

**CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA**

PATRÍCIA PINTO DE OLIVEIRA

OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS NO TRANSPORTE DE MADEIRA

**BOTUCATU - SP
Julho - 2013**

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE BOTUCATU
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM LOGÍSTICA

PATRÍCIA PINTO DE OLIVEIRA

OTIMIZAÇÃO DE CUSTOS NO TRANSPORTE DE MADEIRA

Orientador: Prof. Esp. Luiz Enéias Zanetti Cardoso

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à FATEC - Faculdade de Tecnologia de Botucatu, para obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Logística.

BOTUCATU - SP
Julho - 2013

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que está acima de todas as coisas e sem ele a vitória não seria possível, ele foi quem me deu forças e coragem para continuar mesmo nas horas mais difíceis quando tudo parecia não dar certo.

A meu pai que hoje não está mais entre nós, mas que no começo desta jornada sempre me deu as melhores palavras de incentivo e força para que eu seguisse em frente e mesmo com os obstáculos conseguisse a realização deste sonho.

A minha mãe em especial que é uma guerreira, que apesar da distância estava sempre pronta para dar conselhos dar opiniões das melhores decisões a serem tomadas.

A minha amiga, companheira Queli, que foi em especial a maior incentivadora para ingressar no curso, hoje peço desculpas pela ausência, mas agradeço a sua compreensão.

A minha família, meus tios que sempre estão dispostos a me ajudar sempre estando ali com a mão estendida quando eu precisava.

Ao José Corrêa, uma espécie de Pai- Avô, que durante os três anos da faculdade fazia questão de estar acordado a hora em que eu chegava em casa e perguntava como tinha sido aquele dia de aula

Aos meus mestres, é difícil citar nomes, mas a todos em especial alguns se destacaram pela amizade pela confiança, outros pela sua dedicação em nos mostrar seus conhecimentos.

A meus amigos, grandes guerreiros uma homenagem especial ao grande círculo de amizade que criamos ao longo destes três anos de curso. Tiveram dias difíceis aqueles minutos que antecediam aquelas provas que íamos com a cara e a coragem, mas todos estavam lá uns torcendo pelos outros e sempre confiantes que se nada desse certo estaríamos juntos no exame.

A meu orientador Professor Luiz Enéias, sem palavras para agradecer o quão valiosa foram as suas dicas as suas horas de esforço e extrema dedicação para que conseguíssemos a realização deste projeto.

Ao meu co-orientador Professor Sérgio Augusto Rodrigues, que ao final deste projeto deu dicas de extrema importância e que foram de grande valia para a concretização do trabalho.

Enfim agradeço a todos que de uma forma ou de outra estiveram presentes durante toda esta jornada e que fizeram parte deste aprendizado.

DEDICATÓRIA

“Dedico este a meu amado pai”

*"Cada um que passa em nossa vida,
passa sozinho, pois cada pessoa é
única e nenhuma substitui outra.
Cada um que passa em nossa vida,
passa sozinho, mas não vai só
nem nos deixa sós. Leva um pouco
de nós mesmos, deixa um pouco de
si mesmo. Há os que levam muito,
mas há os que não levam nada.
Essa é a maior responsabilidade de
nossa vida, e a prova de que duas
almas não se encontram ao acaso. "*

(Antoine de Saint-Exupéry)

RESUMO

A crescente competitividade dos mercados, a exigência cada vez maior dos padrões de qualidade e as expectativas da comunidade com relação ao meio ambiente, são apontados como fatores que tornam urgente a necessidade de se desenvolver e estudar processos de tomada de decisão com recursos de otimização, que apoiem a atividade de planejamento do transporte florestal de madeira. Hoje o transporte de madeira no Brasil é feito principalmente por meio do modo rodoviário, sendo responsável, na maior parte das vezes, pela maior parcela do custo da madeira posto na 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 a “Lei da Balança” e reajustes dos preços de combustível. Neste pretende-se levantar alguns aspectos com relação aos veículos utilizados na área florestal, suas capacidades de carga, quais as melhores rotas a serem percorridas para que haja uma otimização de custos no processo de transporte de madeira na região, quais os veículos mais apropriados para esse transporte e qual o resultado final deste projeto qual a redução dos custos que a empresa pode ter.

PALAVRAS-CHAVE: Logística. Otimização de Custos. Pedágio. Transporte de Madeira.

LISTA DE FIGURAS

Figura	Pág.
Figura 1 – Mapa das vias permissíveis para o transporte de madeira.....	34
Figura 2 – Pontos e trechos de referencia para o transporte.....	35
Figura 3 – Tela de saída do software LINDO® otimização de percurso para veículo Bi-trem	45
Figura 4 - Tela de saída do software LINDO®, otimização com veículo Tri-trem.....	46
Figura 5 – Roteirização otimizada para os veículos Bi-trem e Tri-trem.....	47
Figura 6 – Comparativo de custos.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela	Pág.
Tabela 1 - Malha Rodoviária Brasileira.....	12
Tabela 2 - Dimensões máximas dos veículos de transporte de cargas.....	14
Tabela 3 - Características dos veículos autorizados a circular no país.....	16
Tabela 4 - Percursos permissíveis para transporte.....	40
Tabela 5- Parâmetros para cálculo do km rodado por veículo bi-trem carregado.....	42
Tabela 6- Parâmetros para cálculo do km rodado por veículo tri-trem carregado.....	42
Tabela 7 - Parâmetros para cálculos (veículos carregados).....	43
Tabela 8 - Parâmetros para cálculos (Veículos Vazios).....	47
Tabela 9 – Custos finais otimizados.....	51
Tabela 10 – Custos atuais NÃO otimizados	52
Tabela 11 – Comparação de custos de rotas.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS

ABIMC – Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente
AET – Autorização Especial de Trânsito
ANTT - Agência Nacional de Transporte Terrestre
ARTESP – Agência de Transporte do Estado de São Paulo
BADEP – Banco de Desenvolvimento do Paraná
BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social.
CMT - Capacidade Máxima de Tração
CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito
CRV – Certificado de Registro de Veículo
CRLV – Certificado de Registro e Licenciamento de Veículo
CTB - Código de Trânsito Brasileiro
CVC - Combinações de Veículos de Carga
DNIT - Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transporte
FIA – Fundação Instituto de Administração
FSC – Forest Stewardship Council
ISO - International Organization for Standardization
MDF – Medium-Density Fiberboard
MDP - medium density particleboard
M³/HÁ/ANO – Metros cúbicos por hectare ano
PBTC – Peso Bruto Total Combinado
PIB – Produto Interno Bruto
SAU – Serviço de Atendimento ao Usuário

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 Objetivo	7
1.2 Justificativa	7
2 REVISÃO DA LITERATURA	9
2.1 O sistema de transporte rodoviário no Brasil	9
2.1.2 Tipos de Composição Veicular de Carga (CVC)	12
2.2 O Setor Florestal Brasileiro	21
2.3 Custo com Transporte	21
2.3.1 Terceirização	23
2.4 Logística	25
2.5 Programação Linear	27
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Materiais	31
3.2 Método	31
3.3 Estudo de Caso	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a formação de povoamentos florestais objetivos econômicos ocorreu com a introdução do gênero *Eucalyptus* na Região de Rio Claro-SP, sendo estudado de forma mais científica, a partir de 1903, pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro, para atender a sua demanda por madeira. O cultivo, então, evoluiu rapidamente, impulsionado por três importantes características da árvore: rápido crescimento, tronco reto e capacidade de rebrota, isto é, o desenvolvimento de uma nova árvore à partir do corte da primeira.(ANDRADE 1961).

A operação de transporte florestal consiste na movimentação de madeira dos pátios ou das margens das estradas até o local de consumo, contudo, pelas características de especificidade de carga e exclusividade de frete, que possibilita ao veículo operar carregado em um único sentido, faz com que os custos se tornem maiores por unidade de volume do que em outros tipos de produtos transportados, onde os veículos podem retornar carregados.

O transporte rodoviário é um dos fenômenos de maior significado em nossos dias. Essa importância é decorrente não só do elevado volume de carga movimentada entre as empresas produtoras, intermediárias e consumidoras, mas também pelo fato de ser essencial na interligação entre pontos de origem e destino de mercadorias.

As imensas vantagens que oferece o transporte rodoviário é a possibilidade do deslocamento de produtos “pátio a pátio”, o menor preço inicial, a flexibilidade a possibilidade de escolha de rotas e diferentes capacidades de cargas oferecidas. Estas podem ser algumas das razões da sua ascensão.

A distância é um dos fatores que mais afeta os custos de transporte, pois determina o volume de madeira a ser transportada por turno de trabalho de cada caminhão. Quanto maior a distância, mais elevado será o custo unitário por tonelada de madeira transportada.

A principal forma de redução destes custos tem sido a utilização de caminhões de alta tonelagem. Para distâncias curtas, geralmente são usados veículos leves ou médios, pois são mais versáteis, requerem menos tempo para serem carregados e descarregados, podendo, ainda, operar em estradas de baixo padrão construtivo. A logística, na qual o transporte é normalmente seu principal componente, é vista como a última fronteira para a redução dos custos das empresas e o custo do pedágio representa de 22% a 25% do frete cobrado no mercado, dependendo da distância e das praças de pedágio existentes no percurso.

1.1 Objetivo

Avaliar as limitações operacionais dos diferentes tipos de composições de caminhões, utilizados no transporte de madeira, os custos operacionais a capacidade de carga e conseqüentemente identificar o tipo de composição que produz um menor custo após a otimização do processo de transporte.

Pretende-se obter uma visão sistêmica do processo atual de transporte de madeira e seus custos pertinentes, possibilitando adequações e otimizações, quando possíveis; também aferir o atual dimensionamento e capacidade dos veículos e sua real capacidade de carga, levando em consideração os custos fixos e variáveis, com as atuais rotas de transporte e também com as rotas otimizadas a serem propostas.

1.2 Justificativa

O setor florestal depende muito do modal rodoviário, já que este é o principal meio de transporte de madeira, aproveitando-se do sistema de estradas pavimentadas que interligam todas as regiões do País. Entretanto, pelas características de especificidade de carga e exclusividade de frete, que possibilita ao veículo operar carregado somente em um sentido,

faz com que os custos se tornem maiores por unidade de volume do que em outros tipos de produtos transportados, onde os veículos podem retornar carregados.

No setor florestal, o transporte é realizado praticamente por caminhões de diferentes marcas e modelos que variam amplamente de acordo com o tamanho e a capacidade de carga, sendo sua seleção baseada em variáveis como: distância de transporte, condições locais e volume e tipo de madeira a ser transportada.

Considerando-se os elevados custos de transporte de madeira, das áreas produtivas até o parque industrial da empresa, o estudo visa identificar a melhor rota a ser percorrida para que se tenha uma redução nos gastos com o transporte e consequentemente um ganho maior para a empresa que está fazendo o transporte da madeira.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O sistema de transporte rodoviário no Brasil

O transporte rodoviário tem sido considerado o meio de transporte mais comum e eficiente no território nacional, apesar do custo do frete. De acordo com Arnold (1999), comparado aos demais meios de transporte, o caminhão tem um custo de aquisição relativamente baixo, sendo o meio de transporte mais adequado para a distribuição de pequenos volumes a áreas mais abrangentes.

No Brasil, o sistema de transportes rodoviários é regulamentado e fiscalizado pela ANTT, que tem como atribuições específicas a promoção de estudos e levantamentos relativos à frota de caminhões, empresas constituídas e operadores autônomos, de transporte rodoviário de cargas. Outra função atribuída a ANTT é organizar e manter um registro nacional de transportadores rodoviários de carga. Como as inovações tecnológicas surgem a todo instante, a ANTT estuda a viabilidade de criar um sistema de registro virtual que incrementará o acesso dos transportadores, com maior comodidade para a inscrição dos mesmos no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas, registro este obrigatório à atividade de transporte rodoviário de cargas.

As vantagens do transporte rodoviário, apresentadas por Ballou (2007), são: serviço porta a porta, sem necessidade de carregamento ou descarga entre origem e destino; frequência e disponibilidade dos serviços; velocidade e conveniência.

Segundo Valente, Passaglia e Novaes (2001), o modo rodoviário atinge, praticamente, todos os pontos do território nacional, sendo o mais expressivo no transporte de cargas, no Brasil. Geralmente, o transporte de carga é realizado por empresas privadas ou

transportadoras. A administração das atividades de transporte, em uma empresa, fica por conta dos setores de: administração, operações, finanças, marketing e recursos humanos, podendo, também, haver outros setores vinculados, dependendo da microestrutura da transportadora. Dessas, a diretoria de operações está diretamente ligada à gestão da frota.

Os setores de operação das empresas são quem controlam os meios utilizados para garantir a sua correta movimentação e administração; nessas atividades, estão incluídos os serviços realizados pela equipe de operações, a manutenção e postos de serviço da empresa, os veículos de coleta e entrega, os veículos de longo curso, os armazéns, o pessoal do setor, a área física de movimentação, as instalações e os equipamentos de movimentação interna de cargas.

A empresa pode possuir frota e equipamentos próprios ou contratar serviços diretamente. Com a utilização da frota própria da empresa tem-se um ganho de desempenho operacional, uma maior disponibilidade e capacidade de transporte e menores custos, porém parte da flexibilidade financeira precisa ser conduzida a investimentos na capacidade de transporte ou num arranjo contratual em longo prazo. A decisão pela obtenção de frota própria depende do volume de carga; se este for elevado, compensa, economicamente, possuir o meio de transporte. Em algumas situações, mesmo com custos maiores, a empresa pode necessitar de frota própria, pelos seguintes motivos: “(1) entrega rápida com confiabilidade muito elevada; (2) equipamento especial geralmente indisponível; (3) manuseio especial da carga e (4) um serviço que deve estar disponível assim que necessário” (BALLOU, 2007, p. 133).

O gerente de transportes confronta-se com a decisão de optar entre o serviço de terceiros ou de obter frota própria. Essa decisão leva em conta a análise do balanço entre os custos e o desempenho, e, também, a flexibilidade do operador, o crédito, a reciprocidade ou relacionamento de longo prazo com o transportador, em caso de terceiros.

A administração do transporte contratado de terceiros difere da movimentação realizada por frota própria. Nos serviços contratados, é preciso analisar a negociação de fretes, a documentação da empresa e dos veículos, a auditoria e consolidação de fretes; na frota própria, devem ser gerenciados o despacho, o balanceamento de carga e a roteirização. Com relação à frota própria, uma das razões para a empresa ter ou alugar uma frota de veículos é obter melhor desempenho na entrega e diminuir os custos. “Muitas vezes, o gerente de tráfego deve administrar uma mistura de transporte próprio e de terceiros” (BALLOU, 2007, p. 139).

A administração da frota requer o balanceamento das cargas, para verificar perdas de ida e de retorno. A gestão da programação dos veículos requer a integração dos fretes de retorno com a distribuição dos produtos, para que o veículo não rode vazio. É preciso

programar o uso eficiente do equipamento, para minimizar os custos e garantir o nível de serviço almejado.

Nesse aspecto, para Novaes (2007), o transporte rodoviário de carga possui uma diferenciação nas operações, segundo a capacidade do veículo, que é chamado de lotação completa e de carga fracionada.

Caso a empresa precise que as entregas de seus produtos ocorram mais frequentemente, ou pela própria exigência de alguns clientes, a entrega através de carga fracionada acaba sendo a mais utilizada. Assim, lotes de proporções reduzidas são deslocados, por exemplo, do terminal da transportadora, numa primeira cidade, para um terminal intermediário, onde sofre nova triagem para ser conduzida ao destino final. Muitas vezes, há mais do que um terminal de trânsito no percurso de uma determinada remessa, e a quantidade de operações intermediárias faz com que o tempo de viagem aumente, bem como o custo do transporte. Entretanto, se a carga fosse transportada por veículo completo, nessas circunstâncias, o custo do transporte ficaria muito alto e a frequência entre as entregas para um mesmo destino ficaria prejudicada, podendo o cliente vir a recorrer a outro fornecedor.

A lotação completa corresponde à transferência de produtos entre a fábrica e um centro de distribuição em um veículo maior, completamente lotado. Nesse modo operacional, além do transporte de uma quantidade maior, há três ganhos principais de custo: “o veículo é maior, com custo mais baixo por unidade transportada; por ser mais homogênea, a carga é melhor arrumada dentro do caminhão com isso eliminam-se inúmeras operações intermediárias com expressiva redução dos custos de movimentação da carga” (NOVAES, 2007, p. 245).

O transporte rodoviário também se distingue pela estrutura de propriedade do veículo, pois grande parte da frota brasileira está nas mãos de autônomos, e empresas terceirizadas que são contratados por empresas ou transportadores para deslocamento de lotação completa ou transporte de carga fracionada, principalmente para distribuição urbana de produtos. A frota própria da empresa, assim, pode ser parcial, o que evita a permanência ociosa da frota quando a demanda cai.

O transporte é uma das funções logísticas que possui papel fundamental nas estratégias da rede logística. As funções logísticas estão integradas entre si e não podem ser vistas de forma isolada; ao mesmo tempo, estão também integradas à função de Marketing, sendo um componente operacional importante da estratégia de Marketing.

Com isso, segundo Fleury, Wanke e Figueiredo (2008, p. 127), tornam-se.

“Necessária a geração de soluções que possibilitem flexibilidade e velocidade na resposta ao cliente, ao menor custo possível, gerando assim maior competitividade para a empresa”.

A gestão do transporte, portanto, está integrado às estratégias logísticas e de Marketing, e o gerente de transportes e de operações precisa ter uma visão de todos os componentes do sistema operacional.

Como mostra a Tabela 1, podemos ver que a malha rodoviária do Brasil é uma das maiores do mundo, apesar da deficiência das estradas e do alto custo com os transportes.

Tabela 1 – Malha Rodoviária Brasileira

Malha Rodoviária - Extensão em KM			
	Pavimentada	Não Pavimentada	Total
Federal	63.966	12.975	76.941
Estadual Coincidente	17.073	5.234	22.307
Estadual	106.548	113.451	219.999
Municipal	26.827	1.234.918	1.261.745
	214.414	1.377.578	1.580.992

Fonte: CNT, (2012)

Ainda segundo o Boletim Estatístico da CNT, desta extensão de 1.580.992 km atualmente, 15.365 km são de estradas administradas por concessionárias privadas e 1.195 km são administrados por operadoras estaduais. Isso representa aproximadamente 7,14% dos 214.414 km de estradas pavimentadas do Brasil. Apesar da porcentagem ser relativamente pequena, a importância é enorme, já que entre as estradas privatizadas estão as principais rodovias do país, que passam pelos grandes centros econômicos do Brasil. Essas empresas, em troca do pedágio, cuidam da conservação e sinalização das rodovias, além de fornecerem outros serviços adicionais previstos no contrato de concessão.

2.1.2 Tipos de Composição Veicular de Carga (CVC)

O transporte florestal de madeira basicamente é composto por duas etapas. A primeira que é considerada a etapa primária consiste no deslocamento da madeira de dentro dos talhões na floresta até uma área de fácil acesso aos caminhões. (devido ao seu peso, eles exigem estradas com boas condições de tráfego o que não é o caso dentro das florestas). Já na

segunda etapa que é o transporte principal é o transporte da madeira dessas áreas de fácil acesso até as fábricas. (SEIXAS e CAMILO, 2009).

O modo de transporte rodoviário é o mais utilizado no Brasil para o transporte de madeira, devido aos altos custos com pedágios, combustíveis, impostos, manutenção, e com o aumento da fiscalização em relação a “Lei da Balança” é responsável na maior parte das vezes pelo custo da madeira posta na fábrica.

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) Extra-pesados: veículos do tipo rodo trem, treminhão, bi trem e tri trem 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. Apesar das altas tecnologias que surgem a cada ano não se espera para os próximos 20 anos alternativas econômicas, que 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)

Conforme o Código de Trânsito Brasileiro - CTB, a malha rodoviária possui um pavimento que suporta até certo limite a quantidade de peso por ele transportada, devido a esta capacidade o excesso de peso dos veículos e o grande volume de carga transportada acabam ocasionando deformações, enrugamentos, rachaduras e os buracos nas estradas. Estradas sem condições seguras de trafegabilidade acabam se tornando perigosas podendo ocasionar acidentes e um atraso na entrega da carga uma vez que o tempo de deslocamento será maior. Para um veículo estar de acordo com a legislação é preciso respeitar os Limites Legais e as restrições técnicas que são determinadas pelas leis de tráfego (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 segue as normas impostas pela Lei da Balança, essa Lei determina e delimita a carga máxima a ser transportada por eixo, e as dimensões para o transporte rodoviário de cargas, fazendo ainda com que as normas a serem cumpridas contribuam para a manutenção e a conservação das estradas, pontes viadutos. Como os veículos utilizados são composições especiais devido ao tamanho e a alta tonelagem deve ter licenças especiais e essas serem renovadas periodicamente.

O transporte florestal deve se sujeitar ao Código Brasileiro de Trânsito - Lei da Balança, composições especiais para o transporte de alta tonelagem, como treminhão e rodo trem, devem ter licenças especiais para o tráfego, renováveis 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.

A portaria nº 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.

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.

Na Tabela 2 abaixo podemos ver quais são as medidas que se encaixam dentro das medidas aceitáveis, e qual a porcentagem máxima de tolerância para que não haja uma violação da lei.

Tabela 2 – Dimensões máximas dos veículos de transporte de cargas.

MEDIDAS	ESPECIFICAÇÃO	DIMENSÕES MÁXIMAS
LARGURA		2,60 m
ALTURA		4,40 m
COMPRIMENTO	Veículos não articulados	máximo 14,00 m
	Veículos articulados com duas unidades do tipo caminhão ou ônibus e reboque	máximo de 19,80 m
	Veículos articulados com duas unidades, do tipo caminhão-trator e semi-reboque	máximo de 18,60
BALANÇO TRASEIRO	Nos veículos não articulados de transporte de carga	Até 60% (sessenta por cento) da distância entre os dois eixos, não podendo exceder a 3,50m (três metros e cinquenta centímetros); Até 4,20 metros, excepcionalmente para os veículos não-articulados registrados e licenciados até 13 de novembro de 1996, o balanço traseiro pode ser superior a 3,50 metros e limitado a 4,20 metros, respeitados os 60% da distância entre os eixos, mediante Autorização Específica fornecida pela autoridade com circunscrição sobre a via, com validade máxima de um ano e de acordo como licenciamento e renovada até o sucateamento do veículo.

Fonte: Denatran (2009)

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 da somatória do peso do chassi do veículo vazio, em ordem de marcha, com o peso da carroceria que equipa esse veículo e com o peso da carga que está sobre a carroceria. Para as unidades de tração (cavalos mecânicos) onde o

semirreboque 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.

De acordo com a Resolução N° 75 de 19 de novembro de 1998, do Conselho Nacional de Trânsito, Composições Veiculares que ultrapassem a capacidade de carga de 57 toneladas, ou o comprimento total das composições acima de 19,80 m, poderão circular apenas se possuírem uma 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:

- 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 ao disposto na NBR NM/ ISSO 337
- i) Possuir sinalização especial 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.

De acordo com as especificações descritas acima a Tabela 3 irá mostrar como é esta distribuição de medidas para os diferentes tipos de composição conforme instituídos na “Lei da Balança”, mostrando ainda quais os tipos de composições que precisam destas autorizações especiais para circulação.

Tabela 3 – Características de veículos autorizados a circular no Brasil.

Principais Configurações de Veículos Usadas no País	Peso Máximo Permitido por Eixo	PBT	Tolerância (5% PBT)	CMT mínima	Lotação (PBT-Tara)	Comprimento mínimo	Comprimento máximo	Precisa AET
Caminhão	6+10	16,0t	800,00 Kg	16,0t	-	-	14,0m	Não
Caminhão Trucado	6+17	23,0t	1150,00 Kg	23,0t	-	-	14,0m	Não
Caminhão Simples	6+25,5	31,5t	1575,00 Kg	31,5t	-	-	14,0m	Não
Caminhão Duplo Direcional Trucado	6+6+17	29,0t	1450,00 Kg	29,0t	-	-	14,0m	Não
Caminhão + Reboque	6+10+17	33,0t	1650,00 Kg	33,0t	-	-	19,80m	Não
Caminhão + Reboque	6+10+10+17	43,0t	2150,00 Kg	43,0t	-	-	19,80m	Não
Caminhão Trucado + Reboque	6+17+10+17	50,0t	2500,00 Kg	50,0t	-	17,50m	19,80m	Não
Romeu e Julieta	6+17+10+17	50,0t	2500,00 Kg	50,0t	-	17,50m	19,80m	Não
Caminhão Trator + Semi-reboque	6+10+10	26,0t(1)	1300,00 Kg	26,0t(1)	-	-	18,60m	Não
Caminhão Trator + Semi-reboque	6+10+17	33,0t(1)	1650,00 Kg	33,0t(1)	-	-	18,60m	Não
Caminhão Trator+ Semi-	6+10+25,5	41,5t(1)	2075,00 Kg	41,5t(1)	-	-	18,60m	Não

reboque								
Caminhão Trator + Semi- reboque	6+10+20	36,0t(1)	1800,00 Kg	36,0t(1)	-	-	18,60m	Não
Caminhão Trator + Semi- reboque	6+10+10+17	43,0t	2150,00 Kg	43,0t	-	-	18,60m	Não
Caminhão Trator + Semi- reboque	6+10+10+10+10	46,0t	2300,00 Kg	46,0t	-	16,00m	18,60m	Não
Caminhão Trator Trucado + Semi- reboque	6+17+10	33,0t	1650,00 Kg	33,0t	-	-	18,60m	Não
Caminhão Trator Trucado + Semi- reboque	6+17+17	40,0t	2000,00 Kg	40,0t	-	-	18,60m	Não
Caminhão Trator Trucado + Semi- reboque	6+17+25,5	48,5t	2425,00 Kg	48,5t	32,0t	16,00m	18,60m	Não
Caminhão Trator Trucado + Semi- reboque	6+17+10+10	43,0t	2150,00 Kg	43,0t	27,0t	-	18,60m	Não
Caminhão Trator Trucado + Semi- reboque	6+17+10+17	50,0t	2500,00 Kg	50,0t	33,0t	16,00m	18,60m	Não
Caminhão	6+17+10+10+10	53,0t	2650,00	53,0t	36,0t	16,00m	18,60m	Não

Trator Trucado + Semi- reboque			Kg					
Treminhão	6+17+10+10+10+ 10	63,0t	3150,00 Kg	63,0t	-	25,0m(2)	30,0m	Sim
Bitrem com comprimento entre 17,50 a 19,80m	6+17+17+17	57,0t	2850,00 Kg	57,0t	38,0t	17,50m	19,80m	Não
Bitrem com comprimento entre 19,80m e 30,00m	6+17+17+17	57,0t	2850,00 Kg	57,0t	38,0t	19,80m	30,0m	Sim
Rodotrem com comprimento entre 19,8m e 25,0m	6+17+17+17+17	74,0t	3700,00 Kg	74,0t	50,0t	19,8m	25,0m	Sim
Rodotrem com comprimento entre 25,0m e 30,0m	6+17+17+17+17	74,0t	3700,00 Kg	74,0t	50,0t	25,0m	30,0m	Sim
Tritrem	6+17+17+17+17	74,0t	3700,00 Kg	74,0t	-	25,0m	30,0m	Sim
Bitrem de 8 Eixos	6+17+17+25,5	65,5t	3275,00 Kg	65,5t	-	25,0m	30,0m	Sim
Bitrem de 9 Eixos	6+17+25,5+25,5	74,0t	3700,00 Kg	74,0t	52,0t	25,0m	30,0m	Sim

Fonte: Sulcarj(2010)

A Autorização Especial de Trânsito quando 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.

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 lança novos quesitos para a maior segurança no transporte de madeira bruta por veículo rodoviário de carga. Nesta nova norma conceitua as 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.

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

Segundo Machado (1984), os tipos de veículos rodoviários utilizados no Brasil são: caminhão convencional (4x2, 4x4, 6x2, 6x4); caminhão e reboque “Romeu e Julieta” (caminhão 6x4); caminhão e semi-reboque com cambão 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 é a linha 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:

- Simplex (caminhão): constituído de uma unidade tratora e transportadora;
- Articulado (carreta): constituído de uma unidade tratora e um semireboque;
- Conjugado (biminhão): constituído de um caminhão simples e um reboque;
- Bi trem: 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.

2.2 O Setor Florestal Brasileiro

A produtividade média das florestas de eucalipto no país alcança de 45-50 m³/ha/ano, enquanto para o Chile, Estados Unidos, Canadá e Finlândia, esta corresponde a 20, 10, 7 e 4 m³/ha/ano, respectivamente. Com relação às florestas de pinus, no Brasil esta rende 35 m³/ha/ano, contra 4 m³/ha/ano das coníferas dos países do Hemisfério Norte e 20 m³/ha/ano do pinus no Chile (Votorantim Celulose e Papel - VCP, 2004).

Para a economia brasileira e para a sociedade, o setor florestal contribui com uma parcela importante da geração de produtos, impostos, divisas, empregos e renda. Em 2006, por exemplo, a indústria de base florestal foi responsável por 3,5% do PIB nacional (US\$ 37,7 bilhões), empregou 8,5 milhões de pessoas (8,7% da população economicamente ativa), arrecadou 5,4 bilhões de impostos (1,4% do total da arrecadação nacional) e exportou US\$ 8,5 bilhões (6,2% do total da exportação). Neste período do superávit da balança comercial, o setor florestal contribuiu com US\$ 6,8 bilhões (14,6% do superávit nacional). Além disso, são esperados investimentos da ordem de US\$ 18 bilhões até 2014 na indústria de base florestal (ABIMCI, 2007). Cabe, ainda, acrescentar uma particularidade: o emprego gerado ocorre no campo (trabalho florestal) e na cidade (trabalho na indústria florestal), reduzindo, assim, o êxodo rural (Almeida, 2000 citado por VALVERDE et al, 2005a)

2.3 Custo com Transporte

Os custos logísticos são um fator-chave para estimular o comércio. O comércio entre países e entre regiões de um mesmo país é frequentemente determinado pelo fato de que diferenças nos custos de produção podem mais do que compensar os custos logísticos necessários para o transporte entre essas regiões.

Segundo RODRIGUES (2002), “No atual ambiente empresarial extremamente competitivo, a manutenção da clientela, a obtenção de lucro e a permanência da empresa no mercado dependem de reduzir os custos”.

A relevância da Logística é influenciada diretamente pelos custos associados à suas atividades. Fatores de peso estão influenciando o incremento dos custos logísticos. Dentre eles, os mais relevantes são: o aumento da competição internacional, as alterações

populacionais, a crescente escassez de recursos e a atratividade cada vez maior da mão-de-obra no Terceiro Mundo.

O aumento do comércio internacional indica que a especialização do trabalho continua acontecendo numa escala mundial. À medida que estes problemas puderem ser solucionados, muitas regiões poderão beneficiar-se de mercadorias de melhor qualidade e menor custo.

Grandes esforços já foram feitos para o desenvolvimento de sistemas logísticos eficientes, mas esses sistemas ainda dependem muito de melhorias em estratégias de compras, transporte, armazenagem, gerenciamento de materiais, ordens de processamento, planejamento de produção, entre outras atividades.

Identificar atividades de importância primária para que sejam atingidos os objetivos principais de custo e nível de serviço ainda é uma tarefa muito difícil. As empresas sempre administraram suas atividades logísticas, mas nem sempre tem uma idéia clara e quanto isto lhes custa.

Na atividade Logística tem-se considerado, com freqüência, o custeio baseado em atividades que procuram relacionar todos os custos relevantes necessários à adição de valor às atividades desenvolvidas, independentes de quando eles ocorrem.

O critério de desenho do sistema de custeio, ou seja, as regras e procedimentos para identificação, agrupamento e definição dos custos têm impactos decisivos no processo de decisão, no sentido de ajudar o gestor a entender os principais fatores que afetam os custos com Logística.

Para se compreender os conceitos dos custos na gestão da Logística é necessária uma observação minuciosa desses conceitos, pois, inúmeras empresas de serviços passaram a utilizar os princípios e técnicas de Contabilidade de Custos em função da similaridade da situação, tratando seus gastos como custos.

Como atividade de Logística é prestador de serviços de outras atividades da empresa, o consumo dos recursos associados a esta atividade foram tratados como custos, assim como são tratados por todos os autores e profissionais ligados à atividade de Logística.

Os custos de distribuição sempre representaram um ônus considerável para as companhias, embora, nos anos mais recentes, o controle logístico tenha conseguido reduzi-los.

Quando expressos em termos de porcentagem, os custos logísticos estão realmente aumentando para muitas empresas. Isto se deve ao fato de que o valor agregado estar caindo à medida que estas companhias terceirizam suas necessidades, por exemplo, em componentes, embalagens, armazenagem e acomodação e em serviços de transporte.

A identificação dos determinantes dos custos do transporte rodoviário tem sido objeto de diversos estudos. Berger (1975), minimizando os custos de transporte para madeira de eucalipto, afirma que a distância é o fator mais importante no custo de transporte, mas também destaca que a qualidade das estradas, a intensidade do trânsito, a densidade da produção e o produto transportado também afetam os custos.

Dentre as conclusões mais importantes, o autor observou que a elevação dos custos operacionais (como por exemplo, o preço do óleo diesel) e a implantação de novas praças de pedágio entre 1999 e 2000 podem ter desfavorecido a preferência por melhores estradas.

Lima (2006) estimou os custos logísticos com combustível, em termos macroeconômicos. O autor cita que em 1996 o diesel representava 16,8% do custo total de uma carreta, aumentando a participação para 31,8% em 2004. Segundo esse mesmo estudo, cerca de 55% de todo o diesel consumido no Brasil em 2004 foram destinados ao transporte rodoviário de carga, o que equivale a 21,7 bilhões de litros e a R\$ 32,3 bilhões.

O transporte de cargas no Brasil é altamente dependente do modal rodoviário. Esta dependência excessiva fica evidente quando se verifica a participação deste modal em outros países de dimensões continentais. Enquanto no Brasil o transporte rodoviário movimentava cerca de 60% da matriz de transporte de cargas nacional, nos Estados Unidos, a participação das rodovias é de 26%, na Austrália, de 24%, e na China, de apenas 8% (Centro de Estudos em Logística - CEL et al., 2002).

Segundo Ribeiro, Caixeta-Filho(p.6 2000)

“A incerteza presente no transporte de madeira será estimada a partir da oscilação do número de caminhões demandados pelas empresas de celulose”. Esta oscilação tem duas origens principais: a quantidade de madeira transportada e a distância média percorrida. A partir destas duas informações, e de outros dados operacionais, pode-se estimar o número de caminhões demandados. Entretanto, devido às dificuldades em se obter dados com nível de detalhamento exigido para esta simulação, optou-se por utilizar apenas a quantidade transportada como Proxy para o número de caminhões demandados pela empresa produtora de celulose. Desta forma, a incerteza será medida pelas oscilações nas quantidades transportadas de madeira.

2.3.1 Terceirização

Uma das grandes dificuldades que o operador logístico encontra nos dias de hoje, é o convencimento pleno de que uma empresa que está entregando a sua logística (mediante a um correto trabalho de seleção), terá segurança de que sua cadeia será bem administrada e que os

ganhos de produtividade e de custos, aparecerão no prazo prometido. Entregar as atividades a um operador logístico é, em geral, um passo pensado durante muito tempo, antes de ser dado.

A década de 80 representou uma forte mudança nas características organizacionais das empresas. Essa mudança fez com que hoje, as empresas estejam muito mais enxutas, focando apenas os esforços de seus funcionários no seu próprio negócio (core Business), diferente do que ocorria na década de 70, onde as empresas eram muito robustas e absorviam todas as demandas do processo. Para muitas empresas, a chave para a reestruturação bem sucedida tem sido o foco nas competências básicas ou nas atividades estrategicamente importantes e a fuga de funções básicas. (DORNIER et al 2000).

Bounfour (1999), credita as pressões decorrentes da alta competitividade do mercado e a necessidade das organizações buscarem constantemente vantagens competitivas, a responsabilidade pelo crescimento do processo de terceirização nas empresas.

Pela pesquisa realizada pela Consultoria Booz Allen Hamilton e a COPPEAD (2001, p.2), se um terceiro pode disponibilizar informações claras sobre a operação e os custos logísticos incorridos, ao mesmo tempo em que busca diminuir os últimos, então fabricantes e varejistas se tornam mais propensos a terceirizar estas operações e focar em seu negócio principal.

Empresas nacionais do ramo de beneficiamento de celulose gerenciam a parte logística do transporte de madeira da origem até o destino de diversas formas, conforme Caixeta-Filho(2001).

“As empresas brasileiras produtoras de celulose coordenam o transporte de madeira entre seus reflorestamentos e fábricas de diversas formas. A diferenciação destas formas de coordenação se dá por duas características: a primeira é a proporção da composição da frota no que se diz respeito à contratação ou realização do próprio transporte de madeira e a segunda é o tamanho da empresa transportadora a ser contratada.”(CAIXETA-FILHO, p.103, 2001).

Essas empresas do setor florestal buscam meios diferentes de realizar o transporte dos seus produtos, algumas optam pelo transporte próprio, enquanto outras vão atrás de empresas terceirizadas para fazer essa locomoção da matéria prima.

O transporte de madeira para a fabricação de celulose exige a utilização de carretas especificamente desenhadas para esta atividade. Tais carretas podem ser obtidas tanto pela adaptação das carretas comuns de transporte geral quanto pela aquisição de carretas especificamente planejadas para o transporte florestal. Em ambos os casos existe a necessidade de investimentos que não são reempregáveis em outras atividades, implicando perda de valor do ativo caso haja rompimento de contrato.

Com essa parceria resultante das empresas produtoras de celulose e das terceirizadas que fazem o transporte, passa-se a ter um grau de dependência grande entre uma e outra, uma vez que a empresa que produz necessita de que a que realiza o transporte seja comprometida e cumpra os contratos para que a mesma não possa ter um desabastecimento da fábrica e a produção pare por falta de matéria prima.

2.4 Logística

Segundo CAVANHA FILHO (2001), a Logística pode ser definida como a parte do processo da cadeia de suprimento que planeja, implementa e controla o eficiente e efetivo fluxo e estocagem de bens, serviços e informações relacionadas, do ponto de origem ao ponto de consumo, visando atender aos requisitos dos consumidores.

Também em diversas outras definições e significados, a Logística leva a um conjunto de terminologias para designar as áreas onde se desenvolve, tais como: transportes, distribuição, distribuição física, suprimento e distribuição, administração de materiais e operações.

Para CAIXETA FILHO e MARTINS (2001): “A Logística, na qual o transporte é normalmente seu principal componente, é vista como a última fronteira para a redução de custos na empresa”.

Neste contexto a Logística orienta que nos dias atuais, para se visualizar a diferença entre uma empresa vencedora e uma perdedora deve-se vincular a Administração da Logística aplicada pelos seus administradores. E esta diferença irá refletir não só na redução de seus custos, como também na satisfação de seus clientes.

RODRIGUES (2002) “O conceito de Logística pode ser entendido como adquirir, manusear, transportar, distribuir e controlar eficazmente os bens disponíveis”.

Acerca desse conceito pode-se afirmar que um negócio qualquer pode gerar quatro tipos de valor em produtos ou serviços: forma, tempo, lugar e posse. A utilidade de forma está relacionada ao fato de o produto estar disponível e pronto para uso/consumo.

Ao consumidor não interessa, simplesmente, a utilidade da forma, mas a de lugar e tempo, estando no lugar certo e disponível para compra. O produto/serviço só terá valor efetivo se o cliente encontrá-lo onde e quando precisar. Imagine uma campanha publicitária

de vários milhões de reais e quando o consumidor vai procurar o produto não o encontra na loja.

A Logística administra o valor de tempo e de lugar nos produtos, sobretudo, por meio dos transportes, fluxos de informações e inventários. Para movimentar materiais e produtos em direção aos clientes e disponibilizá-los, de maneira oportuna, uma empresa incorre em custos, visando agregar um valor que não existia e foi criado para o cliente.

Isso faz parte da missão da Logística que está relacionada à satisfação das necessidades dos clientes internos e externos, viabilizando operações relevantes de manufatura e marketing, otimizando todos os tempos e custos, dadas às condições de cada elo da cadeia.

Um sistema logístico eficiente permite uma região geográfica explorar suas vantagens inerentes pela especialização de seus esforços produtivos naqueles produtos que ela tem vantagens e pela exportação desses produtos às outras regiões. O sistema permite então que o custo do país (logísticos e de produção) e a qualidade desse produto sejam competitivos com aqueles de qualquer outra região.

Entre os diversos focos que a logística por ter, um deles, pode ser destacado o transporte, fundamental tanto quanto os demais, porém de melhor reflexão à otimização do transporte florestal.

O transporte florestal envolve diversas operações, desde a retirada da madeira dos pátios de estocagem até a entrega da matéria prima nos locais de consumo e processamento industrial, impactando diretamente no custo final do produto, sendo os custos de transporte “compostos por todos os gastos envolvidos nestas operações, resultando em determinada situações, em elevados custos da madeira (LEITE, 1992).”

Entre os custos citados, usualmente são baseados em análises atuais dos custos fixos e variáveis ao transporte para cada trajeto pré-determinado, “Estes custos são geralmente elevados, pois consideram a distância e o fato de veículos de transporte florestal trafegarem carregados em um único sentido”. Além disso a madeira é um produto de valor específico relativamente baixo isso torna o transporte florestal um dos principais problemas nas empresas florestal (SEIXAS, 1992).

Com relação aos custos fixos do transporte, podem ser relacionados aos custos estruturais operacionais, cujas variâncias de volumes de materiais transportados não afetam ao acréscimo ou decréscimo do mesmo, sendo os que “(...) ocorrem período após período, sem alterações ou cujas alterações não se verifiquem como consequência de variação no volume

de atividade em iguais períodos” (ASSAF NETO, 2006), representando um ponto de despesa que não se afeta pelo nível de produção, ou seja, transportando ou não, o custo existe e seu valor não sofrerá alternância.

Entretanto, os custos variáveis são diretamente relacionados com o volume de transporte, pois se baseia basicamente pelos gastos da matéria-prima, material e componentes necessários para a operação relacionada.

Além dos custos já mencionados, é possível ressaltar os custos com carga e descarga, os quais afetam diretamente nos valores finais, tornando-se altamente expressivos quando o transporte é efetuado em pequenas distâncias e menos expressivos em grandes distâncias (em curtas distâncias, os veículos tendem a realizar mais cargas e descargas do que em longas distâncias, numa mesma unidade de tempo), Isard (1975) descreve estes custos como sendo “custo terminal”.

Marques (1994) também cita o tempo de carga e de descarga como um fator que influencia o custo de transporte, sendo também um ponto plausível para análise. Pois através de simulações logísticas efetivas, é possível evidenciar e projetar cenários otimizados, direcionados à suas reduções.

Entretanto o transporte de madeiras tem sua peculiaridade, sendo necessária atenção também as vias de circulação dos veículos, pois incitam maior consumo e desgastes dos veículos transportadores, em sua grande maioria utiliza-se de rodovias florestais.

“As rodovias florestais têm como finalidade permitir o acesso às regiões florestais, procurando viabilizar a locomoção de mão-de-obra e meios de produção, que serão necessários tanto para a implantação da floresta como para o transporte de madeira.”
(MACHADO, 2000)

O padrão de rede rodoviária florestal refere-se à caracterização da estrada quanto à sua geometria horizontal e vertical, largura e tipo de superfície de rolamento. O padrão das estradas estabelece a velocidade de tráfego e, conseqüentemente, o tempo de viagem. O padrão influencia também os custos de transporte florestal, pois os veículos têm seus custos operacionais calculados numa base horária, de forma que, quanto mais veloz o veículo puder trafegar, porém com segurança, menores serão os custos do transporte.

2.5 Programação Linear

A programação linear (PL) consiste na solução de um sistema de equações lineares de 1º grau representados por uma reta e busca a solução do problema, pode ser uma grande ferramenta de auxílio à administradores na tomada de decisões.

O objetivo basicamente da programação linear é encontrar o lucro máximo ou custo mínimo na função objetivo, estendendo também a inúmeras aplicações, tais como possibilitando melhor dimensionamentos de cargas, projeções de rotas de transporte otimizadas, entre outras viabilidades de uso. Entre as diversas vantagens que a PL proporciona, é possível evidenciar segundo Prado (1999), que a PL está cada dia mais presente na realidade empresarial, como um suporte às decisões e planejamentos, independentemente do ramo.

[...] estudos estatísticos tem mostrado que a PL é hoje uma das técnicas mais utilizadas da pesquisa operacional. É comum encontrar aplicações de PL fazerem parte de rotinas diárias de planejamento das mais variadas empresas, tanto nas que possuam em uma sofisticada equipe de planejamento como nas que simplesmente adquiriram um software para algumas funções de planejamento. (PRADO, 1999, p.15)

A programação inteira (PI), também conhecida como programação inteira pura, é uma variação da programação linear, onde sua utilização dá-se pela necessidade presente em alguns modelos da imposição de apenas números inteiros à otimização, pois se torna dificultoso ou até mesmo inviável a utilização de números contínuos na aplicabilidade real.

Segundo Caixeta-Filho (2009) a utilização da PI é de grande valia, pois,

Se não houvesse um algoritmo específico para a resolução de problemas que demandassem a utilização da programação inteira, poderia ser tentado como alternativa o arredondamento (para cima ou para baixo) da solução obtida por programação linear. O riscos envolvidos diriam respeito a possibilidade da solução arredondada, mesmo que viável, não corresponder à solução ótima; ou ainda ao fato de se violarem as restrições originalmente impostas ao problema. (CAIXETA-FILHO, 2009, p.75).

A programação linear pode ser considerada como uma ferramenta de apoio ao planejamento gerencial, pois visa a obtenção de um resultado ótimo, de acordo com as variáveis de decisões; porém há casos onde há mais de uma solução viável, entretanto ambas possibilitando a mesma otimização final.

Problemas de PL são resolvidos por algoritmos, os quais interagem, focando na resolução do problema; por sua maior disseminação e conhecimento, o algoritmo simplex, também conhecido como método simplex, tornou-se o mais citado e comentado em literaturas especializadas, porém há outros.

Independentemente do algoritmo, segundo Caixeta-Filho (2009, p.11), a formulação do problema na programação linear, segue alguns passos básicos, sendo o inicial a definição da função objetivo, na qual é determinado o foco da otimização a ser perseguida, secundariamente a determinação das variáveis de decisões, onde são impostas restrições, necessidades e disponibilidades de recursos ao sistema.

Devido as inúmeras variáveis existentes no transporte de madeiras, inúmeras vezes o planejamento do transporte é feito de forma empírica, dificultando a obtenção de cenários otimizados, porém com base em PL é possível ampara futuras decisões quanto ao melhor trajeto a ser percorrido, melhor tipo de veículo a ser utilizado, melhor dimensionamento de cargas, além das possíveis otimizações de tempos e reduções de custos pertinentes aos processos. Caixeta Filho (1993) ressalta a importância da adoção de técnicas de Pesquisa

Operacional no gerenciamento logístico do transporte, já que ganhos monetários da ordem de 1% ou 2% nos custos de transporte de madeira se mostram bastante significativos.

Bidzinska et al. (1985) aplicam um modelo de otimização desenvolvido para racionalizar o transporte e melhorar a eficiência na distribuição de produtos das indústrias madeireiras na Polônia. Os autores conseguem reduzir a distância média percorrida por metro cúbico de madeira posta fábrica (Km/m³), gerando um ganho de eficiência de 12% no processo de abastecimento.

Carlsson & Arvidsson (1998) fazem referências diretas a ganhos anuais da ordem de 3,6% para o setor florestal da Suécia devido à otimização de rotas com redução no custo anual de transporte principal de madeira. Este percentual equivale a uma redução de US\$ 12,5 milhões anuais para a economia do país e a uma diminuição de 6% no tamanho da frota nacional envolvida em transporte de madeira. O desdobramento destes ganhos em termos ambientais se dá sob a forma de menos 20 milhões de quilômetros anualmente percorridos pelos caminhões, com uma redução na queima de óleo diesel da ordem de 6,5 milhões de litros anuais e menos 5% na emissão de gases poluentes da exaustão dos motores.

Weintraub et al. (1995), mencionados por Martell et al. (1998), desenvolvem modelos para tomada de decisão especificamente para o transporte principal de madeira para indústria no Chile, conseguindo melhorar a eficiência do transporte com ganhos variando de 15% a 25%, medidos em termos de necessidade de caminhões, custos operacionais e horas de trabalho.

Gabarró et al. (1999) desenvolveram um dos poucos sistemas informatizados existentes usando programação linear para tomada de decisão na operação de colheita de madeira. A principal proposta é maximizar o lucro líquido, atendendo às exigências de

demanda e definindo máquinas e equipamentos a serem utilizados. Os resultados da aplicação dos modelos mostram ganhos de eficiência da ordem de 5% a 8% da renda líquida da empresa quando comparados com o método tradicionalmente usado.

Outros segmentos da economia têm lançado mão da mesma técnica com os mesmos objetivos, pois as empresas precisam manter uma performance competitiva no seu desempenho com uma eficiente alocação de seus recursos produtivos. Esta busca por parte das empresas e da economia como um todo é que mantém e sustenta o interesse pela pesquisa em planejamento logístico. O transporte de derivados do petróleo e o transporte de produtos congelados são dois segmentos frequentemente mencionados nas pesquisas em planejamento logístico.

Em um dos trabalhos mais recentes, Ross (2000), desenvolve um modelo de otimização com base na maximização de lucros para o transporte e distribuição de derivados na indústria petrolífera do estado do Texas (EUA). A pergunta que o autor se faz é: qual a extensão da influência do modelo na atual rede de distribuição de derivados? A resposta vem com a comparação entre os resultados do modelo com o transporte realizado pela empresa, apresentando ganhos de eficiência da ordem de 13% na distribuição de derivados e de 3,6% no lucro líquido do sistema de distribuição.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

Foram utilizados no estudo os seguintes materiais:

- Notebook 500GB de HD, 4GB de memória RAM, processador 2,66 Ghz;
- Pacote Microsoft Office 2010;
- Livros e Material bibliográfico;
- Software AUTOCAD 2012®;
- Software LINDO® versão Demo;
- Plataforma de simulação de custos VOLVO, disponível em.

3.2 Método

A fim de desenvolvimento do trabalho, definiu-se a origem do transporte como sendo um local de oferta de madeiras, localizada no interior paulista, e como destino considerou-se um ponto de demanda de madeira para processamento, situado na região noroeste do estado de São Paulo. Foram consideradas também cargas pré-definidas aos veículos, e focou-se na minimização de custos pertinentes às rotas.

As rotas foram definidas por meio de demarcações geográficas transferidas à softwares de georreferenciamento, viabilizando assim a visualização e demarcação dos pontos de acessos.

Foram considerados os “nós” intermediários como pontos de acesso, descaracterizando-os de oferta e demanda, sendo utilizadas apenas como pontos de trânsito, tarifas de transporte, visando tabular a média dos custos pertinentes aos pedágios relativos às rotas pré-determinadas e também analisar a possibilidade de otimização de rotas a partir de vias secundárias, dimensionamento de cargas, seleção de veículos e análise de cargas de retorno.

Calcular quais são os gastos com a aquisição dos veículos e o quão isso influencia no preço do transporte onde estão estes gargalos nos transportes e traçando assim rotas alternativas e identificando novas opções de tecnologia no transporte para obter uma minimização dos custos

3.3 Estudo de Caso

Segundo dados pesquisados a Empresa Eucatex, foi fundada em 23 de novembro de 1951, sendo a primeira empresa brasileira a utilizar o eucalipto como matéria prima para a construção de chapas e painéis. O embrião da Eucatex foi a Serraria Americana, instalada em 1923, em São Paulo.

A inauguração da primeira fábrica que hoje é conhecida como unidade ch 1954 em Salto(SP), a Eucatex iniciou suas atividades produzindo forros acústicos e chapas *soft* de fibras de madeira. Pouco depois passou a fabricar chapas isolantes e acústicas.

Entre 1956 e 1965, a empresa instalou escritórios de representação em várias capitais brasileiras e em Buenos Aires (Argentina).

No ano de 1965, a empresa teve um grande aumento no faturamento e a sua capacidade de produção aumentou para 100 toneladas diárias quando ela começou a exportar para a Europa.

Do final dos anos 60 até 1980, a Eucatex inaugurou uma nova fábrica de chapa dura, em Salto, e a Unidade Metálica, em Barueri (SP). Ampliando seus planos de expansão, abriu escritórios na Holanda, nos Estados Unidos e no México.

Foi também nesse período que a empresa começou a produzir tintas, inicialmente apenas para pintura de suas chapas e forros acústicos, e a investir em terras e reflorestamento para garantir a autossuficiência do abastecimento de matéria-prima.

A Eucatex encerrou a década de 80 exportando seus produtos para 50 países e com áreas produtivas divididas em 4 categorias: Florestal, Madeira, Metálica e Mineral. Com a inauguração de mais uma fábrica em Salto, no ano de 1994, a Eucatex passou a desenvolver em seus laboratórios uma linha completa de tintas e vernizes. Foi também no interior de São Paulo, em Botucatu, que iniciou, em 1996, a fabricação de painéis MDP.

Ainda em 1996, os produtos Eucatex ganharam o reconhecimento internacional do FSC®, tornando-se também a primeira empresa brasileira do seu setor a receber a certificação ISO 9001.

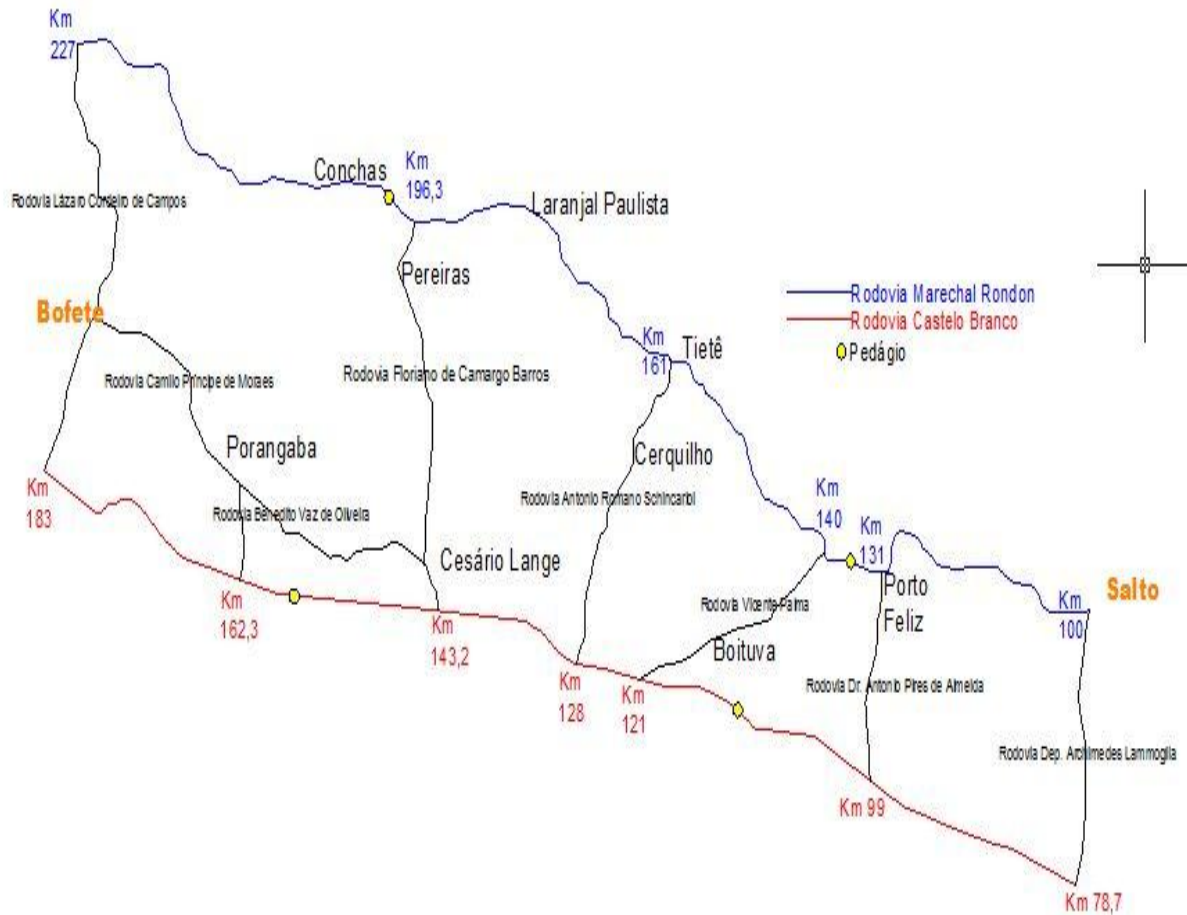
Em 2010, uma nova linha T-HDF/MDF, instalada na planta de Salto, deu início à produção de chapas e painéis de alta tecnologia e resistência mecânica para a fabricação de pisos, portas e painéis de divisórias.

Em 2011, a Eucatex completou 60 anos de existência, se mantendo como uma das maiores produtoras de pisos, divisórias, portas, painéis MDP e MDF, chapas de fibras de madeira e tintas e vernizes do Brasil. Com mais de 2 mil funcionários, exporta para 37 países e possui três modernas fábricas em Botucatu e Salto.

Com base na linha da produção da empresa, foram analisados os custos de transporte, considerando os trechos permissíveis para transporte de madeira entre a Fazenda Santa Terezinha, situada na cidade de Bofete/SP e a fábrica da Indústria Eucatex, localizada na cidade de Salto, conforme Figura 1.

Todos os trechos permissíveis da origem/destino são considerados a partir do critério de avaliação inicial das malhas de tráfego de veículos automotores, com relação à permissibilidade de trânsito de veículos Bi-trem e Tri-trem, sendo admitidas apenas vias concessionadas ou de administração estadual ou municipal, desconsiderando vias de tráfego particulares e vias de usucapião.

Figura 1 – Mapa de vias permissíveis para o transporte de madeira entre a Cidade de Bofete/SP e Cidade de Salto/SP



O trabalho consta com análises de custos operacionais dos veículos bi-trem e tri-trem, distâncias em quilômetros dos trechos permissíveis ao transporte de madeira e também com seus respectivos custos inerentes de tarifas de tráfego, referentes ao segundo semestre de 2012.

Com o intuito de obtenção da otimização de transporte e levando em consideração a minimização de custos, foi desenvolvido através da programação linear e seu conceito de melhor caminho, os parâmetros para este trabalho.

Os custos gerais por rotas de transporte foram obtidos através das seguintes considerações:

Considerou-se a seguinte equação como base para função objetivo:

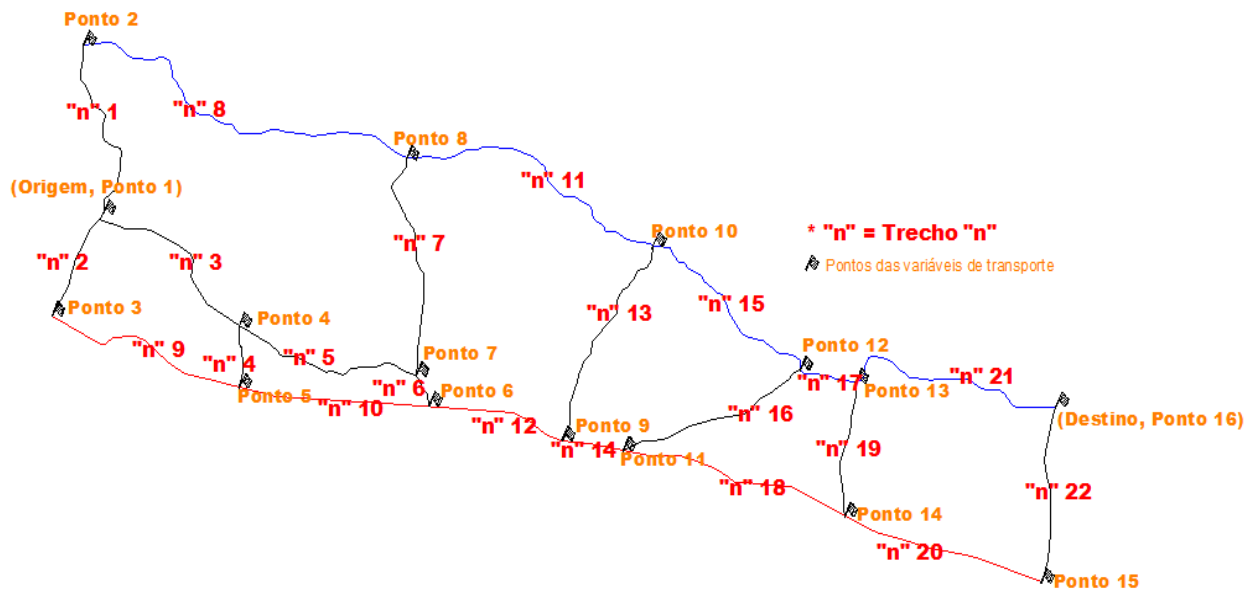
$$\checkmark \quad \text{CGR}_m = \text{CT}^1 + \text{CT}^2 + \text{CT}^3 + \dots + \text{CT}_n \quad (1)$$

Sendo:

- CGR = custo geral por rota;

- CT= Custos total por trecho permissível de transporte;
- “n” representado os trechos de transporte, variando de 1 a 22, referente aos trechos permissíveis de transporte de carga, considerando a origem como a cidade de Bofete/SP e destino a cidade de Salto/SP (empresa Eucatex), conforme Figura 2;
- “m” representa o tipo de veículo de transporte, podendo assumir os valores “b” e “t”, referente ao tipo de veículo de transporte utilizado, bi-trem ou tri-trem respectivamente, sendo determinante para a distinção dos conjuntos de equações relativas aos veículos por rota;
- Utilizou-se, nesse momento, a nomenclatura “pontos” para a definição de “nós”, conceito de programação linear.

Figura 2 – Pontos e Trechos de referência para o transporte



As variáveis de transporte são relativas aos pontos iniciais e finais de cada trecho permissível.

Foram referenciadas na forma alfanuméricos, utilizou-se “X_{ij}”, sendo “i” variável de 1 à 15 referentes aos pontos de origem, e “j” variável de 1 à 16, referentes aos pontos de destino, evidentes na Figura 2, todos os pontos foram considerados pontos de origem e destino, simultaneamente (excetos ponto 1 e ponto 16).

Todos os trechos, suas respectivas variáveis, distâncias e percursos são evidenciados na Tabela 4.

Tabela 4 – Percursos permissíveis para transporte

Trecho “n”	Percursos	Variável	Distância (Km)
1	Bofete até km 227 (Rod. Mar. Rondon)	x12	19.4
2	Bofete até km 183 (Rod. Castelo Branco)	x13	10.8
3	Bofete até Porangaba	x14	18.9
4	Porangaba até km 162+300m (Rod. CB)	x45	5.8
5	Porangaba até Cesário Lange	x47	20.5
6	Cesário Lange até km 143+200m (Rod. CB)	x76	3.4
7	km 196+300m (Rod. MR) até Cesário Lange	X87	29.5
8	km 227 (Rod. MR) até km 196+300m (Rod. MR)	x28	30.7
9	km 183 (Rod. CB) até km 162+300m (Rod. CB)	x35	20.7
10	km 162+300m (Rod. CB) até 143+200m (Rod. CB)	x56	19.1
11	km 196+300m (Rod. MR) até km 161 (Rod. MR)	x810	35.5
12	km 143+200m (Rod. CB) até km 128 (Rod. CB)	x69	15.1
13	km 128 (Rod. CB) até km 161 (Rod. MR)	x910	23.2
14	km 128 (Rod. CB) até km 121 (Rod. CB)	x911	7.0
15	km 161 (Rod. MR) até km 140 (Rod. MR)	x1012	29.5
16	km 121 (Rod. CB) até km 140 (Rod. MR)	x1112	25.0
17	km 140 (Rod. MR) até km 131 (Rod. MR)	x1213	9.0
18	km 121 (Rod. CB) até km 99 (Rod. CB)	x1114	22.5
19	km 131 (Rod. MR) até km 99 (Rod. CB)	x1314	14.9
20	km 99 (Rod. CB) até km 78+700m (Rod. CB)	x1415	20.4
21	km 131 (Rod. MR) até km 100 (Rod. MR)	x1316	31.3
22	km 78+700m (Rod. CB) até km 100 (Rod. MR)	x1516	45.5

Sendo assim, como exemplificações das variáveis têm-se:

- Trecho 1:
Refere-se do ponto 1 (Cidade de Bofete) até o ponto 2 (Km 227 da Rodovia Marechal Rondon), denominado de variável “X12”, sendo a origem ponto 1 e destino ponto 2;
- Trecho 16:
Refere-se do ponto 11 (Km 121 da Rodovia Castelo Branco) até o ponto 12 (Km 140 da Rodovia Marechal Rondon), denominado de variável “X1112”, sendo origem ponto 11 e destino ponto 12.

Dependentemente, o calculo do custo geral por rota (CGR) - base para fundamental para a definição da função objetivo - será de acordo com a soma dos custos por trechos selecionados para o transporte, sendo assim os custos por trechos levaram em consideração a algumas informações respectivas aos trechos:

- Existência ou não de pedágios no trecho “n”;

- A distância em km do trecho “n”;
- O custo por km rodado do veículo “m”, sendo determinado R\$ 4,36 para o veículo Bi-trem carregado (38 ton.) e R\$ 4,89 para o Tri-trem carregado (50 ton.). Ambos custos por km rodado foram obtidos através do simulador de custos operacionais VOLVO®, disponível no site corporativo (vide anexos 1 a 4) parametrizados de acordo com as Tabelas 5 e 6. Os valores de referência utilizados para o cálculo foram fornecidos pela empresa em que se desenvolveu o estudo.

Tabela 5 - Parâmetros para cálculo do km rodado do veículo Bi-trem carregado

CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL BI-TREM CARREGADO	
PREÇO DE COMPRA	R\$ 215.000,00
DEPRECIACÃO(ANOS)	5
VALOR RESIDUAL	R\$ 108.000,00
CUSTO DEPRECIACÃO (ANOS)	R\$ 21.400,00
REMUNERAÇÃO CAPITAL (anos)	3%
REMUNERAÇÃO CAPITAL (anos)	R\$ 4.845,00
SEGURO/ANO	R\$ 35.000,00
IMPOSTOS/ANO	R\$ 8.500,00
CUSTO MOTORISTA/ANO	R\$ 39.000,00
RASTREAMENTO/ANO	R\$ 2.000,00
ADMINISTRATIVO/ANO	R\$ 50.000,00
PREÇO DIESEL/ANO	R\$ 2,00
CONSUMO(km/l)	1,9
CUSTO PNEUS/ANO	R\$ 16.000,00
CUSTO MANUTENÇÃO/ANO	R\$ 10.000,00
KM ANUAL	55000
CUSTO FINAL/KM	R\$ 4,36

Tabela 6 – Parâmetros para cálculo do km rodado do veículo Tri-trem carregado

CÁLCULO DO CUSTO OPERACIONAL TRI-TREM CARREGADO	
PREÇO DE COMPRA	R\$ 215.000,00
DEPRECIÇÃO(ANOS)	5
VALOR RESIDUAL	R\$ 108.000,00
CUSTO DEPRECIÇÃO (ANOS)	R\$ 21.400,00
REMUNERAÇÃO CAPITAL (anos)	3%
REMUNERAÇÃO CAPITAL (anos)	R\$ 4.845,00
SEGURO/ANO	R\$ 35.000, 00
IMPOSTOS/ANO	R\$ 8.500,00
CUSTO MOTORISTA/ANO	R\$ 39.000,00
RASTREAMENTO/ANO	R\$ 2.000,00
ADMINISTRATIVO/ANO	R\$ 50.000,00
PREÇO DIESEL/ANO	R\$ 2,00
CONSUMO(km/l)	1.6
CUSTO PNEUS/ANO	R\$ 20.000,00
CUSTO MANUTENÇÃO/ANO	R\$ 12.000,00
KM ANUAL	53000
CUSTO FINAL/KM	R\$ 4,89

Sendo assim, observando as considerações anteriores, determinou-se a seguinte equação para definição do custo total por trecho:

$$\checkmark \quad CT^n = CKm^m * DT^n + CPED^n$$

Sendo:

- CKm_m = Custos por km rodado do veículo “m”, de acordo com simulador de custos operacionais VOLVO®;
- “m” variável entre “b” e “t”, referente ao tipo de veículo de transporte utilizado, bi-trem ou tri-trem respectivamente, sendo determinante para a distinção dos conjuntos de equações relativas aos veículos por rota;
- DT^n =Distância em quilômetros do trecho “n”;
- $CPED^n$ =Custo com pedágios referente ao trecho n (R\$), considerando a quantidade de eixos tocantes ao solo com o veículo carregado em capacidade máxima.

Os parâmetros para cálculos da equação 2, podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 7 – Parâmetros para cálculos (Veículos Carregados)

Trecho “n”	Variáveis	Distância do Trecho Km (DT)	R\$/KM RODADO (Ckm)		PEDÁGIOS R\$/EIXO (CPed)	Nº de EIXOS		CUSTO COM PEDÁGIOS [R\$] (CPED)		CUSTO TOTAL POR TRECHO [R\$] (CT)					
			Bitrem m (b)	Tritrem m (t)		Bitrem m (b)	Tritrem m (t)	Bitrem (=CPed *b)	Tritrem (=CPed *t)	Bitrem	Tritrem				
1	x12	19.4	R\$ 4.36	R\$ 4.89		7	9			R\$ 84.58	R\$ 94.87				
2	x13	10.8										R\$ 47.09	R\$ 52.81		
3	x14	18.9										R\$ 82.40	R\$ 92.42		
4	x45	5.8										R\$ 25.29	R\$ 28.36		
5	x47	20.5										R\$ 89.38	R\$ 100.25		
6	x76	3.4										R\$ 14.82	R\$ 16.63		
7	X87	29.5										R\$ 128.62	R\$ 144.26		
8	x28	30.7										R\$ 133.85	R\$ 150.12		
9	x35	20.7										R\$ 90.25	R\$ 101.22		
10	x56	19.1							R\$ 10.30			R\$ 72.10	R\$ 92.70	R\$ 155.38	R\$ 186.10
11	x810	35.5							R\$ 4.20			R\$ 29.40	R\$ 37.80	R\$ 184.18	R\$ 211.40
12	x69	15.1												R\$ 65.84	R\$ 73.84
13	x910	23.2												R\$ 101.15	R\$ 113.45
14	x911	7							R\$ 7.50			R\$ 52.50	R\$ 67.50	R\$ 83.02	R\$ 101.73
15	x1012	29.5												R\$ 128.62	R\$ 144.26
16	x1112	25												R\$ 109.00	R\$ 122.25
17	x1213	9							R\$ 5.50			R\$ 38.50	R\$ 49.50	R\$ 77.74	R\$ 93.51
18	x1114	22.5												R\$ 98.10	R\$ 110.03
19	x1314	14.9												R\$ 64.96	R\$ 72.86
20	x1415	20.4												R\$ 88.94	R\$ 99.76
21	x1316	31.3												R\$ 136.47	R\$ 153.06
22	x1516	45.5												R\$ 198.38	R\$ 222.50

Por assim, através das equações 1 e 2, obtiveram-se as seguintes

Funções Objetivas de acordo com cada veículo:

Bi-trem:

$$\begin{aligned} \text{Min} = & 84.58x_{12} + 47.09x_{13} + 82.40x_{14} + 25.29x_{45} + 89.38x_{47} + 14.82x_{76} + \\ & 128.62x_{87} + 133.85x_{28} + 90.25x_{35} + 155.38x_{56} + 184.18x_{810} + 65.84x_{69} + 101.15x_{910} + \\ & 83.02x_{911} + 128.62x_{1012} + 109.00x_{1112} + 77.74x_{1213} + 98.10x_{1114} + 64.96x_{1314} + \\ & 88.94x_{1415} + 136.47x_{1316} + 198.38x_{1516} \end{aligned}$$

Tri-trem:

$$\begin{aligned} \text{Min} = & 94.87x_{12} + 52.81x_{13} + 92.42x_{14} + 28.36x_{45} + 100.25x_{47} + 16.63x_{76} + \\ & 144.26x_{87} + 150.12x_{28} + 101.22x_{35} + 186.10x_{56} + 211.40x_{810} + 73.84x_{69} + 113.45x_{910} + \\ & 101.73x_{911} + 144.26x_{1012} + 122.25x_{1112} + 93.51x_{1213} + 110.03x_{1114} + 72.86x_{1314} + \\ & 99.76x_{1415} + 153.06x_{1316} + 222.50x_{1516} \end{aligned}$$

Os coeficientes destas funções representam o custo operacional de transito do veículo “m” pelo percurso “n”.

Variáveis de decisão:

São variáveis a serem equacionadas de forma a permitir-se minimização dos custos através das rotas permissíveis para o transporte, de tal forma que seja possível visualizar a melhor opção de rota a fim de atender à função objetivo, nesse caso o mínimo de custo.

A variável de X_{ij} pode assumir valores 0 ou 1 conforme o trecho representando –se o trecho que será ou não percorrido, conforme demonstrado nas Tabelas 4 e 7.

Restrições:

Por ser uma modelagem matemática de programação linear, utilizando o conceito de melhor caminho, os definidos “pontos”, são utilizados apenas para trânsito dos veículos, entretanto de acordo com a modelagem, em certos momentos, demandam transporte e sequencialmente ofertam.

Considera-se a denominação “ponto”, referente a definição “nó”, conceito de PL.

Tanto para a modelagem matemática com utilização do veículo Bi-trem quanto para a utilização do veículo Tri-trem utilizou-se as seguintes equações como restrições de cada “ponto”.

Ponto 1 Cidade de Bofete

$$\text{no1) } -x_{12} - x_{13} - x_{14} = -1$$

Ponto 2

$$\text{no2) } x_{12} - x_{28} = 0$$

Ponto 3

$$\text{no3) } x_{13} - x_{35} = 0$$

Ponto 4

$$\text{no4) } x_{14} - x_{45} - x_{47} = 0$$

Ponto 5

$$\text{no5) } x_{35} + x_{45} - x_{56} = 0$$

Ponto 6

$$\text{no6) } x_{56} + x_{76} - x_{69} = 0$$

Ponto 7

$$\text{no7) } x_{47} + x_{87} - x_{76} = 0$$

Ponto 8

$$\text{no8) } x_{28} - x_{87} - x_{810} = 0$$

Ponto 9

$$\text{no9) } x_{69} - x_{910} - x_{911} = 0$$

Ponto 10

$$\text{no10) } x_{810} + x_{910} - x_{1012} = 0$$

Ponto 11

$$\text{no11) } x_{911} - x_{1112} - x_{1114} = 0$$

Ponto 12

$$\text{no12) } x_{1012} + x_{1112} - x_{1213} = 0$$

Ponto 13

$$\text{no13) } x_{1213} - x_{1314} - x_{1316} = 0$$

Ponto 14

$$\text{no14) } x_{1114} + x_{1314} - x_{1415} = 0$$

Ponto 15

$$\text{no15) } x_{1415} - x_{1516} = 0$$

Ponto 16 Cidade de Salto

$$\text{no16) } x_{1316} + x_{1516} = 1$$

Resumidamente, o problema em questão, envolve a minimização de apenas uma função linear de variáveis primárias denominada função objetivo, sujeita a um conjunto de igualdades ou desigualdades lineares, denominada restrições.

Sucintamente, determinará a minimização dos custos de acordo com cada tipo de veículo de transporte, através dos seguintes modelos:

Minimização da função objetivo:

$$\text{Min } Z = CT^1X_{12} + CT^2X_{13} + CT^3X_{14} + \dots + CT^nX_{ij}$$

Sujeita às seguintes restrições:

Para o ponto de origem (Cidade de Bofete):

$-(\sum X_{ij}$ com origem ao Ponto “1”) = -1, simbolizando “a necessidade de saída de veículo” do ponto referenciado.

Sendo assim:

$$-x_{12}-x_{13}-x_{14}=-1$$

Para o ponto de destino final (Cidade de Salto):

$(\sum X_{ij}$ com destino ao Ponto “16”) = 1, simbolizando “a chegada do veículo ao destino” desejado, referenciado pelo ponto 16.

Sendo assim:

$$x_{1316}+x_{1516}=1$$

Para os demais pontos:

$(\sum X_{ij}$ com destino ponto “n”) - $(\sum X_{ij}$ com origem ponto “n”) = 0, simbolizando apenas o transito pelo ponto “n”.

Considerando resultados válidos para X_{ij} sendo “0” ou “1”, referentes à viabilidade de utilização ou não do percurso. Sendo “1” referente à utilização do percurso, e “0” referente a não utilização do percurso.

Exemplificando:

Caso no relatório final, engendrado pelo software de análises hipotéticas, a variável “ X_{12} ” seja igual a 0 (zero), saberá que o transito pelo trecho 1, respectivo à variável, não será utilizado no cenário otimizado.

Em todo problema de otimização apenas uma função pode ser otimizada, considerando os objetivos expressos como restrições.

Assim, o principal objetivo, que foi minimizar o custo, constituiu a função objetivo. Os demais objetivos são inerentes as restrições, sendo estas, a indicação de transito pelos pontos.

Considerar-se-á a rota otimizada de “ida” para rota de retorno à origem (Cidade de Bofete), porém, devido ao veículo retornar vazio – sendo assim mais leve –, baseou-se através de dados históricos da empresa, que cada veículo vazio, consuma menor quantidade de combustível (2.1km/l. de combustível para o veículo Bi-trem e 1.8km/l. de combustível para o veículo Tri-trem) e também tenha menor quantidade de eixos tocantes ao solo (5 eixos para Bi-trem e 7 eixos para Tri-trem) afetando diretamente nos custos inerentes aos pedágios, e também os custos por km rodado do veículo.

Com exceção ao consumo de combustível pelos veículos vazios mencionado acima, os demais parâmetros para cálculo do custo por km rodado de cada veículo foram baseados nas Tabelas 5 e 6, mesmos parâmetros para o calculo do custo por km rodado dos veículos

carregado, assim, inseridos no simulador de custos operacionais VOLVO®, o qual definiu os seguintes valores: R\$ 4,26 para o veículo Bi-trem e R\$ 4,75 para o veículo Tri-trem, ambos veículos vazios, vide anexos 3 e 4.

Devido à alterações nos custos operacionais para veículos vazios, faz se a Tabela 5 parâmetros para os relativos cálculos de custos de rota de retorno.

Tabela 8 - Parâmetros para cálculos (Veículos Vazios)

Trecho "n"	Distância do Trecho Km (DT)	R\$/KM RODADO (Ckm)		PEDÁGIOS R\$/EIXO (CPed)	Nº de EIXOS		CUSTO COM PEDÁGIOS [R\$] (CPED)		CUSTO TOTAL POR TRECHO [R\$] (CT)	
		Bitrem m (b)	Tritrem m (t)		Bitrem m (b)	Tritrem m (t)	Bitrem (=CPed* b)	Tritrem (=CPed* t)	Bitrem	Tritrem
1	19.4								R\$ 82.64	R\$ 92.15
2	10.8								R\$ 46.01	R\$ 51.30
3	18.9								R\$ 80.51	R\$ 89.78
4	5.8								R\$ 24.71	R\$ 27.55
5	20.5								R\$ 87.33	R\$ 97.38
6	3.4								R\$ 14.48	R\$ 16.15
7	29.5								R\$ 125.67	R\$ 140.13
8	30.7								R\$ 130.78	R\$ 145.83
9	20.7								R\$ 88.18	R\$ 98.33
10	19.1			R\$ 10.30			R\$ 51.50	R\$ 72.10	R\$ 132.87	R\$ 162.83
11	35.5			R\$ 4.20			R\$ 21.00	R\$ 29.40	R\$ 172.23	R\$ 198.03
12	15.1	R\$ 4.26	R\$ 4.79		5	7			R\$ 64.33	R\$ 71.73
13	23.2								R\$ 98.83	R\$ 110.20
14	7			R\$ 7.50			R\$ 37.50	R\$ 52.50	R\$ 67.32	R\$ 85.75
15	29.5								R\$ 125.67	R\$ 140.13
16	25								R\$ 106.50	R\$ 118.75
17	9			R\$ 5.50			R\$ 27.50	R\$ 38.50	R\$ 65.84	R\$ 81.25
18	22.5								R\$ 95.85	R\$ 106.88
19	14.9								R\$ 63.47	R\$ 70.78
20	20.4								R\$ 86.90	R\$ 96.90
21	31.3								R\$ 133.34	R\$ 148.68
22	45.5								R\$ 193.83	R\$ 216.13

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através das equações lineares inseridas no software LINDO®, obtiveram-se os seguintes planejamentos otimizados de rotas de “ida” e também a minimização de custos relativos, para os veículos Bi-trem e Tri-trem, conforme Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Tela de saída do software LINDO®, otimização de percurso para veículo Bi-trem

```

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
  1)          658.6700

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
  X12             0.000000          0.000000
  X13             0.000000          0.000000
  X14             1.000000          0.000000
  X45             0.000000          76.470001
  X47             1.000000          0.000000
  X76             1.000000          0.000000
  X87             0.000000          175.269989
  X28             0.000000          0.000000
  X35             0.000000          106.120003
  X56             0.000000          0.000000
  X810            0.000000          86.769989
  X69             1.000000          0.000000
  X910            0.000000          37.750000
  X911            1.000000          0.000000
  X1012           0.000000          0.000000
  X1112           1.000000          0.000000
  X1213           1.000000          0.000000
  X1114           0.000000          62.209999
  X1314           0.000000          215.809998
  X1415           0.000000          0.000000
  X1316           1.000000          0.000000
  X1516           0.000000          0.000000

```

Figura 4 - Tela de saída do software LINDO®, otimização com veículo Tri-trem

```

OBJECTIVE FUNCTION VALUE
1)          753.6900

VARIABLE          VALUE          REDUCED COST
X12              0.000000          0.000000
X13              0.000000          0.000000
X14              1.000000          0.000000
X45              0.000000          97.580002
X47              1.000000          0.000000
X76              1.000000          0.000000
X87              0.000000          196.580002
X28              0.000000          0.000000
X35              0.000000          130.830002
X56              0.000000          0.000000
X810             0.000000          93.529991
X69              1.000000          0.000000
X910             0.000000          33.729996
X911             1.000000          0.000000
X1012            0.000000          0.000000
X1112            1.000000          0.000000
X1213            1.000000          0.000000
X1114            0.000000          63.469997
X1314            0.000000          242.059998
X1415            0.000000          0.000000
X1316            1.000000          0.000000
X1516            0.000000          0.000000

```

Observou-se que indiferente do tipo de veículo utilizado, Bi-trem ou Tri-trem, o percurso manteve-se o mesmo, variando apenas os valores das funções objetivas, as quais são inerentes aos custos gerais por rota (CGR), sendo totalizados de acordo com o tipo de veículo utilizado.

De acordo com os cenários otimizados de transporte, o percurso ideal para ambos os veículos será utilizar os seguintes trechos, na sequência lógica seguinte:

Trecho 3 – Cidade de Bofete até Cidade de Porangaba

Trecho 5 – Cidade de Porangaba até Cidade de Cesário Lange

Trecho 6 – Cidade de Cesário Lange até km 143+200m (Rod. CB)

Trecho 12 - km 143+200m (Rod. CB) até km 128 (Rod. CB)

Trecho 14 - km 128 (Rod. CB) até km 121 (Rod. CB)

Trecho 16 - km 121 (Rod. CB) até km 140 (Rod. MR)

Trecho 17 - km 140 (Rod. MR) até km 131 (Rod. MR)

Trecho 21 - km 131 (Rod. MR) até km 100 (Rod. MR) – Cidade de Salto

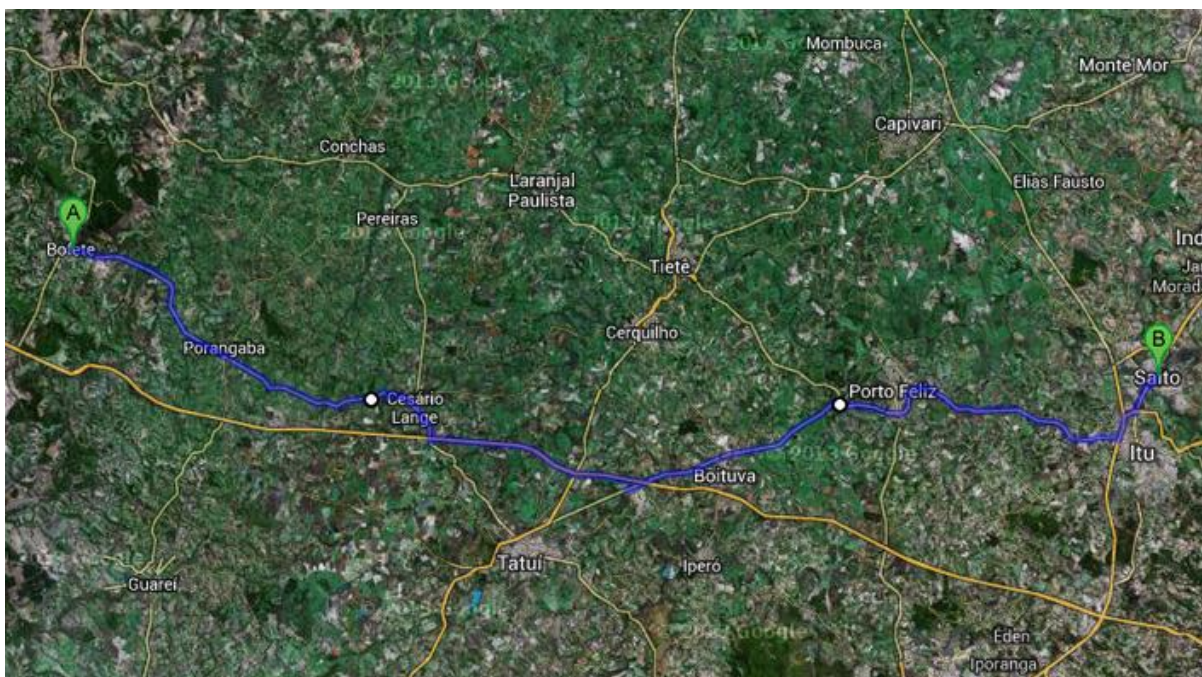
Com isso, o custo referente ao percurso otimizado transitado pelo veículo Bi-trem será de R\$ 658,67 no percurso de “ida”; enquanto para o veículo Tri-trem têm-se um custo de R\$ 753,69 ao mesmo percurso.

Considerou-se ainda, a mesma rota como sendo rota de retorno do veículo à origem, assim, os custos relativos ao retorno, baseados na Tabela 5, são:

- Veículo Bi-trem: R\$ 619,65;
- Veículo Tri-trem R\$ 709,45.

Na figura 5 é possível visualizar a roteirização otimizada para os veículos em estudo.

Figura 5 – Roteirização otimizada para os veículos Bi-trem e Tri-trem



É possível visualizar na Tabela 9, os custos finais relativos ao trecho otimizado, para cada tipo de veículo.

Tabela 9 – Custos finais otimizados

Veículo	Custos com percurso de “ida”	Custos com percurso de “retorno”	Custo total por viagem (ida+retorno)
Bi-trem	R\$ 658,67	R\$ 619,65	R\$ 1278,32
Tri-trem	R\$ 753,69	R\$ 709,45	R\$ 1463,14

Estima-se que a empresa em questão efetua em média 50 viagens mensais com o veículo Bi-trem e 40 viagens mensais com o veículo Tri-trem, considerando as mesmas definições de origem e destino.

Em consequência da roteirização deficiente atualmente utilizada pela empresa e também devido ao trajeto ser distinto do otimizado, estima-se (baseado em dados históricos e estáticos da empresa) que atualmente cada viagem com o Bi-trem custe R\$ 1475,28 e cada viagem com o Tri-trem onere R\$ 1690,57, conforme Tabela 10.

Tabela 10 – Custos atuais NÃO otimizados.

Veículo	Custos com percurso de “ida”	Custos com percurso de “retorno”	Custo total por viagem (ida+retorno)
Bi-trem	R\$ 764.78	R\$ 710.50	R\$ 1475,28
Tri-trem	R\$ 884.52	R\$ 806.05	R\$ 1690,57

Assim, num período de um mês, ter-se-a gasto com o transporte pelas rotas convencionais por cada veículo:

Bi-trem R\$1475,28/viagem x 50 viagens/mês = R\$ 73.764,00/mês;

Tri-trem R\$ 1690,57/viagem x 40 viagens/mês = R\$ 67.622,80/mês.

Em comparação, os custos com a roteirização otimizada versus roteirização convencional utilizada pela empresa, é possível visualizar uma grande projeção de redução mensal nos custos com o transporte, conforme Tabela 8.

Tabela 11 – Comparação de custos de rotas

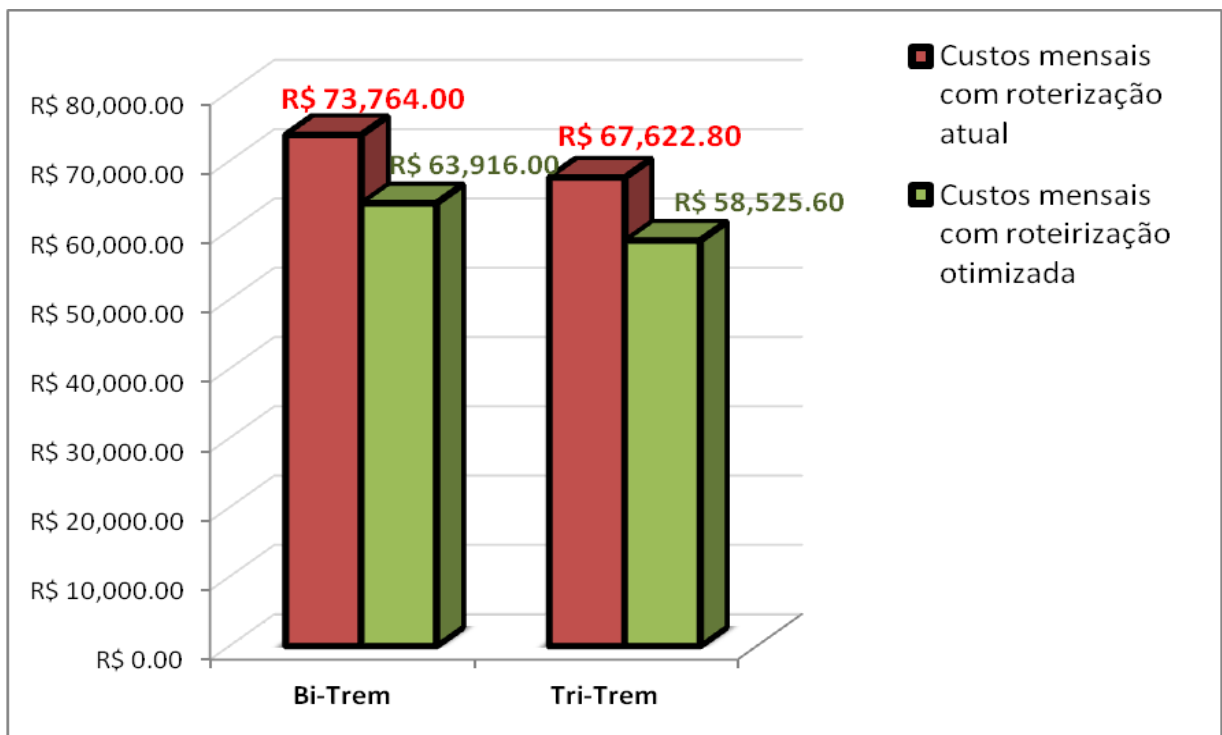
	Custos mensais com roteirização atual	Custos mensais com roteirização otimizada
Bi-Trem	R\$ 73.764,00	R\$ 63.916,00
Tri-Trem	R\$ 67.622,80	R\$ 58.525,60

5 CONCLUSÃO

O método utilizado neste trabalho pode ser empregado como ferramenta de auxílio na determinação das opções mais adequadas quanto às rotas a serem seguidas pelos veículos do transporte de madeiras, visando minimização de custos.

Visualizou-se que através deste estudo obteve-se um cenário otimizado com grande impacto na redução de custos pertinentes ao transporte, conforme figura 6.

Figura 6 – Comparativo de custos



Considerando os valores de custos roteirização atual e custos da roteirização otimizada, percebeu-se uma projeção de redução de aproximadamente 13% de custo/mês, om

relação a ambos veículo de transporte, refletindo numa economia mensal aproximadamente de 19 mil reais.

Percebeu-se que a roteirização otimizada através da programação linear, demonstrou ser de grande valia para a redução de custos pertinentes ao transporte de madeira em estudo, abrindo uma janela para novos planejamentos e amparando novos conhecimentos para a área agroflorestal.

REFERÊNCIAS

ANTONÂNGELO, A.; BACHA, C. J. I. **As fases da silvicultura no Brasil**. Revista Brasileira de Economia, v. 52, n. 1, p. 207-238, 1998.

ANDRADE, E. N. de. O eucalipto. 2ª ed. rev. e atual. Jundiaí: Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1961. 688 p.

ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais**. São Paulo: Atlas, 1999

ARTESP – Agência de Transporte do Estado de São Paulo. Concessões Rodoviárias. Disponível em: http://www.artesp.sp.gov.br/servicos/servicos_del_programa_concessoes.asp Acesso em 14 de outubro de 2012.

ARTESP – Agência de Transporte do Estado de São Paulo. Concessões Rodoviárias. Disponível em: <http://www.artesp.sp.gov.br/servicos/programaConcessoes1Etapa.asp> Acesso em 14 de outubro de 2012.

ARTESP – Agência de Transporte do Estado de São Paulo. Concessões Rodoviárias. Disponível em: <http://www.artesp.sp.gov.br/servicos/programaConcessoes2Etapa.asp> Acesso em 14 de outubro de 2012.

BRASIL. Resolução n° 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.denatran.gov.br/download/Deliberacoes/DELIBERACAO_CONTRAN_75_08.pdf>. Acesso em 06 abr.2013.

BRASIL. Resolução n° 246, de 27 de julho de 2007. Altera a Resolução n° 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.denatran.gov.br/download/Resolucoes/RESOLUCAO_CONTRAN_246.pdf>. Acesso em 06 de abr.2013.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial**. São Paulo: Atlas, 1993. p. 24.

BALLOU, Ronald H. **Logística empresarial: transportes, administração de materiais, distribuição física**. São Paulo: Atlas, 2007

BANDEIRA DE MELLO, Celso Antônio. **Concessão de Obra Pública: parecer**. Revista do Direito Público. São Paulo, ano 24, n. 96, p. 214, 1984.

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. **Minimização do custo de transporte de madeira de eucalipto no estado de São Paulo**. Piracicaba, 1975. 122p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

BIDZISNKA, G.; KOSICKA, K.; WALKOWIAK, M. **Optimization of transport in forestry and wood processing industries**. Prace Instituto de Tecnologia - Drowna, v.31, p.3-15, 1985.

CAIXETA FILHO, J.V. **A utilização de modelagem pelas empresas florestais. Silvicultura**, n.52, p.18-20, nov./dez. 1993.

CAIXETA-FILHO, José Vicente (Org.); MARTINS, Ricardo Silveira (Org.). **Gestão Logística do Transporte de Cargas**. São Paulo: Atlas, 2001

CAIXETA-FILHO, J. V.. **Pesquisa Operacional – Técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

CAVANHA FILHO, A.O. **Logística: novos modelos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

DUARTE, Moacyr Servilha. **Muito além do pedágio. Canal do Transporte**. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.canaldotransporte.com.br/detalheopina.asp?id=89%20&%20foto=>>. Acesso em: 24 mar. 2005.

EUCATEX; **História da Criação**; Disponível em: <http://www.eucatex.com.br/pt/Eucatex/Historia.aspx>; Acesso em 26/05/2013

GABARRO, J.; CHEVALIER, P.; WEINTRAUB, A.; NIETO, E.; EPSTEIN, R. **A system for the design of short term harvesting strategy**. European Journal of Operational Research, v.119,

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

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 2000. 448 p.

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. Viçosa – MG: 1992. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa - UFV.

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

MACHADO, Carlos Cardoso; LOPES, Eduardo da Silva; BIRRO, Mauro Henrique Batista. **Elementos Básicos do Transporte Florestal Rodoviário**. Viçosa, MG: Ed. da UFV, 2000. p.51-157

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

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

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

MARQUES, R. T. **Otimização de um sistema de transporte florestal rodoviário pelo método PERT / CPM.** Viçosa: 1994. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa - UFV.

MARTELL, D.L.; GUNN, E.A.; WEINTRAUB, A. **Forest management challengers for operational researchers.** European Journal of Operational Research, v.104, p.1-17, 1998.

NOVAES, Antonio Galvão. **Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição: estratégia, operação e avaliação.** 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007

PRADO, D. S.. **Programação Linear.** Belo Horizonte: DG, 1999.

RODRIGUES, P. R. A. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional.** São Paulo: Aduaneiras, 2002

ROSS, A.D. **Performance-based strategic resource allocation in supply networks.** International Journal of Production Economics, v.63, n.2, p.255-266, 2000.

SEIXAS, F. **Uma metodologia de seleção e dimensionamento da frota de veículos rodoviários para o transporte principal de madeira.** São Carlos. 106p.1992 (Tese de Doutorado – EESC)

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

SULCARJ; Sindicato das Empresas de Transporte de Cargas e Logística do Sul. **“Lei da Balança”;** **Limite de Pesos e Dimensões.** Disponível em: <http://sulcarj.com.br/leidabalan%C3%A7a.html>; Acesso em 22/05/2013.

VALVERDE, S. R.; OLIVEIRA, G. G. de; CARVALHO, R. M. A. M.; SOARES, T. S. **Efeitos Multiplicadores do Setor Florestal na Economia Capixaba.** Revista Árvore, Viçosa – MG, v. 29, n.1, p. 85 – 93, 2005 (a).

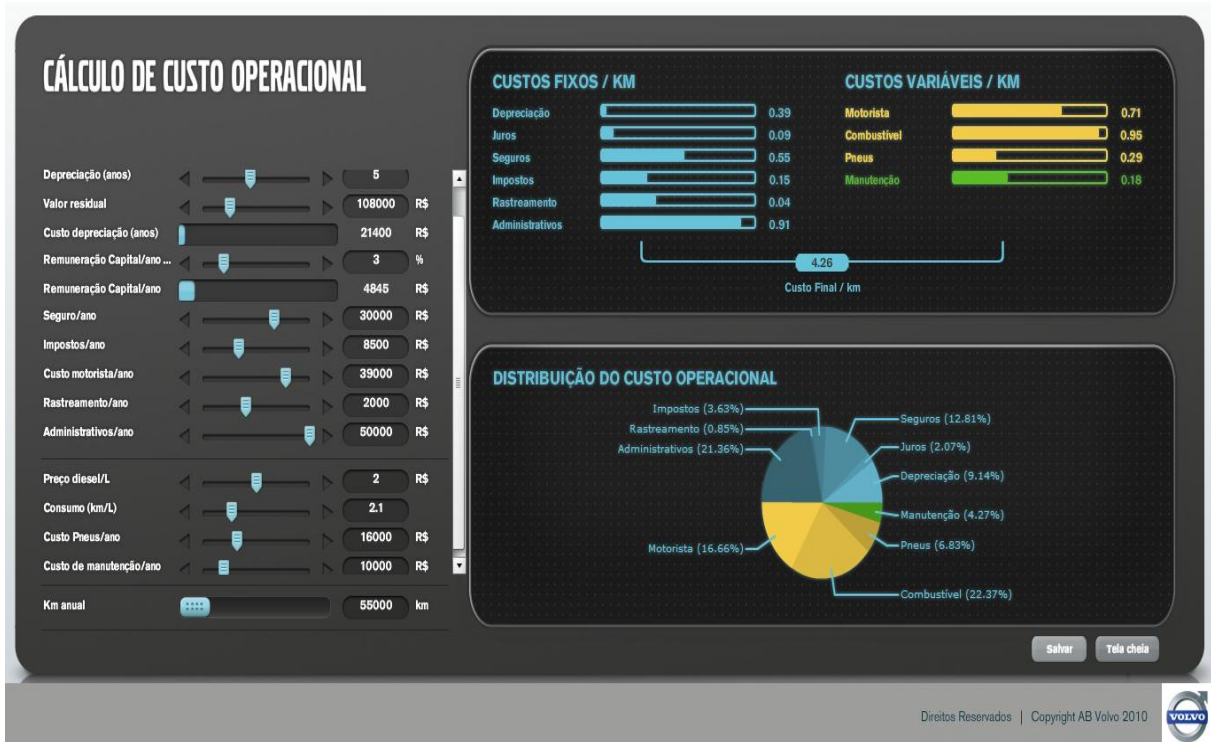
VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; NOVAES, A. G. **Gerenciamento de transporte e frotas.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

VIANA, G. A. **Associação Nacional do Transporte de Cargas.** Disponível em: <http://www.ntc.org.br>>. Acesso em: 01 de abr. 2013.

VOLVO. Caminhões do Brasil. **Simulador de Custos Operacionais.** Disponível em: http://www.volvo Trucks.com/trucks/brazil-market/pt-br/parts_service_new/total-costcalculator/Pages/total-costcalculator.aspx. Acesso em 22/05/2013.

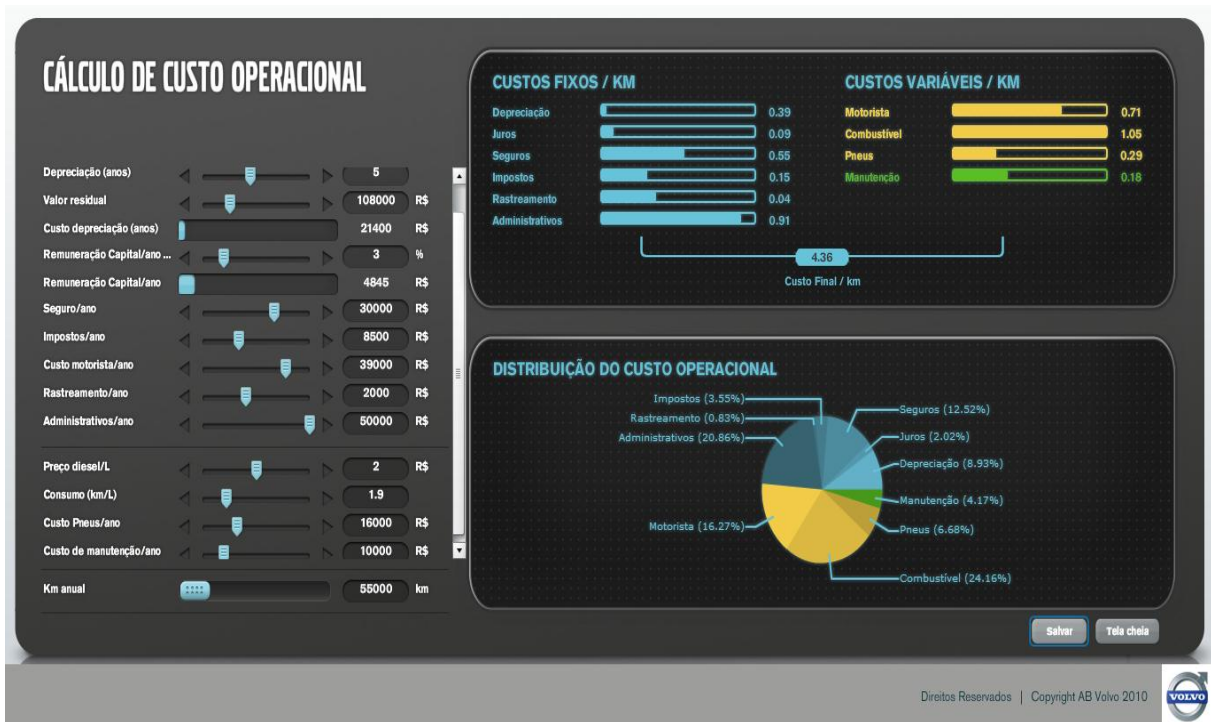
ANEXO

Anexo 1 – Cálculo do custo operacional veículo Bi-trem vazio



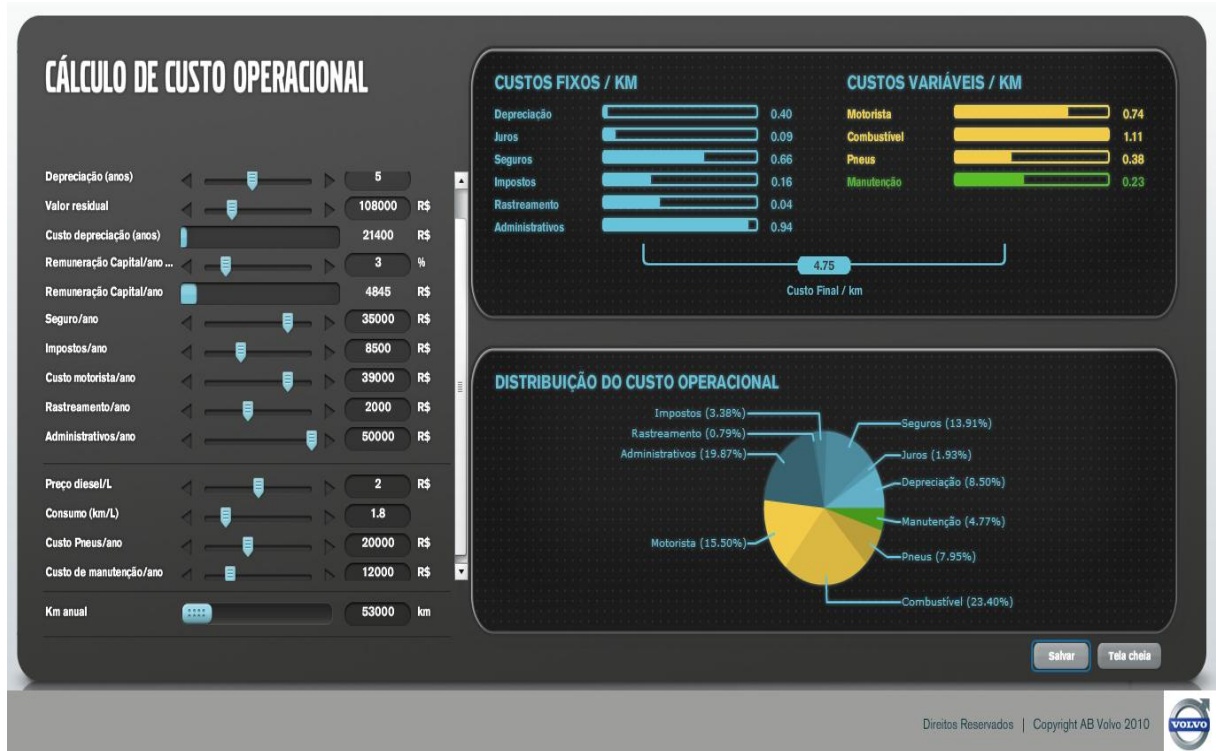
ANEXO

Anexo 2 Cálculo do custo operacional do veículo Bi-trem carregado



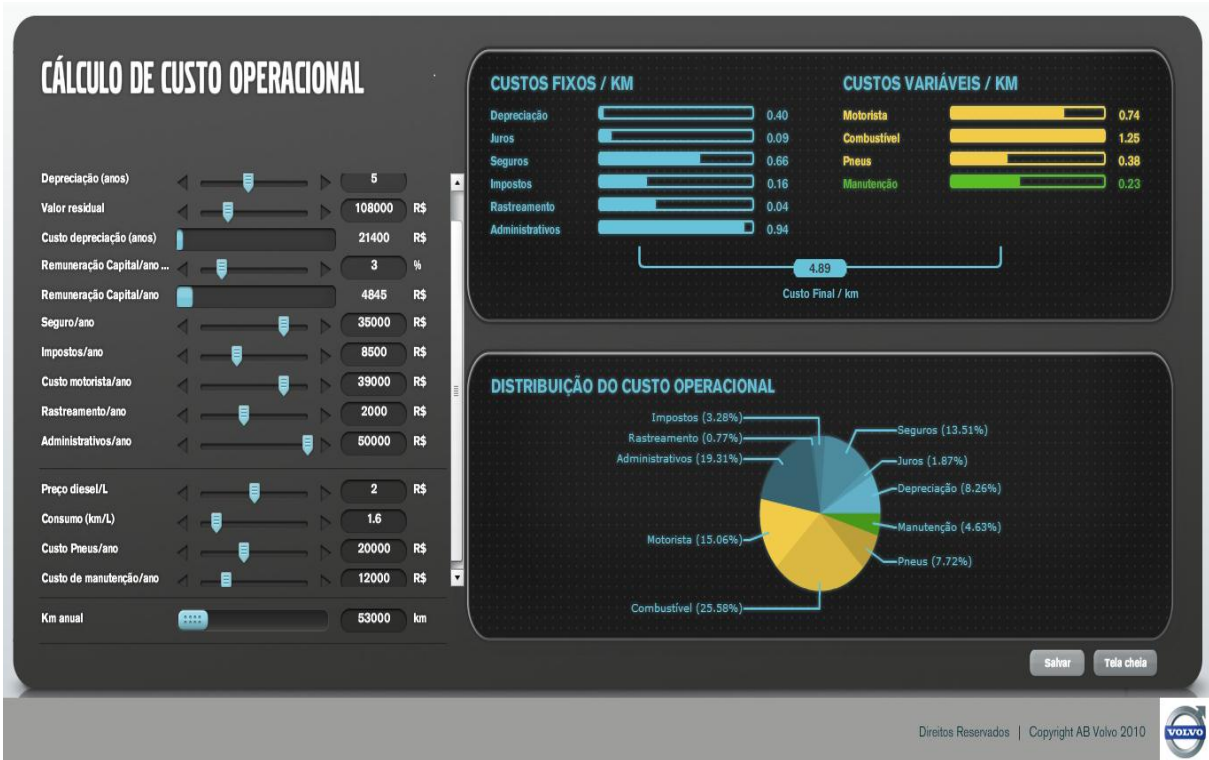
ANEXO

Anexo 3 Cálculo do custo operacional do veículo Tri-trem vazio



ANEXO

Anexo 4 – Cálculo do custo operacional do veículo Tri-trem carregado



Botucatu, 20 de Julho de 2013.

Patrícia Pinto de Oliveira

De Acordo:

Prof. Esp. Luiz Enéias Zanetti Cardoso
Orientador

Prof^a Ms. Vitor de Campos Leite
Coordenador do Curso de Logística