\$ t | | Preço sem ICMS | Noma Florestal 188.602 16,09 | Noma Florestal 130.000 17,61 | Noma Florestal 111.886 10,95 | Noma Florestal 80.392 11,05 |
| PBTC | t | | | 74,00 | 74,00 | 57,00 | 57,00 |
| Tara | t | | | 25,14 | 26,66 | 20,00 | 20,10 |
| Peso líquido - legal | t | | | 48,87 | 47,34 | 37,01 | 36,90 |
| Custo total de aquisição COM pneus, entregue, com impostos | R\$ | | | 568.602 | 510.000 | 491.886 | 460.392 |
| Custo total de aquisição SEM pneus (item de desgaste) | R\$ | | | 521.342 | 462.740 | 455.746 | 424.252 |
| ICMS incluso no preço do caminhão | | | | 64.600 | 64.600 | 64.600 | 64.600 |
| Quilometragem inicial (km) | km | | | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Valor residual após período de propriedade | | | | 72% | 72% | 72% | 72% |
| Vida útil (meses) | meses | 36 | | 36 | 36 | 36 | 36 |
| Vida útil (km) - o que completar antes | km | | | 263.991 | 261.734 | 268.740 | 271.534 |
| IPVA (% ao ano - cavalo apenas) | % | | 1,5% | 5.700 | 5.700 | 5.700 | 5.700 |
| Licenciamento anual + seguro obrigatório (responsabilidade civil) + Licenças especiais de trânsito (R\$/ano) | R\$/ano | 2.000 | | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 |
| Seguro do casco (% do total) | % | | 1,5% | 8.529 | 7.650 | 7.378 | 6.906 |
| Período de depreciação fiscal | meses | 60 | | 60 | 60 | 60 | 60 |
| Valor anual do Investimento (para cálculo de seguro e IPVA) | | | | | | | |
| | 1 | 100,0% | | 568.602 | 510.000 | 491.886 | 460.392 |
| | 2 | 96,9% | | 551.190 | 494.382 | 476.823 | 446.293 |
| | 3 | 93,9% | | 533.778 | 478.764 | 461.760 | 432.194 |
| | 4 | 90,8% | | 516.365 | 463.146 | 446.696 | 418.095 |
| | 5 | 87,8% | | 498.953 | 447.529 | 431.633 | 403.997 |
| | 6 | 84,7% | | 481.540 | 431.911 | 416.570 | 389.898 |
| | 7 | 81,6% | | 464.128 | 416.293 | 401.507 | 375.799 |
| | 8 | 78,6% | | 446.715 | 400.675 | 386.444 | 361.701 |
| | 9 | 75,5% | | 429.303 | 385.057 | 371.381 | 347.602 |
| | 10 | 72,4% | | 411.890 | 369.439 | 356.318 | 333.503 |
| | 11 | 72,4% | | 411.890 | 369.439 | 356.318 | 333.503 |

Base monetária referente a jun/2010

Dados das CVCs utilizadas no cálculo do frete – Cenário IV

| Informações Técnicas | UM | Valores Comuns | Impostos | CVC | | | |
|--|--------|-------------------|----------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | TT | RD | BT | RJ |
| Pneus | | | | | | | |
| Cavalo Mecânico - Direção | Unid. | | | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Cavalo Mecânico - Tração | Unid. | | | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Implemento | Unid. | | | 24 | 24 | 16 | 16 |
| Total | Unid. | | | 34 | 34 | 26 | 26 |
| Preço Unitário + Câmara e acessórios | R\$ | 1.390 | 17% | 1.390 | 1.390 | 1.390 | 1.390 |
| Recapagens | Unid. | 1,5 | | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |
| Custo recapagem | R\$ | 490,0 | 17% | 490 | 490 | 490 | 490 |
| Primeira Vida Útil - Cavalo - Asfalto | km | 50.000 | | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| Primeira Vida Útil - Implemento - Asfalto | km | 70.000 | | 70.000 | 70.000 | 70.000 | 70.000 |
| Vida útil recapagem - Cavalo - Asfalto | km | 25.000 | | 25.000 | 25.000 | 25.000 | 25.000 |
| Vida útil recapagem - Implemento - Asfalto | km | 50.000 | | 50.000 | 50.000 | 50.000 | 50.000 |
| Primeira Vida Útil - Cavalo - Terra/cascalho | km | 25.000 | | 25.000 | 25.000 | 25.000 | 25.000 |
| Primeira Vida Útil - Implemento - Terra/cascalho | km | 40.000 | | 40.000 | 40.000 | 40.000 | 40.000 |
| Vida útil recapagem - Cavalo - Terra/cascalho | km | 15.000 | | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| Vida útil recapagem - Implemento - Terra/cascalho | km | 30.000 | | 30.000 | 30.000 | 30.000 | 30.000 |
| Custo de Pneus - Cavalo - Asfalto | R\$/km | | | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,17 |
| Custo de Pneus - Implemento - Asfalto | R\$/km | | | 0,35 | 0,35 | 0,23 | 0,23 |
| Custo de Pneus - Cavalo - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,31 | 0,31 | 0,31 | 0,31 |
| Custo de Pneus - Implemento - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,60 | 0,60 | 0,40 | 0,40 |
| Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,52 | 0,52 | 0,40 | 0,40 |
| Custo específico - Terra/cascalho | R\$/km | | | 0,91 | 0,91 | 0,71 | 0,71 |
| Combustível e Lubrificantes | | | | | | | |
| Custo do diesel (litro) | R\$/l | 1,90 | 17% | 1,90 | 1,90 | 1,90 | 1,90 |
| Consumo, ida e retorno - Asfalto | km/l | | | 1,10 | 1,10 | 1,18 | 1,18 |
| Consumo, ida e retorno - Terra | km/l | | | 0,96 | 0,96 | 1,01 | 1,01 |
| Combustível - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 1,73 | 1,73 | 1,60 | 1,60 |
| Combustível - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 1,97 | 1,97 | 1,88 | 1,88 |
| Óleo do Motor | R\$/l | | | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 |
| Capacidade do cárter | l | | | 35,0 | 35,0 | 35,0 | 35,0 |
| Remonte (consumo entre trocas) % em relação ao combustível | % | | | 40% | 40% | 40% | 40% |
| Intervalo entre trocas | km | | | 15.000 | 15.000 | 15.000 | 15.000 |
| Óleo do Motor - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Óleo do Motor - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Óleo Transmissão - Custo do óleo | R\$/l | | | 6 | 6 | 6 | 6 |
| capacidade da caixa | l | | | 23 | 23 | 23 | 23 |
| Capacidade no cubo do eixo | l | | | - | - | - | - |
| Intervalo entre trocas | km | | | 60.000 | 60.000 | 60.000 | 60.000 |
| Óleo Transmissão - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Óleo Transmissão - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 0,002 | 0,002 | 0,002 | 0,002 |
| Lavagem e Lubrificação | R\$ | | | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Intervalo entre operações - Asfalto | km | | | 4.000 | 4.000 | 4.000 | 4.000 |
| Intervalo entre operações - Terra | km | | | 3.000 | 3.000 | 3.000 | 3.000 |
| Lavagem e Lubrificação - Custo específico - Asfalto | R\$/km | | | 0,050 | 0,050 | 0,050 | 0,050 |
| Lavagem e Lubrificação - Custo específico - Terra | R\$/km | | | 0,067 | 0,067 | 0,067 | 0,067 |

Base monetária referente a jun/2010

Premissas operacionais e impostos adotadas para o cálculo do frete –

Cenário IV

| Premissas Operacionais | UM | Valores Comuns | CVC | | | |
|---|-----------|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | | | TT | RD | BT | RJ |
| Salário de Trabalho | Unit. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Salário | dias | 365 | 365 | 365 | 365 | 365 |
| Despesas/caminhão + Reserva | Unit. | | 3,6 | 3,6 | 3,6 | 3,6 |
| Salário de Trabalho | h/dia | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Extras/dia | h | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Almoço/refeição | h/tur/dia | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Disponíveis/mês | h | | 608 | 608 | 608 | 608 |
| Capacidade Operacional | | | | | | |
| Disponibilidade Mecânica | % | 95% | 95% | 95% | 95% | 95% |
| Disponibilidade Operacional | % | 84% | 84% | 84% | 84% | 84% |
| Capacidade Operacional | % | 80% | 80% | 80% | 80% | 80% |
| Preço de mão-de-obra | | | | | | |
| Motorista | R\$/mês | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 | 1.800 |
| Despesas | % | 91% | 91% | 91% | 91% | 91% |
| Salário mensal/motorista | R\$/mês | 3.435 | 3.435 | 3.435 | 3.435 | 3.435 |
| Administrativos | | | | | | |
| Salário + Contador + Secretária + Aluguel + Outros | R\$/mês | 14.000 | | | | |
| Salário médio | | 15 | | | | |
| Salário adm. Unitário | | | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Consumo médio | km | | | | | |
| | % | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| | % | 30% | 30% | 30% | 30% | 30% |
| Manutenção | | | | | | |
| Adquirição Veículo Original | R\$ | 338.250 | 338.250 | 338.250 | 338.250 | 338.250 |
| Preço Benz Axor 3340 K 6x4 + Tritrem Cana | R\$ | 120.000 | 120.000 | 120.000 | 120.000 | 120.000 |
| Preço total | R\$ | 458.250 | 458.250 | 458.250 | 458.250 | 458.250 |
| Preço original | b0 | 0,41450 | 0,4145010 | 0,4145010 | 0,4145010 | 0,4145010 |
| | b1 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 |
| Preço original - menos pneus (0,4145010) | b0 | - | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 | 0,0000018 |
| Preço correção para o Veículo atual | | | 1,18 | 1,05 | 1,01 | 0,94 |
| Preço corrigida para o Veículo atual | b0 | | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | | 0,0000021 | 0,0000019 | 0,0000018 | 0,0000017 |
| Preço correção de Manutenção para o revestimento primário | | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 | 1,12 |
| | % | 70% | 70% | 70% | 70% | 70% |
| Preço de Manutenção no revestimento primário | % | 40% | 40% | 40% | 40% | 40% |
| Preço corrigida para o Veículo atual no revestimento primário | b0 | | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 | 0,0000001 |
| | b1 | | 0,0000024 | 0,0000021 | 0,0000020 | 0,0000019 |
| Preço médio de Manutenção | R\$/km | | 0,305 | 0,278 | 0,263 | 0,244 |
| Preço final de Manutenção | R\$/km | | 0,609 | 0,556 | 0,527 | 0,489 |
| Impostos | | | | | | |
| | % | 2,00% | 2,00% | 2,00% | 2,00% | 2,00% |
| | % | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| FINS | % | 4,75% | 4,75% | 4,75% | 4,75% | 4,75% |
| | % | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% | 9,00% |
| | % | 25,00% | 25,00% | 25,00% | 25,00% | 25,00% |
| Preço Fixo + Variável | % | 8,00% | | | | |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Tritem para os cenários I, II e V.

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Tritem | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 47,5 | 52,5 | 57,5 | 62,5 | 67,5 | 72,5 | 77,5 | 82,5 | 87,5 | 92,5 | |
| Custo Fixo | | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Depreciação | R\$/mês | | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 |
| Custos Administrativos | R\$/mês | | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Custo de Financiamento % aa | R\$/mês | 8% | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 |
| Produção Mensal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h/ciclo - efetivo | | | 4,49 | 4,79 | 5,10 | 5,40 | 5,71 | 6,01 | 6,32 | 6,62 | 6,93 | 7,23 | 7,54 | 7,84 | 8,15 | 8,45 | 8,76 | 9,06 | 9,37 | 9,67 |
| h/ciclo - nominal | | | 5,61 | 5,99 | 6,37 | 6,76 | 7,14 | 7,52 | 7,90 | 8,28 | 8,66 | 9,04 | 9,43 | 9,81 | 10,19 | 10,57 | 10,95 | 11,33 | 11,71 | 12,09 |
| ciclos/mês | | | 108 | 101 | 95 | 90 | 85 | 81 | 77 | 73 | 70 | 67 | 65 | 62 | 60 | 58 | 56 | 54 | 52 | 50 |
| ciclos/dia | | | 3,56 | 3,34 | 3,14 | 2,96 | 2,80 | 2,66 | 2,53 | 2,42 | 2,31 | 2,21 | 2,12 | 2,04 | 1,96 | 1,89 | 1,83 | 1,76 | 1,71 | 1,66 |
| l/mês | | | 6,622 | 6,200 | 5,829 | 5,500 | 5,207 | 4,943 | 4,704 | 4,487 | 4,290 | 4,109 | 3,943 | 3,789 | 3,648 | 3,516 | 3,394 | 3,279 | 3,173 | 3,077 |
| km/mês | | | 2,710 | 3,552 | 4,294 | 4,952 | 5,540 | 6,068 | 6,545 | 6,978 | 7,373 | 7,735 | 8,068 | 8,374 | 8,658 | 8,921 | 9,166 | 9,394 | 9,608 | 9,808 |
| km/mês | | | 1,891 | 2,479 | 2,997 | 3,456 | 3,866 | 4,235 | 4,568 | 4,870 | 5,145 | 5,398 | 5,630 | 5,844 | 6,042 | 6,226 | 6,396 | 6,556 | 6,705 | 6,845 |
| km/mês | | | 819 | 1.073 | 1.298 | 1.496 | 1.674 | 1.833 | 1.978 | 2.109 | 2.228 | 2.337 | 2.438 | 2.530 | 2.616 | 2.696 | 2.770 | 2.839 | 2.903 | 2.963 |
| Custo Variável | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pneus | R\$/mês | | 1.724 | 2.260 | 2.732 | 3.150 | 3.524 | 3.860 | 4.163 | 4.439 | 4.690 | 4.920 | 5.132 | 5.327 | 5.507 | 5.675 | 5.831 | 5.976 | 6.112 | 6.240 |
| Diesel | R\$/mês | | 4.476 | 5.867 | 7.093 | 8.179 | 9.150 | 10.022 | 10.811 | 11.526 | 12.178 | 12.776 | 13.325 | 13.832 | 14.300 | 14.735 | 15.139 | 15.516 | 15.869 | 16.200 |
| Lubrificantes | R\$/mês | | 37 | 49 | 59 | 68 | 76 | 84 | 90 | 96 | 102 | 106 | 111 | 115 | 119 | 123 | 126 | 129 | 132 | 135 |
| Lavagem | R\$/mês | | 149 | 196 | 236 | 273 | 305 | 334 | 360 | 384 | 406 | 426 | 444 | 461 | 476 | 491 | 504 | 517 | 529 | 541 |
| Manutenção | R\$/mês | 12 | 830 | 1.088 | 1.315 | 1.517 | 1.697 | 1.859 | 2.005 | 2.137 | 2.258 | 2.369 | 2.471 | 2.565 | 2.652 | 2.732 | 2.807 | 2.877 | 2.943 | 3.008 |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | | 7.216 | 9.460 | 11.435 | 13.187 | 14.752 | 16.159 | 17.429 | 18.583 | 19.635 | 20.598 | 21.483 | 22.300 | 23.055 | 23.756 | 24.408 | 25.016 | 25.585 | 26.113 |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | | 28.743 | 30.986 | 32.962 | 34.714 | 36.279 | 37.685 | 38.956 | 40.109 | 41.161 | 42.124 | 43.010 | 43.826 | 44.582 | 45.282 | 45.934 | 46.543 | 47.111 | 47.640 |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 8,00% | 2.299 | 2.479 | 2.637 | 2.777 | 2.902 | 3.015 | 3.116 | 3.209 | 3.293 | 3.370 | 3.441 | 3.506 | 3.567 | 3.623 | 3.675 | 3.723 | 3.769 | 3.813 |
| Custo Total | R\$/mês | | 31.042 | 33.465 | 35.598 | 37.491 | 39.181 | 40.700 | 42.072 | 43.318 | 44.454 | 45.494 | 46.451 | 47.332 | 48.148 | 48.905 | 49.609 | 50.266 | 50.880 | 51.453 |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | 0,00% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CSLL | % | 9,00% | 207 | 223 | 237 | 250 | 261 | 271 | 280 | 289 | 296 | 303 | 310 | 316 | 321 | 326 | 331 | 335 | 339 | 343 |
| IR | % | 25,00% | 575 | 620 | 659 | 694 | 726 | 754 | 779 | 802 | 823 | 842 | 860 | 877 | 892 | 906 | 919 | 931 | 942 | 952 |
| PIS/COFINS | % | 4,75% | 1.587 | 1.711 | 1.820 | 1.917 | 2.003 | 2.081 | 2.151 | 2.215 | 2.273 | 2.326 | 2.375 | 2.420 | 2.462 | 2.500 | 2.536 | 2.570 | 2.601 | 2.630 |
| ISS | % | 2,00% | 649 | 700 | 745 | 784 | 820 | 852 | 880 | 906 | 930 | 952 | 972 | 990 | 1.007 | 1.023 | 1.038 | 1.052 | 1.065 | 1.077 |
| Custo Total | R\$/mês | | 34.060 | 36.719 | 39.060 | 41.136 | 42.991 | 44.657 | 46.163 | 47.530 | 48.776 | 49.918 | 50.967 | 51.935 | 52.830 | 53.660 | 54.433 | 55.154 | 55.827 | 56.452 |
| Custo por tonelada | R\$/t | | 5,14 | 5,92 | 6,70 | 7,48 | 8,26 | 9,04 | 9,81 | 10,59 | 11,37 | 12,15 | 12,93 | 13,71 | 14,48 | 15,26 | 16,04 | 16,82 | 17,60 | 18,38 |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Rodotrem para os cenários I, II e V.

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Rodotrem | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 47,5 | 52,5 | 57,5 | 62,5 | 67,5 | 72,5 | 77,5 | 82,5 | 87,5 | 92,5 | |
| Custo Fixo | | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Depreciação | R\$/mês | | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 |
| Custos Administrativos | R\$/mês | | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Taxa de Juros % aa | R\$/mês | 8% | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 |
| Produção Mensal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h/ciclo - efetivo | | | 4,50 | 4,82 | 5,13 | 5,44 | 5,75 | 6,06 | 6,37 | 6,68 | 6,99 | 7,30 | 7,61 | 7,93 | 8,24 | 8,55 | 8,86 | 9,17 | 9,48 | 9,80 |
| h/ciclo - nominal | | | 5,63 | 6,02 | 6,41 | 6,80 | 7,19 | 7,58 | 7,96 | 8,35 | 8,74 | 9,13 | 9,52 | 9,91 | 10,30 | 10,69 | 11,07 | 11,46 | 11,85 | 12,24 |
| ciclos/mês | | | 108 | 101 | 95 | 89 | 85 | 80 | 76 | 73 | 70 | 67 | 64 | 61 | 59 | 57 | 55 | 53 | 51 | 49 |
| ciclos/dia | | | 3,55 | 3,32 | 3,12 | 2,94 | 2,78 | 2,64 | 2,51 | 2,39 | 2,29 | 2,19 | 2,10 | 2,02 | 1,94 | 1,87 | 1,81 | 1,74 | 1,69 | 1,63 |
| t/mês | | | 6,394 | 5,981 | 5,618 | 5,296 | 5,010 | 4,753 | 4,521 | 4,310 | 4,118 | 3,943 | 3,782 | 3,634 | 3,496 | 3,369 | 3,251 | 3,141 | 3,038 | 2,940 |
| km/mês | | | 2,701 | 3,537 | 4,272 | 4,922 | 5,502 | 6,023 | 6,493 | 6,919 | 7,307 | 7,662 | 7,988 | 8,289 | 8,566 | 8,824 | 9,063 | 9,287 | 9,495 | 9,688 |
| km/mês | | | 1,885 | 2,468 | 2,981 | 3,435 | 3,840 | 4,203 | 4,531 | 4,828 | 5,099 | 5,347 | 5,574 | 5,784 | 5,978 | 6,158 | 6,325 | 6,481 | 6,626 | 6,764 |
| km/mês | | | 816 | 1,069 | 1,291 | 1,487 | 1,663 | 1,820 | 1,962 | 2,091 | 2,208 | 2,315 | 2,414 | 2,504 | 2,588 | 2,666 | 2,739 | 2,806 | 2,869 | 2,928 |
| Custo Variável | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pneus | R\$/mês | | 1.718 | 2.250 | 2.717 | 3.131 | 3.500 | 3.831 | 4.130 | 4.401 | 4.648 | 4.874 | 5.081 | 5.272 | 5.449 | 5.613 | 5.765 | 5.907 | 6.040 | 6.164 |
| Diesel | R\$/mês | | 4.461 | 5.842 | 7.055 | 8.130 | 9.088 | 9.948 | 10.724 | 11.428 | 12.069 | 12.655 | 13.194 | 13.690 | 14.149 | 14.574 | 14.970 | 15.339 | 15.683 | 16.003 |
| Lubrificantes | R\$/mês | | 37 | 49 | 59 | 68 | 76 | 83 | 89 | 95 | 101 | 105 | 110 | 114 | 118 | 121 | 125 | 128 | 131 | 134 |
| Lavagem | R\$/mês | | 149 | 195 | 235 | 271 | 303 | 331 | 357 | 381 | 402 | 422 | 440 | 456 | 471 | 486 | 499 | 511 | 523 | 534 |
| Manutenção | R\$/mês | | 731 | 957 | 1.156 | 1.332 | 1.489 | 1.630 | 1.757 | 1.872 | 1.977 | 2.073 | 2.161 | 2.243 | 2.318 | 2.388 | 2.452 | 2.513 | 2.569 | 2.621 |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | | 7.095 | 9.292 | 11.222 | 12.931 | 14.456 | 15.823 | 17.057 | 18.177 | 19.196 | 20.129 | 20.986 | 21.775 | 22.505 | 23.182 | 23.811 | 24.398 | 24.946 | 25.457 |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | | 28.100 | 30.297 | 32.227 | 33.936 | 35.460 | 36.828 | 38.062 | 39.181 | 40.201 | 41.134 | 41.991 | 42.780 | 43.510 | 44.187 | 44.816 | 45.402 | 45.950 | 46.467 |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 8,00% | 2.248 | 2.424 | 2.578 | 2.715 | 2.837 | 2.946 | 3.045 | 3.135 | 3.216 | 3.291 | 3.359 | 3.422 | 3.481 | 3.535 | 3.585 | 3.632 | 3.676 | 3.719 |
| Custo Total | R\$/mês | | 30.348 | 32.721 | 34.805 | 36.651 | 38.297 | 39.774 | 41.107 | 42.316 | 43.417 | 44.425 | 45.350 | 46.203 | 46.991 | 47.722 | 48.401 | 49.035 | 49.626 | 50.186 |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | 0,00% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CSLL | % | 9,00% | 202 | 218 | 232 | 244 | 255 | 265 | 274 | 282 | 289 | 296 | 302 | 308 | 313 | 318 | 323 | 327 | 331 | 334 |
| IR | % | 25,00% | 562 | 606 | 645 | 679 | 709 | 737 | 761 | 784 | 804 | 823 | 840 | 856 | 870 | 884 | 896 | 908 | 919 | 929 |
| PIS/COFINS | % | 4,75% | 1.552 | 1.673 | 1.779 | 1.874 | 1.958 | 2.033 | 2.102 | 2.163 | 2.220 | 2.271 | 2.319 | 2.362 | 2.402 | 2.440 | 2.474 | 2.507 | 2.537 | 2.564 |
| ISS | % | 2,00% | 635 | 685 | 728 | 767 | 801 | 832 | 860 | 885 | 908 | 929 | 949 | 967 | 983 | 998 | 1.013 | 1.026 | 1.038 | 1.049 |
| Custo Total | R\$/mês | | 33.299 | 35.902 | 38.189 | 40.215 | 42.021 | 43.642 | 45.104 | 46.430 | 47.639 | 48.744 | 49.759 | 50.695 | 51.560 | 52.362 | 53.107 | 53.802 | 54.452 | 55.057 |
| Custo por tonelada | R\$/t | | 5,21 | 6,00 | 6,80 | 7,59 | 8,39 | 9,18 | 9,98 | 10,77 | 11,57 | 12,36 | 13,16 | 13,95 | 14,75 | 15,54 | 16,34 | 17,13 | 17,93 | 18,73 |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Romeu e Julieta para os cenários I, II e V.

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Romeu e Julieta | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 47,5 | 52,5 | 57,5 | 62,5 | 67,5 | 72,5 | 77,5 | 82,5 | 87,5 | 92,5 | |
| Custo Fixo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Depreciação | R\$/mês | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 |
| Custos Administrativos | R\$/mês | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Taxa de Juros % aa | R\$/mês | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 |
| Produção Mensal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h/ciclo - efetivo | | 4,44 | 4,73 | 5,01 | 5,30 | 5,58 | 5,87 | 6,15 | 6,44 | 6,73 | 7,01 | 7,30 | 7,58 | 7,87 | 8,15 | 8,44 | 8,73 | 9,01 | 9,30 | 9,58 |
| h/ciclo - nominal | | 5,55 | 5,91 | 6,27 | 6,62 | 6,98 | 7,34 | 7,69 | 8,05 | 8,41 | 8,77 | 9,12 | 9,48 | 9,84 | 10,19 | 10,55 | 10,91 | 11,27 | 11,63 | 11,99 |
| ciclos/mês | | 110 | 103 | 97 | 92 | 87 | 83 | 79 | 76 | 72 | 69 | 67 | 64 | 62 | 60 | 58 | 56 | 54 | 52 | 50 |
| ciclos/dia | | 3,60 | 3,38 | 3,19 | 3,02 | 2,87 | 2,73 | 2,60 | 2,48 | 2,38 | 2,28 | 2,19 | 2,11 | 2,03 | 1,96 | 1,90 | 1,83 | 1,78 | 1,72 | 1,66 |
| t/mês | | 5,055 | 4,749 | 4,479 | 4,237 | 4,020 | 3,825 | 3,647 | 3,485 | 3,337 | 3,201 | 3,076 | 2,960 | 2,853 | 2,753 | 2,660 | 2,572 | 2,491 | 2,418 | 2,345 |
| km/mês | | 2,739 | 3,603 | 4,369 | 5,052 | 5,665 | 6,218 | 6,720 | 7,177 | 7,596 | 7,980 | 8,335 | 8,663 | 8,966 | 9,249 | 9,512 | 9,759 | 9,989 | 10,201 | 10,405 |
| Asfalto | km/mês | 1,912 | 2,515 | 3,049 | 3,525 | 3,953 | 4,339 | 4,690 | 5,009 | 5,301 | 5,569 | 5,816 | 6,045 | 6,257 | 6,454 | 6,638 | 6,810 | 6,971 | 7,128 | 7,281 |
| cascalho + Terra | km/mês | 828 | 1,089 | 1,320 | 1,526 | 1,712 | 1,879 | 2,030 | 2,169 | 2,295 | 2,411 | 2,518 | 2,617 | 2,709 | 2,795 | 2,874 | 2,949 | 3,018 | 3,081 | 3,139 |
| Custo Variável | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pneus | R\$/mês | 1.353 | 1.780 | 2.158 | 2.495 | 2.798 | 3.071 | 3.319 | 3.545 | 3.751 | 3.941 | 4.116 | 4.278 | 4.428 | 4.568 | 4.698 | 4.819 | 4.933 | 5.043 | 5.151 |
| Diesel | R\$/mês | 4.245 | 5.584 | 6.770 | 7.829 | 8.779 | 9.636 | 10.414 | 11.123 | 11.772 | 12.368 | 12.917 | 13.425 | 13.896 | 14.334 | 14.742 | 15.123 | 15.481 | 15.827 | 16.162 |
| Lubrificantes | R\$/mês | 38 | 50 | 60 | 70 | 78 | 86 | 93 | 99 | 105 | 110 | 115 | 119 | 123 | 127 | 131 | 134 | 138 | 141 | 144 |
| Lavagem | R\$/mês | 151 | 198 | 240 | 278 | 312 | 342 | 370 | 395 | 418 | 439 | 459 | 477 | 493 | 509 | 524 | 537 | 550 | 562 | 574 |
| Manutenção | R\$/mês | 690 | 908 | 1.101 | 1.273 | 1.427 | 1.567 | 1.693 | 1.808 | 1.914 | 2.011 | 2.100 | 2.183 | 2.259 | 2.330 | 2.397 | 2.459 | 2.517 | 2.571 | 2.621 |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | 6.477 | 8.519 | 10.329 | 11.944 | 13.393 | 14.702 | 15.898 | 16.970 | 17.960 | 18.869 | 19.707 | 20.481 | 21.200 | 21.868 | 22.491 | 23.073 | 23.618 | 24.127 | 24.601 |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | 27.125 | 29.167 | 30.977 | 32.592 | 34.041 | 35.350 | 36.536 | 37.618 | 38.608 | 39.517 | 40.355 | 41.129 | 41.848 | 42.516 | 43.139 | 43.721 | 44.266 | 44.765 | 45.228 |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 2.170 | 2.333 | 2.478 | 2.607 | 2.723 | 2.828 | 2.923 | 3.009 | 3.089 | 3.161 | 3.228 | 3.290 | 3.348 | 3.401 | 3.451 | 3.498 | 3.541 | 3.581 | 3.618 |
| Custo Total | R\$/mês | 29.295 | 31.501 | 33.455 | 35.199 | 36.765 | 38.178 | 39.459 | 40.627 | 41.696 | 42.678 | 43.583 | 44.420 | 45.196 | 45.917 | 46.590 | 47.219 | 47.808 | 48.359 | 48.876 |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CSLL | % | 195 | 210 | 223 | 235 | 245 | 255 | 263 | 271 | 278 | 285 | 291 | 296 | 301 | 306 | 311 | 315 | 319 | 323 | 327 |
| IR | % | 542 | 583 | 620 | 652 | 681 | 707 | 731 | 752 | 772 | 790 | 807 | 823 | 837 | 850 | 863 | 874 | 885 | 895 | 905 |
| PIS/COFINS | % | 1.498 | 1.610 | 1.710 | 1.800 | 1.880 | 1.952 | 2.017 | 2.077 | 2.132 | 2.182 | 2.228 | 2.271 | 2.311 | 2.348 | 2.382 | 2.414 | 2.444 | 2.471 | 2.496 |
| ISS | % | 613 | 659 | 700 | 736 | 769 | 799 | 826 | 850 | 872 | 893 | 912 | 929 | 946 | 961 | 975 | 988 | 1.000 | 1.011 | 1.021 |
| Custo Total | R\$/mês | 32.143 | 34.564 | 36.708 | 38.622 | 40.339 | 41.890 | 43.296 | 44.578 | 45.751 | 46.828 | 47.821 | 48.739 | 49.590 | 50.382 | 51.120 | 51.810 | 52.456 | 53.057 | 53.614 |
| Custo por tonelada | R\$/t | 6,38 | 7,28 | 8,20 | 9,12 | 10,03 | 10,95 | 11,87 | 12,79 | 13,71 | 14,63 | 15,55 | 16,47 | 17,38 | 18,30 | 19,22 | 20,14 | 21,06 | 21,98 | 22,90 |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Tritrem para o cenário III.

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Tritrem | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 47,5 | 52,5 | 57,5 | 62,5 | 67,5 | 72,5 | 77,5 | 82,5 | 87,5 | 92,5 | |
| Custo Fixo | Mão-de-Obra | R\$/mês | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| | Depreciação | R\$/mês | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 | 3.762 |
| | Seguro - Licenciamento | R\$/mês | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 | 1.277 |
| | Custos Administrativos | R\$/mês | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| | Custo de Financiamento % ao ano | R\$/mês | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 |
| | Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 | 21.527 |
| Produção Mensal | h/ciclo - efetivo | | 4,48 | 4,79 | 5,09 | 5,39 | 5,69 | 5,99 | 6,30 | 6,60 | 6,90 | 7,20 | 7,51 | 7,81 | 8,11 | 8,41 | 8,72 | 9,02 | 9,32 | |
| | h/ciclo - nominal | | 5,60 | 5,98 | 6,36 | 6,74 | 7,12 | 7,49 | 7,87 | 8,25 | 8,63 | 9,01 | 9,38 | 9,76 | 10,14 | 10,52 | 10,90 | 11,28 | 11,65 | |
| | ciclos/mês | | 109 | 102 | 96 | 90 | 85 | 81 | 77 | 74 | 71 | 68 | 65 | 62 | 60 | 58 | 56 | 54 | 52 | |
| | ciclos/dia | | 3,57 | 3,34 | 3,14 | 2,97 | 2,81 | 2,67 | 2,54 | 2,42 | 2,32 | 2,22 | 2,13 | 2,05 | 1,97 | 1,90 | 1,84 | 1,77 | 1,72 | |
| | l/mês | | 6,631 | 6,212 | 5,843 | 5,515 | 5,222 | 4,959 | 4,721 | 4,504 | 4,307 | 4,126 | 3,960 | 3,807 | 3,665 | 3,533 | 3,410 | 3,296 | 3,189 | |
| | km/mês | | 2,714 | 3,559 | 4,304 | 4,965 | 5,566 | 6,088 | 6,568 | 7,005 | 7,403 | 7,767 | 8,103 | 8,412 | 8,698 | 8,964 | 9,211 | 9,442 | 9,658 | |
| Custo Variável | Asfalto | km/mês | 1.894 | 2.484 | 3.004 | 3.465 | 3.878 | 4.248 | 4.584 | 4.888 | 5.166 | 5.420 | 5.654 | 5.870 | 6.070 | 6.255 | 6.428 | 6.589 | 6.739 | |
| | Macadame + Terra | km/mês | 820 | 1.075 | 1.301 | 1.500 | 1.679 | 1.839 | 1.985 | 2.116 | 2.237 | 2.347 | 2.448 | 2.542 | 2.628 | 2.709 | 2.783 | 2.853 | 2.918 | |
| | Pneus | R\$/mês | 1.617 | 2.121 | 2.565 | 2.959 | 3.312 | 3.628 | 3.915 | 4.175 | 4.412 | 4.629 | 4.829 | 5.014 | 5.184 | 5.343 | 5.490 | 5.627 | 5.756 | |
| | Diesel | R\$/mês | 4.412 | 5.786 | 6.997 | 8.072 | 9.033 | 9.897 | 10.678 | 11.387 | 12.034 | 12.627 | 13.172 | 13.675 | 14.140 | 14.572 | 14.974 | 15.349 | 15.700 | |
| | Lubrificantes | R\$/mês | 37 | 49 | 59 | 68 | 76 | 84 | 90 | 96 | 102 | 107 | 112 | 116 | 120 | 123 | 127 | 130 | 133 | |
| | Lavaçom | R\$/mês | 149 | 196 | 237 | 273 | 306 | 335 | 361 | 386 | 407 | 427 | 446 | 463 | 479 | 493 | 507 | 520 | 532 | |
| Custo - Fixo + Variável | Manutenção | R\$/mês | 7.009 | 9.192 | 11.116 | 12.823 | 14.350 | 15.722 | 16.963 | 18.090 | 19.118 | 20.060 | 20.926 | 21.724 | 22.464 | 23.150 | 23.788 | 24.381 | 24.941 | |
| | Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | 28.535 | 30.718 | 32.642 | 34.350 | 35.876 | 37.249 | 38.489 | 39.616 | 40.644 | 41.562 | 42.452 | 43.251 | 43.990 | 44.677 | 45.315 | 45.911 | 46.468 | |
| | Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 2.283 | 2.457 | 2.611 | 2.748 | 2.870 | 2.980 | 3.079 | 3.169 | 3.252 | 3.327 | 3.396 | 3.460 | 3.519 | 3.574 | 3.625 | 3.673 | 3.717 | |
| | Custo Total | R\$/mês | 30.818 | 33.176 | 35.254 | 37.098 | 38.747 | 40.229 | 41.569 | 42.786 | 43.896 | 44.913 | 45.848 | 46.711 | 47.510 | 48.251 | 48.940 | 49.584 | 50.185 | |
| | Impostos | ICMS | % | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | CSLL | % | 205 | 221 | 235 | 247 | 258 | 268 | 277 | 285 | 293 | 299 | 306 | 311 | 317 | 322 | 326 | 331 | |
| IR | | % | 571 | 614 | 653 | 687 | 718 | 745 | 770 | 792 | 813 | 832 | 849 | 865 | 880 | 894 | 906 | 918 | | |
| PIS/COFINS | | % | 1.576 | 1.696 | 1.802 | 1.897 | 1.981 | 2.057 | 2.125 | 2.187 | 2.244 | 2.296 | 2.344 | 2.388 | 2.429 | 2.467 | 2.502 | 2.535 | | |
| ISS | % | 645 | 694 | 738 | 776 | 811 | 842 | 870 | 895 | 918 | 940 | 959 | 977 | 994 | 1.010 | 1.024 | 1.037 | | | |
| Custo Total | R\$/mês | 33.814 | 36.402 | 38.681 | 40.705 | 42.514 | 44.140 | 45.610 | 46.946 | 48.164 | 49.280 | 50.306 | 51.253 | 52.129 | 52.942 | 53.699 | 54.405 | 55.065 | | |
| Custo por tonelada | R\$/t | 5,10 | 5,86 | 6,62 | 7,38 | 8,14 | 8,90 | 9,66 | 10,42 | 11,18 | 11,94 | 12,70 | 13,46 | 14,23 | 14,99 | 15,75 | 16,51 | 17,27 | | |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Rodotrem para o cenário III.

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Rodotrem | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 47,5 | 52,5 | 57,5 | 62,5 | 67,5 | 72,5 | 77,5 | 82,5 | 87,5 | 92,5 | |
| Custo Fixo | | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 | 3.313 |
| Depreciação | R\$/mês | | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 | 1.204 |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Custos Administrativos | R\$/mês | | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 |
| Taxa de Juros % aa | R\$/mês | 8% | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 | 21.005 |
| Produção Mensal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h/ciclo - efetivo | | | 4,50 | 4,81 | 5,11 | 5,42 | 5,73 | 6,04 | 6,35 | 6,66 | 6,97 | 7,27 | 7,58 | 7,89 | 8,20 | 8,51 | 8,82 | 9,13 | 9,43 | 9,74 |
| h/ciclo - nominal | | | 5,62 | 6,01 | 6,39 | 6,78 | 7,17 | 7,55 | 7,94 | 8,32 | 8,71 | 9,09 | 9,48 | 9,87 | 10,25 | 10,64 | 11,02 | 11,41 | 11,79 | 12,18 |
| ciclos/mês | | | 108 | 101 | 95 | 90 | 85 | 81 | 77 | 73 | 70 | 67 | 64 | 62 | 59 | 57 | 55 | 53 | 52 | 50 |
| ciclos/dia | | | 3,56 | 3,33 | 3,13 | 2,95 | 2,79 | 2,65 | 2,52 | 2,40 | 2,30 | 2,20 | 2,11 | 2,03 | 1,95 | 1,88 | 1,81 | 1,75 | 1,70 | 1,65 |
| l/mês | | | 6,403 | 5,992 | 5,630 | 5,310 | 5,024 | 4,768 | 4,536 | 4,326 | 4,134 | 3,959 | 3,798 | 3,649 | 3,512 | 3,385 | 3,266 | 3,156 | 3,053 | 2,952 |
| km/mês | | | 2,705 | 3,543 | 4,281 | 4,935 | 5,518 | 6,042 | 6,515 | 6,944 | 7,335 | 7,693 | 8,021 | 8,325 | 8,605 | 8,865 | 9,106 | 9,332 | 9,542 | 9,742 |
| Asfalto | km/mês | | 1,887 | 2,473 | 2,988 | 3,444 | 3,851 | 4,216 | 4,546 | 4,846 | 5,119 | 5,368 | 5,598 | 5,809 | 6,005 | 6,186 | 6,355 | 6,512 | 6,659 | 6,800 |
| cascalho + Terra | km/mês | | 817 | 1,071 | 1,294 | 1,491 | 1,667 | 1,826 | 1,968 | 2,098 | 2,216 | 2,324 | 2,424 | 2,515 | 2,600 | 2,679 | 2,752 | 2,820 | 2,883 | 2,942 |
| Custo Variável | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pneus | R\$/mês | | 1.612 | 2.112 | 2.552 | 2.941 | 3.289 | 3.601 | 3.883 | 4.139 | 4.372 | 4.585 | 4.781 | 4.961 | 5.129 | 5.283 | 5.428 | 5.562 | 5.687 | 5.807 |
| Diesel | R\$/mês | | 4.397 | 5.760 | 6.959 | 8.022 | 8.971 | 9.822 | 10.591 | 11.288 | 11.924 | 12.506 | 13.040 | 13.533 | 13.988 | 14.411 | 14.804 | 15.170 | 15.513 | 15.836 |
| Lubrificantes | R\$/mês | | 37 | 49 | 59 | 68 | 76 | 83 | 90 | 96 | 101 | 106 | 110 | 115 | 118 | 122 | 125 | 128 | 131 | 134 |
| Lavagem | R\$/mês | | 149 | 195 | 236 | 272 | 304 | 333 | 359 | 382 | 404 | 423 | 441 | 458 | 474 | 488 | 501 | 514 | 525 | 535 |
| Manutenção | R\$/mês | | 698 | 914 | 1.105 | 1.273 | 1.424 | 1.559 | 1.681 | 1.791 | 1.892 | 1.985 | 2.070 | 2.148 | 2.220 | 2.287 | 2.349 | 2.408 | 2.462 | 2.511 |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | | 6.893 | 9.030 | 10.910 | 12.576 | 14.063 | 15.397 | 16.603 | 17.696 | 18.692 | 19.605 | 20.442 | 21.215 | 21.929 | 22.591 | 23.207 | 23.782 | 24.319 | 24.826 |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | | 27.897 | 30.035 | 31.915 | 33.581 | 35.067 | 36.402 | 37.507 | 38.701 | 39.697 | 40.609 | 41.447 | 42.219 | 42.934 | 43.596 | 44.212 | 44.786 | 45.323 | 45.826 |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 8,00% | 2.232 | 2.403 | 2.553 | 2.686 | 2.805 | 2.912 | 3.009 | 3.096 | 3.176 | 3.249 | 3.316 | 3.378 | 3.435 | 3.488 | 3.537 | 3.583 | 3.626 | 3.666 |
| Custo Total | R\$/mês | | 30.129 | 32.438 | 34.468 | 36.267 | 37.873 | 39.314 | 40.616 | 41.797 | 42.873 | 43.858 | 44.763 | 45.597 | 46.368 | 47.084 | 47.749 | 48.369 | 48.949 | 49.492 |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | 0,00% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CSLL | % | 9,00% | 201 | 216 | 230 | 242 | 252 | 262 | 271 | 279 | 286 | 292 | 298 | 304 | 309 | 314 | 318 | 322 | 326 | 329 |
| IR | % | 25,00% | 558 | 601 | 638 | 672 | 701 | 728 | 752 | 774 | 794 | 812 | 829 | 844 | 859 | 872 | 884 | 896 | 906 | 915 |
| PIS/COFINS | % | 4,75% | 1.540 | 1.658 | 1.762 | 1.854 | 1.936 | 2.010 | 2.076 | 2.137 | 2.192 | 2.242 | 2.288 | 2.331 | 2.371 | 2.407 | 2.441 | 2.473 | 2.503 | 2.530 |
| ISS | % | 2,00% | 630 | 679 | 721 | 759 | 792 | 823 | 850 | 874 | 897 | 918 | 937 | 954 | 970 | 985 | 999 | 1.012 | 1.024 | 1.035 |
| Custo Total | R\$/mês | | 33.059 | 35.592 | 37.819 | 39.794 | 41.555 | 43.137 | 44.565 | 45.861 | 47.042 | 48.122 | 49.115 | 50.030 | 50.877 | 51.662 | 52.392 | 53.072 | 53.709 | 54.302 |
| Custo por tonelada | R\$/t | | 5,16 | 5,94 | 6,72 | 7,49 | 8,27 | 9,05 | 9,82 | 10,60 | 11,38 | 12,16 | 12,93 | 13,71 | 14,49 | 15,26 | 16,04 | 16,82 | 17,59 | 18,36 |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Bitrem para o cenário III.

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Bitrem | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 47,5 | 52,5 | 57,5 | 62,5 | 67,5 | 72,5 | 77,5 | 82,5 | 87,5 | 92,5 | |
| Custo Fixo | Mão-de-Obra | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| | Depreciação | | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 | 3.259 |
| | Seguro - Licenciamento | | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 | 1.182 |
| | Custos Administrativos | | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| | Taxa de Juros % aa | | 8% | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 |
| Sub-Total Custos - fixos | | | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 | 20.929 |
| Produção Mensal | h/ciclo - efetivo | | 4,45 | 4,74 | 5,03 | 5,33 | 5,62 | 5,91 | 6,20 | 6,49 | 6,78 | 7,07 | 7,36 | 7,65 | 7,94 | 8,23 | 8,52 | 8,81 | 9,10 | 9,39 |
| | h/ciclo - nominal | | 5,57 | 5,93 | 6,29 | 6,66 | 7,02 | 7,38 | 7,75 | 8,11 | 8,47 | 8,84 | 9,20 | 9,56 | 9,93 | 10,29 | 10,65 | 11,02 | 11,38 | 11,75 |
| | ciclos/mês | | 109 | 103 | 97 | 91 | 87 | 82 | 79 | 75 | 72 | 69 | 66 | 64 | 61 | 59 | 57 | 55 | 53 | 51 |
| | ciclos/dia | | 3,59 | 3,37 | 3,18 | 3,00 | 2,85 | 2,71 | 2,58 | 2,47 | 2,36 | 2,26 | 2,17 | 2,09 | 2,01 | 1,94 | 1,88 | 1,82 | 1,76 | 1,70 |
| | l/mês | | 5,055 | 4,745 | 4,471 | 4,227 | 4,008 | 3,811 | 3,632 | 3,470 | 3,321 | 3,184 | 3,059 | 2,942 | 2,835 | 2,735 | 2,641 | 2,554 | 2,473 | 2,397 |
| Custo Variável | km/mês | | 2.732 | 3.590 | 4.349 | 5.026 | 5.632 | 6.179 | 6.674 | 7.125 | 7.537 | 7.916 | 8.264 | 8.586 | 8.885 | 9.162 | 9.421 | 9.662 | 9.888 | 10.109 |
| | km/mês | | 1.906 | 2.505 | 3.035 | 3.507 | 3.930 | 4.312 | 4.657 | 4.972 | 5.260 | 5.524 | 5.767 | 5.992 | 6.200 | 6.394 | 6.574 | 6.743 | 6.900 | 7.048 |
| | km/mês | | 825 | 1.085 | 1.314 | 1.519 | 1.702 | 1.867 | 2.017 | 2.153 | 2.277 | 2.392 | 2.497 | 2.594 | 2.685 | 2.768 | 2.847 | 2.919 | 2.988 | 3.058 |
| | Pneus | | 1.263 | 1.659 | 2.010 | 2.323 | 2.603 | 2.856 | 3.085 | 3.293 | 3.484 | 3.659 | 3.820 | 3.969 | 4.107 | 4.235 | 4.354 | 4.466 | 4.570 | 4.668 |
| | Diesel | | 4.166 | 5.474 | 6.632 | 7.664 | 8.588 | 9.422 | 10.177 | 10.865 | 11.494 | 12.071 | 12.602 | 13.093 | 13.548 | 13.971 | 14.366 | 14.734 | 15.078 | 15.407 |
| Custo - Fixo + Variável | Lubrificantes | | 38 | 49 | 60 | 69 | 78 | 85 | 92 | 98 | 104 | 109 | 114 | 118 | 122 | 126 | 130 | 133 | 136 | 139 |
| | Lavagem | | 150 | 198 | 239 | 277 | 310 | 340 | 367 | 392 | 415 | 436 | 455 | 473 | 489 | 504 | 518 | 532 | 544 | 556 |
| | Manutenção | | 696 | 915 | 1.109 | 1.281 | 1.436 | 1.575 | 1.701 | 1.816 | 1.922 | 2.018 | 2.107 | 2.189 | 2.265 | 2.336 | 2.402 | 2.463 | 2.521 | 2.576 |
| | Sub-Total Custos - Variáveis | | 6.313 | 8.296 | 10.051 | 11.613 | 13.015 | 14.278 | 15.423 | 16.465 | 17.418 | 18.292 | 19.098 | 19.842 | 20.532 | 21.173 | 21.770 | 22.328 | 22.850 | 23.339 |
| | Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | | 27.241 | 29.225 | 30.979 | 32.542 | 33.943 | 35.206 | 36.351 | 37.393 | 38.346 | 39.221 | 40.026 | 40.770 | 41.460 | 42.101 | 42.698 | 43.256 | 43.779 | 44.266 |
| Impostos | Custo Total | | 27.241 | 29.225 | 30.979 | 32.542 | 33.943 | 35.206 | 36.351 | 37.393 | 38.346 | 39.221 | 40.026 | 40.770 | 41.460 | 42.101 | 42.698 | 43.256 | 43.779 | 44.266 |
| | ICMS | | 0,00% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | CSLL | | 9,00% | 196 | 210 | 223 | 234 | 244 | 253 | 262 | 269 | 276 | 282 | 288 | 294 | 299 | 303 | 307 | 311 | 315 |
| | IR | | 25,00% | 545 | 584 | 620 | 651 | 679 | 704 | 727 | 748 | 767 | 784 | 801 | 815 | 829 | 842 | 854 | 865 | 876 |
| | PIS/COFINS | | 4,75% | 1.504 | 1.614 | 1.710 | 1.797 | 1.874 | 1.944 | 2.007 | 2.065 | 2.117 | 2.166 | 2.210 | 2.251 | 2.289 | 2.325 | 2.358 | 2.388 | 2.417 |
| Custo Total | ISS | | 616 | 660 | 700 | 735 | 767 | 796 | 821 | 845 | 866 | 886 | 904 | 921 | 937 | 951 | 965 | 977 | 989 | 1.000 |
| | Custo por tonelada | | 32.281 | 34.631 | 36.711 | 38.563 | 40.223 | 41.720 | 43.077 | 44.312 | 45.441 | 46.477 | 47.431 | 48.313 | 49.131 | 49.890 | 50.598 | 51.259 | 51.878 | 52.457 |
| | | | 6,39 | 7,30 | 8,21 | 9,12 | 10,03 | 10,95 | 11,86 | 12,77 | 13,68 | 14,60 | 15,51 | 16,42 | 17,33 | 18,24 | 19,16 | 20,07 | 20,98 | 21,89 |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Romeu e Julieta para o cenário III.

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Romeu e Julieta | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 12.5 | 17.5 | 22.5 | 27.5 | 32.5 | 37.5 | 42.5 | 47.5 | 52.5 | 57.5 | 62.5 | 67.5 | 72.5 | 77.5 | 82.5 | 87.5 | 92.5 | |
| Custo Fixo | | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 | 3.018 |
| Depreciação | R\$/mês | | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 | 1.142 |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Custos Administrativos | R\$/mês | | 8% | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 | 3.276 |
| Taxa de Juros % aa | R\$/mês | | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 | 20.648 |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | | 4.44 | 4.72 | 5.00 | 5.29 | 5.57 | 5.85 | 6.14 | 6.42 | 6.70 | 6.99 | 7.27 | 7.55 | 7.84 | 8.12 | 8.40 | 8.69 | 8.97 | 9.25 |
| Produção Mensal | | | 5.54 | 5.90 | 6.25 | 6.61 | 6.96 | 7.32 | 7.67 | 8.02 | 8.38 | 8.73 | 9.09 | 9.44 | 9.80 | 10.15 | 10.50 | 10.86 | 11.21 | 11.56 |
| h/ciclo - efetivo | | | 110 | 103 | 97 | 92 | 87 | 83 | 79 | 76 | 73 | 70 | 67 | 64 | 62 | 60 | 58 | 56 | 54 | 52 |
| h/ciclo - nominal | | | 3.61 | 3.39 | 3.20 | 3.03 | 2.87 | 2.73 | 2.61 | 2.49 | 2.39 | 2.29 | 2.20 | 2.12 | 2.04 | 1.97 | 1.90 | 1.84 | 1.78 | 1.72 |
| Asfalto | km/mês | | 2.743 | 3.610 | 4.378 | 5.064 | 5.680 | 6.237 | 6.742 | 7.202 | 7.624 | 8.011 | 8.368 | 8.699 | 9.005 | 9.290 | 9.556 | 9.805 | 10.038 | 10.258 |
| cascalho + Terra | km/mês | | 1.914 | 2.519 | 3.055 | 3.534 | 3.964 | 4.352 | 4.705 | 5.026 | 5.320 | 5.591 | 5.840 | 6.070 | 6.284 | 6.483 | 6.669 | 6.842 | 7.005 | 7.158 |
| | | | 829 | 1.091 | 1.323 | 1.530 | 1.716 | 1.884 | 2.037 | 2.176 | 2.304 | 2.421 | 2.529 | 2.628 | 2.721 | 2.807 | 2.887 | 2.963 | 3.033 | 3.103 |
| Custo Variável | | | 1.268 | 1.668 | 2.024 | 2.341 | 2.625 | 2.883 | 3.116 | 3.329 | 3.524 | 3.703 | 3.868 | 4.021 | 4.162 | 4.294 | 4.417 | 4.532 | 4.640 | 4.740 |
| Pneus | R\$/mês | | 4.183 | 5.504 | 6.676 | 7.722 | 8.662 | 9.510 | 10.280 | 10.983 | 11.626 | 12.216 | 12.761 | 13.265 | 13.732 | 14.167 | 14.572 | 14.951 | 15.306 | 15.640 |
| Diesel | R\$/mês | | 38 | 50 | 60 | 70 | 78 | 86 | 93 | 99 | 105 | 110 | 115 | 120 | 124 | 128 | 132 | 135 | 138 | 141 |
| Lubrificantes | R\$/mês | | 151 | 199 | 241 | 279 | 313 | 343 | 371 | 396 | 420 | 441 | 461 | 479 | 496 | 511 | 526 | 540 | 552 | 562 |
| Lavagem | R\$/mês | | 659 | 867 | 1.052 | 1.216 | 1.364 | 1.498 | 1.619 | 1.730 | 1.831 | 1.924 | 2.010 | 2.090 | 2.163 | 2.232 | 2.295 | 2.355 | 2.411 | 2.463 |
| Manutenção | R\$/mês | | 6.298 | 8.288 | 10.052 | 11.627 | 13.042 | 14.320 | 15.480 | 16.537 | 17.505 | 18.395 | 19.215 | 19.974 | 20.677 | 21.332 | 21.942 | 22.513 | 23.047 | 23.545 |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | | 26.946 | 28.936 | 30.700 | 32.275 | 33.690 | 34.968 | 36.128 | 37.185 | 38.153 | 39.043 | 39.863 | 40.622 | 41.325 | 41.980 | 42.590 | 43.161 | 43.695 | 44.203 |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | | 2.156 | 2.315 | 2.456 | 2.582 | 2.695 | 2.797 | 2.890 | 2.975 | 3.052 | 3.123 | 3.189 | 3.250 | 3.306 | 3.358 | 3.407 | 3.453 | 3.496 | 3.536 |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 8,00% | 29.102 | 31.251 | 33.156 | 34.858 | 36.386 | 37.766 | 39.018 | 40.160 | 41.206 | 42.166 | 43.052 | 43.871 | 44.631 | 45.338 | 45.998 | 46.614 | 47.191 | 47.725 |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | 0,00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CSLL | % | 9,00% | 194 | 208 | 221 | 232 | 243 | 252 | 260 | 268 | 275 | 281 | 287 | 292 | 298 | 302 | 307 | 311 | 315 | 318 |
| IR | % | 25,00% | 539 | 579 | 614 | 646 | 674 | 699 | 723 | 744 | 763 | 781 | 797 | 812 | 827 | 840 | 852 | 863 | 874 | 883 |
| PIS/COFINS | % | 4,75% | 1.488 | 1.598 | 1.695 | 1.782 | 1.860 | 1.931 | 1.995 | 2.053 | 2.107 | 2.156 | 2.201 | 2.243 | 2.282 | 2.318 | 2.352 | 2.383 | 2.413 | 2.440 |
| ISS | % | 2,00% | 609 | 654 | 694 | 729 | 761 | 790 | 816 | 840 | 862 | 882 | 901 | 918 | 934 | 949 | 962 | 975 | 987 | 1.000 |
| Custo Total | R\$/mês | | 31.932 | 34.289 | 36.380 | 38.247 | 39.923 | 41.438 | 42.812 | 44.065 | 45.212 | 46.266 | 47.238 | 48.137 | 48.971 | 49.747 | 50.470 | 51.146 | 51.780 | 52.380 |
| Custo por tonelada | R\$/t | | 6,31 | 7,21 | 8,11 | 9,00 | 9,90 | 10,80 | 11,70 | 12,60 | 13,50 | 14,40 | 15,30 | 16,19 | 17,09 | 17,99 | 18,89 | 19,79 | 20,69 | 21,58 |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Tritem para o cenário IV

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Tritem | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12.5 | 17.5 | 22.5 | 27.5 | 32.5 | 37.5 | 42.5 | 47.5 | 52.5 | 57.5 | 62.5 | 67.5 | 72.5 | 77.5 | 82.5 | 87.5 | 92.5 | |
| Custo Fixo | | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 | 3.991 |
| Depreciação | R\$/mês | | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 | 1.352 |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Custos Administrativos | R\$/mês | | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 |
| Custo de Financiamento % aa | R\$/mês | 8% | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 | 22.031 |
| Produção Mensal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h/ciclo - efetivo | | | 4,45 | 4,74 | 5,03 | 5,32 | 5,61 | 5,91 | 6,20 | 6,49 | 6,78 | 7,07 | 7,36 | 7,65 | 7,94 | 8,23 | 8,52 | 8,81 | 9,10 | 9,39 |
| h/ciclo - nominal | | | 5,57 | 5,93 | 6,29 | 6,66 | 7,02 | 7,38 | 7,75 | 8,11 | 8,47 | 8,84 | 9,20 | 9,56 | 9,92 | 10,29 | 10,65 | 11,01 | 11,38 | 11,76 |
| ciclos/mês | | | 109 | 103 | 97 | 91 | 87 | 82 | 79 | 75 | 72 | 69 | 66 | 64 | 61 | 59 | 57 | 55 | 53 | 51 |
| ciclos/dia | | | 3,59 | 3,37 | 3,18 | 3,00 | 2,85 | 2,71 | 2,58 | 2,47 | 2,36 | 2,26 | 2,17 | 2,09 | 2,02 | 1,94 | 1,88 | 1,82 | 1,76 | 1,71 |
| l/mês | | | 6,676 | 6,267 | 5,905 | 5,583 | 5,294 | 5,034 | 4,798 | 4,583 | 4,386 | 4,206 | 4,040 | 3,887 | 3,744 | 3,612 | 3,489 | 3,374 | 3,266 | 3,163 |
| km/mês | | | 2,732 | 3,590 | 4,350 | 5,027 | 5,633 | 6,180 | 6,676 | 7,127 | 7,539 | 7,918 | 8,267 | 8,589 | 8,888 | 9,165 | 9,424 | 9,665 | 9,892 | 10,106 |
| km/mês | | | 1,906 | 2,506 | 3,036 | 3,508 | 3,931 | 4,313 | 4,659 | 4,973 | 5,261 | 5,526 | 5,769 | 5,994 | 6,202 | 6,396 | 6,576 | 6,745 | 6,903 | 7,051 |
| km/mês | | | 825 | 1,085 | 1,314 | 1,519 | 1,702 | 1,867 | 2,017 | 2,153 | 2,278 | 2,392 | 2,498 | 2,595 | 2,685 | 2,769 | 2,847 | 2,920 | 2,989 | 3,053 |
| Custo Variável | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pneus | R\$/mês | | 1,738 | 2,284 | 2,767 | 3,197 | 3,583 | 3,931 | 4,246 | 4,533 | 4,796 | 5,037 | 5,259 | 5,464 | 5,653 | 5,830 | 5,995 | 6,148 | 6,292 | 6,427 |
| Diesel | R\$/mês | | 4,916 | 6,461 | 7,828 | 9,045 | 10,137 | 11,121 | 12,013 | 12,825 | 13,567 | 14,248 | 14,876 | 15,456 | 15,993 | 16,493 | 16,958 | 17,393 | 17,800 | 18,180 |
| Lubrificantes | R\$/mês | | 38 | 49 | 60 | 69 | 78 | 85 | 92 | 98 | 104 | 109 | 114 | 118 | 122 | 126 | 130 | 133 | 136 | 139 |
| Lavagem | R\$/mês | | 150 | 198 | 239 | 277 | 310 | 340 | 367 | 392 | 415 | 436 | 455 | 473 | 489 | 504 | 519 | 532 | 544 | 554 |
| Manutenção | R\$/mês | 12 | 903 | 1,186 | 1,437 | 1,661 | 1,861 | 2,042 | 2,206 | 2,355 | 2,491 | 2,616 | 2,732 | 2,838 | 2,937 | 3,029 | 3,114 | 3,194 | 3,269 | 3,339 |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | | 7.745 | 10.179 | 12.331 | 14.249 | 15.969 | 17.519 | 18.924 | 20.203 | 21.373 | 22.446 | 23.435 | 24.348 | 25.195 | 25.982 | 26.715 | 27.400 | 28.041 | 28.641 |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | | 29.776 | 32.210 | 34.363 | 36.281 | 38.000 | 39.551 | 40.956 | 42.235 | 43.404 | 44.478 | 45.466 | 46.380 | 47.226 | 48.013 | 48.746 | 49.431 | 50.072 | 50.672 |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 8,00% | 3,382 | 2,577 | 2,749 | 2,902 | 3,040 | 3,164 | 3,276 | 3,379 | 3,472 | 3,558 | 3,637 | 3,710 | 3,778 | 3,841 | 3,900 | 3,954 | 4,006 | 4,054 |
| Custo Total | R\$/mês | | 32.158 | 34.787 | 37.112 | 39.183 | 41.040 | 42.715 | 44.232 | 45.614 | 46.877 | 48.036 | 49.103 | 50.090 | 51.004 | 51.854 | 52.646 | 53.386 | 54.078 | 54.736 |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | 0,00% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CSLL | % | 9,00% | 214 | 232 | 247 | 261 | 274 | 285 | 295 | 304 | 313 | 320 | 327 | 334 | 340 | 346 | 351 | 356 | 361 | 366 |
| IR | % | 25,00% | 596 | 644 | 687 | 726 | 760 | 791 | 819 | 845 | 868 | 890 | 909 | 928 | 945 | 960 | 975 | 989 | 1.001 | 1.011 |
| PIS/COFINS | % | 4,75% | 1,644 | 1,778 | 1,897 | 2,003 | 2,098 | 2,184 | 2,261 | 2,332 | 2,397 | 2,456 | 2,510 | 2,561 | 2,608 | 2,651 | 2,692 | 2,729 | 2,765 | 2,799 |
| ISS | % | 2,00% | 673 | 728 | 776 | 820 | 859 | 894 | 925 | 954 | 981 | 1.005 | 1.027 | 1.048 | 1.067 | 1.085 | 1.101 | 1.117 | 1.131 | 1.144 |
| Custo Total | R\$/mês | | 35.285 | 38.169 | 40.720 | 42.993 | 45.031 | 46.868 | 48.533 | 50.049 | 51.434 | 52.706 | 53.878 | 54.960 | 55.964 | 56.896 | 57.765 | 58.576 | 59.336 | 60.046 |
| Custo por tonelada | R\$/t | | 5,29 | 6,09 | 6,90 | 7,70 | 8,51 | 9,31 | 10,12 | 10,92 | 11,73 | 12,53 | 13,34 | 14,14 | 14,95 | 15,75 | 16,56 | 17,36 | 18,17 | 18,97 |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Rodotrem para o cenário IV

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Rodotrem | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 47,5 | 52,5 | 57,5 | 62,5 | 67,5 | 72,5 | 77,5 | 82,5 | 87,5 | 92,5 | |
| Custo Fixo | | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Depreciação | R\$/mês | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 | 3.543 |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 | 1.279 |
| Custos Administrativos | R\$/mês | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Taxa de Juros % aa | R\$/mês | 8% | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 | 21.509 |
| Produção Mensal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h/ciclo - efetivo | | | 4,47 | 4,76 | 5,06 | 5,36 | 5,65 | 5,95 | 6,24 | 6,54 | 6,84 | 7,13 | 7,43 | 7,73 | 8,02 | 8,32 | 8,61 | 8,91 | 9,21 | 9,51 |
| h/ciclo - nominal | | | 5,58 | 5,96 | 6,33 | 6,70 | 7,07 | 7,44 | 7,81 | 8,18 | 8,55 | 8,92 | 9,29 | 9,66 | 10,03 | 10,40 | 10,77 | 11,14 | 11,51 | 11,88 |
| ciclos/mês | | | 109 | 102 | 96 | 91 | 86 | 82 | 78 | 74 | 71 | 68 | 65 | 63 | 61 | 58 | 56 | 55 | 53 | 53 |
| ciclos/dia | | | 3,58 | 3,36 | 3,16 | 2,99 | 2,83 | 2,69 | 2,56 | 2,45 | 2,34 | 2,24 | 2,15 | 2,07 | 1,99 | 1,92 | 1,86 | 1,80 | 1,74 | 1,74 |
| km/mês | | | 6,447 | 6,046 | 5,692 | 5,377 | 5,095 | 4,841 | 4,612 | 4,403 | 4,212 | 4,037 | 3,876 | 3,728 | 3,590 | 3,462 | 3,343 | 3,232 | 3,128 | 3,028 |
| Asfalto | km/mês | | 2,723 | 3,575 | 4,328 | 4,997 | 5,596 | 6,135 | 6,624 | 7,068 | 7,473 | 7,845 | 8,187 | 8,503 | 8,796 | 9,067 | 9,321 | 9,557 | 9,778 | 9,978 |
| cascalho + Terra | km/mês | | 1,900 | 2,495 | 3,020 | 3,487 | 3,905 | 4,282 | 4,622 | 4,932 | 5,215 | 5,475 | 5,713 | 5,934 | 6,138 | 6,328 | 6,504 | 6,669 | 6,823 | 6,964 |
| | km/mês | | 823 | 1,080 | 1,308 | 1,510 | 1,691 | 1,854 | 2,001 | 2,136 | 2,258 | 2,370 | 2,474 | 2,569 | 2,658 | 2,740 | 2,816 | 2,888 | 2,954 | 3,020 |
| Custo Variável | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pneus | R\$/mês | | 1,732 | 2,274 | 2,753 | 3,179 | 3,560 | 3,903 | 4,213 | 4,496 | 4,754 | 4,990 | 5,208 | 5,409 | 5,595 | 5,768 | 5,929 | 6,079 | 6,220 | 6,355 |
| Diesel | R\$/mês | | 4,900 | 6,434 | 7,788 | 8,992 | 10,070 | 11,041 | 11,919 | 12,718 | 13,448 | 14,117 | 14,733 | 15,301 | 15,828 | 16,317 | 16,772 | 17,198 | 17,595 | 17,955 |
| Lubrificantes | R\$/mês | | 37 | 49 | 60 | 69 | 77 | 84 | 91 | 97 | 103 | 108 | 113 | 117 | 121 | 125 | 128 | 132 | 135 | 138 |
| Lavagem | R\$/mês | | 150 | 197 | 238 | 275 | 308 | 338 | 365 | 389 | 411 | 432 | 451 | 468 | 484 | 499 | 513 | 526 | 538 | 549 |
| Manutenção | R\$/mês | | 800 | 1,051 | 1,272 | 1,468 | 1,644 | 1,803 | 1,946 | 2,077 | 2,196 | 2,305 | 2,406 | 2,499 | 2,585 | 2,664 | 2,739 | 2,808 | 2,873 | 2,934 |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | | 7.620 | 10.005 | 12.110 | 13.983 | 15.659 | 17.169 | 18.535 | 19.777 | 20.912 | 21.952 | 22.910 | 23.794 | 24.613 | 25.373 | 26.081 | 26.742 | 27.361 | 27.938 |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | | 29.130 | 31.514 | 33.620 | 35.492 | 37.169 | 38.678 | 40.044 | 41.286 | 42.421 | 43.462 | 44.419 | 45.303 | 46.122 | 46.883 | 47.591 | 48.252 | 48.870 | 49.449 |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 8,00% | 2,330 | 2,521 | 2,690 | 2,839 | 2,973 | 3,094 | 3,204 | 3,303 | 3,394 | 3,477 | 3,554 | 3,624 | 3,690 | 3,751 | 3,807 | 3,860 | 3,910 | 3,958 |
| Custo Total | R\$/mês | | 31.460 | 34.035 | 36.309 | 38.332 | 40.142 | 41.772 | 43.248 | 44.589 | 45.815 | 46.939 | 47.973 | 48.928 | 49.812 | 50.633 | 51.398 | 52.112 | 52.780 | 53.407 |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | 0,00% | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CSLL | % | 9,00% | 210 | 227 | 242 | 256 | 268 | 278 | 288 | 297 | 305 | 313 | 320 | 326 | 332 | 338 | 343 | 347 | 352 | 357 |
| IR | % | 25,00% | 583 | 630 | 672 | 710 | 743 | 774 | 801 | 826 | 848 | 869 | 888 | 906 | 922 | 938 | 952 | 965 | 977 | 988 |
| PIS/COFINS | % | 4,75% | 1,608 | 1,740 | 1,856 | 1,960 | 2,052 | 2,136 | 2,211 | 2,280 | 2,342 | 2,400 | 2,453 | 2,501 | 2,547 | 2,589 | 2,628 | 2,664 | 2,698 | 2,731 |
| ISS | % | 2,00% | 658 | 712 | 760 | 802 | 840 | 874 | 905 | 933 | 959 | 982 | 1,004 | 1,024 | 1,042 | 1,059 | 1,075 | 1,090 | 1,104 | 1,117 |
| Custo Total | R\$/mês | | 34.519 | 37.345 | 39.840 | 42.059 | 44.045 | 45.834 | 47.463 | 48.925 | 50.270 | 51.503 | 52.637 | 53.685 | 54.655 | 55.556 | 56.396 | 57.179 | 57.912 | 58.595 |
| Custo por tonelada | R\$/t | | 5,35 | 6,18 | 7,00 | 7,82 | 8,64 | 9,47 | 10,29 | 11,11 | 11,93 | 12,76 | 13,58 | 14,40 | 15,22 | 16,05 | 16,87 | 17,69 | 18,51 | 19,32 |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Bitrem para o cenário IV

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | | | | | | | | | | | | Bitrem | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--|--|--|--|--|--|--|
| | | 12.5 | 17.5 | 22.5 | 27.5 | 32.5 | 37.5 | 42.5 | 47.5 | 52.5 | 57.5 | 62.5 | 67.5 | 72.5 | 77.5 | 82.5 | 87.5 | 92.5 | | | | | | | |
| Custo Fixo | | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | | | | | | | |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | 3.489 | | | | | | | |
| Depreciação | R\$/mês | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | 1.257 | | | | | | | |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | | | | | | | |
| Custos Administrativos | R\$/mês | 8% | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | | | | | | | |
| Taxa de Juros % aa | R\$/mês | | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | | | | | | | |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | 21.433 | | | | | | | |
| Produção Mensal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h/ciclo - efetivo | | 4,42 | 4,70 | 4,98 | 5,26 | 5,54 | 5,82 | 6,10 | 6,38 | 6,65 | 6,93 | 7,21 | 7,49 | 7,77 | 8,05 | 8,33 | 8,61 | 8,88 | | | | | | | |
| h/ciclo - nominal | | 5,53 | 5,88 | 6,23 | 6,58 | 6,92 | 7,27 | 7,62 | 7,97 | 8,32 | 8,67 | 9,02 | 9,36 | 9,71 | 10,06 | 10,41 | 10,76 | 11,11 | | | | | | | |
| ciclos/mês | | 110 | 103 | 98 | 93 | 88 | 84 | 80 | 76 | 73 | 70 | 67 | 65 | 63 | 60 | 58 | 57 | 55 | | | | | | | |
| ciclos/dia | | 3,62 | 3,40 | 3,21 | 3,04 | 2,89 | 2,75 | 2,62 | 2,51 | 2,40 | 2,31 | 2,22 | 2,14 | 2,06 | 1,99 | 1,92 | 1,86 | 1,80 | | | | | | | |
| t/mês | | 5,089 | 4,787 | 4,519 | 4,280 | 4,064 | 3,870 | 3,693 | 3,531 | 3,383 | 3,247 | 3,122 | 3,005 | 2,898 | 2,797 | 2,704 | 2,616 | 2,534 | | | | | | | |
| km/mês | | 2,750 | 3,622 | 4,396 | 5,088 | 5,711 | 6,273 | 6,785 | 7,251 | 7,679 | 8,072 | 8,435 | 8,770 | 9,082 | 9,372 | 9,643 | 9,896 | 10,133 | | | | | | | |
| Asfalto | km/mês | 1,919 | 2,527 | 3,068 | 3,551 | 3,985 | 4,378 | 4,735 | 5,060 | 5,359 | 5,633 | 5,886 | 6,120 | 6,338 | 6,540 | 6,729 | 6,906 | 7,071 | | | | | | | |
| cascalho + Terra | km/mês | 831 | 1,094 | 1,328 | 1,537 | 1,725 | 1,896 | 2,050 | 2,191 | 2,320 | 2,439 | 2,549 | 2,650 | 2,744 | 2,832 | 2,914 | 2,990 | 3,062 | | | | | | | |
| Custo Variável | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pneus | R\$/mês | 1.358 | 1.789 | 2.171 | 2.513 | 2.820 | 3.098 | 3.351 | 3.581 | 3.792 | 3.986 | 4.166 | 4.331 | 4.485 | 4.628 | 4.762 | 4.887 | 5.004 | | | | | | | |
| Diesel | R\$/mês | 4.643 | 6.115 | 7.422 | 8.591 | 9.642 | 10.592 | 11.455 | 12.243 | 12.965 | 13.629 | 14.241 | 14.808 | 15.334 | 15.824 | 16.281 | 16.708 | 17.109 | | | | | | | |
| Lubrificantes | R\$/mês | 38 | 50 | 61 | 70 | 79 | 86 | 93 | 100 | 106 | 111 | 116 | 121 | 125 | 129 | 133 | 136 | 139 | | | | | | | |
| Lavagem | R\$/mês | 151 | 199 | 242 | 280 | 314 | 345 | 373 | 399 | 423 | 444 | 464 | 483 | 500 | 516 | 531 | 545 | 558 | | | | | | | |
| Manutenção | R\$/mês | 800 | 1.054 | 1.279 | 1.481 | 1.662 | 1.826 | 1.974 | 2.110 | 2.234 | 2.349 | 2.454 | 2.552 | 2.643 | 2.727 | 2.806 | 2.880 | 2.949 | | | | | | | |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | 6.991 | 9.207 | 11.175 | 12.934 | 14.517 | 15.947 | 17.247 | 18.433 | 19.520 | 20.512 | 21.442 | 22.295 | 23.087 | 23.825 | 24.512 | 25.156 | 25.759 | | | | | | | |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | 28.424 | 30.640 | 32.608 | 34.368 | 35.950 | 37.381 | 38.681 | 39.867 | 40.953 | 41.953 | 42.875 | 43.728 | 44.520 | 45.258 | 45.946 | 46.589 | 47.192 | | | | | | | |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 2.274 | 2.451 | 2.609 | 2.749 | 2.876 | 2.990 | 3.094 | 3.189 | 3.276 | 3.356 | 3.430 | 3.498 | 3.562 | 3.621 | 3.676 | 3.727 | 3.775 | | | | | | | |
| Custo Total | R\$/mês | 30.698 | 33.091 | 35.217 | 37.117 | 38.826 | 40.371 | 41.775 | 43.056 | 44.230 | 45.309 | 46.305 | 47.227 | 48.082 | 48.878 | 49.621 | 50.316 | 50.967 | | | | | | | |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | 0,00% | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CSLL | % | 205 | 221 | 235 | 247 | 259 | 269 | 278 | 287 | 295 | 302 | 309 | 315 | 321 | 326 | 331 | 335 | 340 | | | | | | | |
| IR | % | 568 | 613 | 652 | 687 | 719 | 748 | 774 | 797 | 819 | 839 | 857 | 875 | 890 | 905 | 919 | 932 | 944 | | | | | | | |
| PIS/COFINS | % | 1.569 | 1.692 | 1.800 | 1.898 | 1.985 | 2.064 | 2.136 | 2.201 | 2.261 | 2.316 | 2.367 | 2.414 | 2.458 | 2.499 | 2.537 | 2.572 | 2.606 | | | | | | | |
| ISS | % | 642 | 692 | 737 | 777 | 812 | 845 | 874 | 901 | 925 | 948 | 969 | 988 | 1.006 | 1.023 | 1.038 | 1.053 | 1.066 | | | | | | | |
| Custo Total | R\$/mês | 33.683 | 36.309 | 38.641 | 40.726 | 42.601 | 44.297 | 45.837 | 47.242 | 48.530 | 49.714 | 50.807 | 51.818 | 52.757 | 53.631 | 54.446 | 55.208 | 55.923 | | | | | | | |
| Custo por tonelada | R\$/t | 6,62 | 7,58 | 8,55 | 9,52 | 10,48 | 11,45 | 12,41 | 13,38 | 14,34 | 15,31 | 16,28 | 17,24 | 18,21 | 19,17 | 20,14 | 21,10 | 22,07 | | | | | | | |

Base monetária referente a jun/2010

Demonstrativo de cálculo de custos e produção mensal do Romeu e Julieta para o cenário IV

| Premissas Comuns | UM | Valores Comuns | Romeu e Julieta | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | | | 12,5 | 17,5 | 22,5 | 27,5 | 32,5 | 37,5 | 42,5 | 47,5 | 52,5 | 57,5 | 62,5 | 67,5 | 72,5 | 77,5 | 82,5 | 87,5 | 92,5 | |
| Custo Fixo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mão-de-Obra | R\$/mês | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 | 12.279 |
| Depreciação | R\$/mês | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 | 3.248 |
| Seguro - Licenciamento | R\$/mês | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 | 1.217 |
| Custos Administrativos | R\$/mês | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 | 933 |
| Taxa de Juros % aa | R\$/mês | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 | 3.476 |
| Sub-Total Custos - fixos | R\$/mês | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 | 21.153 |
| Produção Mensal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| h/ciclo - efetivo | | 4,41 | 4,95 | 5,22 | 5,50 | 5,77 | 6,04 | 6,31 | 6,58 | 6,86 | 7,13 | 7,40 | 7,67 | 7,94 | 8,22 | 8,49 | 8,76 | 9,03 | 9,30 | 9,57 |
| h/ciclo - nominal | | 5,51 | 6,19 | 6,53 | 6,87 | 7,21 | 7,55 | 7,89 | 8,23 | 8,57 | 8,91 | 9,25 | 9,59 | 9,93 | 10,27 | 10,61 | 10,95 | 11,29 | 11,63 | 11,97 |
| ciclos/mês | | 110 | 98 | 93 | 89 | 84 | 81 | 77 | 74 | 71 | 68 | 66 | 63 | 61 | 59 | 57 | 56 | 54 | 52 | 50 |
| ciclos/dia | | 3,63 | 3,42 | 3,23 | 3,06 | 2,91 | 2,77 | 2,65 | 2,53 | 2,43 | 2,34 | 2,24 | 2,16 | 2,09 | 2,01 | 1,95 | 1,88 | 1,83 | 1,78 | 1,73 |
| t/mês | | 5,094 | 4,798 | 4,534 | 4,298 | 4,085 | 3,892 | 3,717 | 3,557 | 3,410 | 3,274 | 3,149 | 3,034 | 2,926 | 2,826 | 2,732 | 2,645 | 2,562 | 2,481 | 2,401 |
| km/mês | | 2,760 | 3,640 | 4,423 | 5,124 | 5,756 | 6,328 | 6,849 | 7,324 | 7,761 | 8,163 | 8,534 | 8,878 | 9,197 | 9,495 | 9,772 | 10,032 | 10,276 | 10,505 | 10,726 |
| Astfallo | km/mês | 1,926 | 2,540 | 3,086 | 3,576 | 4,017 | 4,416 | 4,779 | 5,111 | 5,416 | 5,696 | 5,955 | 6,195 | 6,418 | 6,626 | 6,820 | 7,001 | 7,171 | 7,329 | 7,476 |
| cascalho + Terra | km/mês | 834 | 1,100 | 1,336 | 1,548 | 1,739 | 1,912 | 2,069 | 2,213 | 2,345 | 2,466 | 2,579 | 2,682 | 2,779 | 2,869 | 2,953 | 3,031 | 3,105 | 3,175 | 3,244 |
| Custo Variável | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pneus | R\$/mês | 1,363 | 1,798 | 2,184 | 2,531 | 2,843 | 3,125 | 3,382 | 3,617 | 3,833 | 4,031 | 4,214 | 4,384 | 4,542 | 4,689 | 4,826 | 4,955 | 5,075 | 5,187 | 5,294 |
| Diesel | R\$/mês | 4,661 | 6,146 | 7,468 | 8,652 | 9,718 | 10,684 | 11,564 | 12,367 | 13,104 | 13,782 | 14,409 | 14,989 | 15,529 | 16,031 | 16,500 | 16,939 | 17,351 | 17,735 | 18,093 |
| Lubrificantes | R\$/mês | 38 | 50 | 61 | 71 | 79 | 87 | 94 | 101 | 107 | 112 | 117 | 122 | 127 | 131 | 135 | 138 | 141 | 144 | 147 |
| Lavagem | R\$/mês | 152 | 200 | 243 | 282 | 317 | 348 | 377 | 403 | 427 | 449 | 470 | 489 | 506 | 523 | 538 | 552 | 566 | 579 | 591 |
| Manutenção | R\$/mês | 760 | 1,002 | 1,217 | 1,410 | 1,584 | 1,741 | 1,885 | 2,016 | 2,136 | 2,246 | 2,348 | 2,443 | 2,531 | 2,613 | 2,689 | 2,761 | 2,828 | 2,891 | 2,950 |
| Sub-Total Custos - Variáveis | R\$/mês | 6,974 | 9,196 | 11,173 | 12,945 | 14,541 | 15,986 | 17,302 | 18,504 | 19,606 | 20,621 | 21,559 | 22,427 | 23,234 | 23,986 | 24,688 | 25,345 | 25,961 | 26,538 | 27,076 |
| Custo - Fixo + Variável | R\$/mês | 28,127 | 30,348 | 32,326 | 34,098 | 35,694 | 37,139 | 38,454 | 39,656 | 40,759 | 41,774 | 42,711 | 43,580 | 44,387 | 45,139 | 45,841 | 46,498 | 47,114 | 47,691 | 48,229 |
| Lucro % Sobre Custo Fixo + Variável | R\$/mês | 2,250 | 2,428 | 2,586 | 2,728 | 2,855 | 2,971 | 3,076 | 3,173 | 3,261 | 3,342 | 3,417 | 3,486 | 3,551 | 3,611 | 3,667 | 3,720 | 3,769 | 3,814 | 3,856 |
| Custo Total | R\$/mês | 30,377 | 32,776 | 34,912 | 36,825 | 38,549 | 40,110 | 41,531 | 42,829 | 44,020 | 45,116 | 46,128 | 47,066 | 47,938 | 48,750 | 49,508 | 50,217 | 50,883 | 51,505 | 52,085 |
| Impostos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ICMS | % | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| CSLL | % | 203 | 219 | 233 | 246 | 257 | 267 | 277 | 286 | 293 | 301 | 308 | 314 | 320 | 325 | 330 | 335 | 339 | 343 | 347 |
| IR | % | 563 | 607 | 647 | 682 | 714 | 743 | 769 | 793 | 815 | 835 | 854 | 872 | 888 | 903 | 917 | 930 | 942 | 953 | 963 |
| PIS/COFINS | % | 1,553 | 1,676 | 1,785 | 1,883 | 1,971 | 2,051 | 2,123 | 2,190 | 2,250 | 2,307 | 2,358 | 2,406 | 2,452 | 2,492 | 2,531 | 2,567 | 2,601 | 2,633 | 2,663 |
| ISS | % | 636 | 686 | 730 | 770 | 807 | 839 | 869 | 896 | 921 | 944 | 965 | 985 | 1,003 | 1,020 | 1,036 | 1,051 | 1,065 | 1,078 | 1,090 |
| Custo Total | R\$/mês | 33,330 | 35,963 | 38,307 | 40,406 | 42,297 | 44,010 | 45,569 | 46,993 | 48,300 | 49,503 | 50,614 | 51,643 | 52,599 | 53,490 | 54,322 | 55,100 | 55,830 | 56,513 | 57,151 |
| Custo por tonelada | R\$/t | 6,54 | 7,50 | 8,45 | 9,40 | 10,35 | 11,31 | 12,26 | 13,21 | 14,17 | 15,12 | 16,07 | 17,02 | 17,98 | 18,93 | 19,88 | 20,84 | 21,79 | 22,74 | 23,69 |

Base monetária referente a jun/2010

