

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Centro Sócio Econômico
Departamento de Ciências Econômicas

TIAGO BUSS

**ALOCAÇÃO DE FROTA ATRAVÉS DA MINIMIZAÇÃO DOS CUSTOS
DE TRANSPORTE UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR**

Florianópolis, 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS
DISCIPLINA: MONOGRAFIA - CNM 5420

**ALOCAÇÃO DE FROTA ATRAVÉS DA MINIMIZAÇÃO DOS CUSTOS
DE TRANSPORTE UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO LINEAR**

Aluno (a): Tiago Buss

Assinatura:

Matrícula: 05106443

Telefone e e-mail: (48) 8412-1104 tiagobuss@gmail.com

Orientador: Prof.(a): João Randolfo Pontes

De acordo:

Entrada na Secretaria do Departamento de Econômica

Em 01/07/2009

Florianópolis, 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO SÓCIO-ECONÔMICO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS

A Banca Examinadora resolveu atribuir a nota de 10,0 ao aluno Tiago Buss na disciplina CNM - 5420 – Monografia, pela apresentação deste trabalho.

Banca examinadora:



Prof. João Randolfo Pontes
Orientador

Prof: Eraldo Sérgio B da Silva

Membro

Prof: Leandro Stocco

Membro

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado força e serenidade para realizar tal trabalho;

À UFSC e ao Departamento de Economia por me dar a estrutura para realização dos meus estudos;

Ao meu orientador pela presteza e transmissão de conhecimento;

Ao corpo docente do Curso de Economia;

À Paôla pelo companheirismo e auxílio intelectual nas horas mais difíceis da realização deste trabalho;

Aos meus pais, minha irmã e minha sobrinha;

Aos meus familiares sempre tão presentes em minha vida, principalmente minha madrinha;

Aos meus colegas de estudos, do Labtrans, e amigos em geral.

RESUMO

A importância do sistema de transporte para uma economia é extremamente relevante, o que faz com que os estudos nesta área tomem dimensões notórias no espaço acadêmico. Esta monografia objetiva descrever um método matemático capaz de alocar a frota de transportadoras para determinadas situações enfrentadas em seu dia a dia. Foram levantados no estudo em questão os itens que compõem os custos do transporte assim como é dado o rateio dos mesmos, chegando a uma formulação básica por quilômetro rodado. Após a averiguação de tal formulação, foi feito um modelo de alocação de frota, utilizando-se da pesquisa operacional e da programação linear. Para encontrar o resultado ótimo da aplicação foi utilizado o algoritmo Simplex, com o Software LINDO 6.1. O resultado final do trabalho traz consigo uma contribuição às transportadoras atuantes no mercado, e possibilita a *utilização do mesmo em diversos casos específicos da alocação da frota embasada em um modelo de custos.*

Palavras chaves: Transporte; Custos no Transporte; Programação Linear; Alocação de Frota; Método Simplex.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMATIZAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DOS FRETES NA ECONOMIA	8
FIGURA 2 - PARTICIPAÇÃO DO MODAL RODOVIÁRIO NA MATRIZ DE TRANSPORTE NOS DIVERSOS PAÍSES	10
FIGURA 3 - ELEMENTOS DA CADEIA DE SUPRIMENTOS.....	14
FIGURA 4 - CARACTERÍSTICA DO FLUXO NO PROBLEMA DE TRANSPORTE	19
FIGURA 5 - O PROBLEMA DE TRANSPORTE NO FORMATO DE FLUXO EM REDES.	19
FIGURA 6 - ESQUEMATIZAÇÃO DO MÉTODO SIMPLEX.....	20
FIGURA 7 - ESQUEMA DE CUSTOS NO TRANSPORTE (AUTORIA PRÓPRIA).....	22
FIGURA 8 - PRINCIPAIS CUSTOS INCIDENTES NO TRANSPORTE RODOVIÁRIO	23
FIGURA 9 - FLUXOGRAMA PARA ALOCAÇÃO DA FROTA DAS TRANSPORTADORAS	32
FIGURA 10 - RESULTADO FINAL DO PROBLEMA	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1.	LOCALIZAÇÃO E DISTÂNCIA DOS CAMINHÕES ATÉ A ORIGEM DA CARGA	35
TABELA 2.	CUSTO CHEIO POR QUILOMETRO DOS CAMINHÕES	36
TABELA 3.	ALOCAÇÃO DOS CAMINHÕES À DEMANDA	41
TABELA 4.	RESULTADO SOBRE OS CUSTOS COM O TRANSPORTE.....	42

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	3
1.1 Problemática.....	3
1.2 Objetivos.....	5
1.2.1 Objetivo geral	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 Metodologia.....	5
1.4 Estrutura do trabalho	6
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 Considerações gerais	7
2.2 Aspectos determinantes dos preços dos fretes.....	11
2.3 Metodologias de cálculo dos custos do transporte	12
2.4 Papel da logística na determinação dos custos	13
2.5 Pesquisa operacional	15
2.5.1 Problema de transporte em programação linear	17
2.5.2 Sobre o Método Simplex.....	20
CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA PARA CUSTEIO NO TRANSPORTE.....	22
3.1 Considerações gerais	22
3.2 Custos diretos variáveis.....	24
3.3 Custos diretos fixos	27
3.4 Custos indiretos fixos	29
CAPÍTULO 4 - ALOCAÇÃO DA FROTA PELA ANÁLISE DE CUSTOS.....	31
4.1 Problemas enfrentados pelas transportadoras.....	31
4.2 Solução de um problema de alocação de frota.....	35
4.3 Resultados obtidos na alocação.....	40
CONCLUSÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
ANEXO: RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO SOFTWARE LINDO.....	46

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

1.1 Problemática

No decorrer das últimas décadas as economias vêm sofrendo modificações em todas as áreas do conhecimento que impactam o sistema produtivo e a eficiência do uso dos recursos naturais. Uma das principais atividades da economia refere-se a comercialização e distribuição dos produtos fabricados.

No que se refere à economia de infraestrutura em transporte, a mesma é parte *essencial para que um país possa realizar de forma eficiente seu crescimento e conseqüentemente o desenvolvimento econômico*. Dado o crescimento significativo do PIB mundial nos últimos tempos e também a evolução expressiva do crescimento dos países, em especial, os emergentes, tal como o Brasil, o investimento em infraestrutura é requisito para possibilitar a continuidade da expansão atual dos países no âmbito mundial.

A significativa importância do sistema de transporte de uma economia faz com que investimentos nessa área sejam vistos com muita cautela e relevância pelas instâncias governamentais, devido à necessidade imprescindível de tornar tal sistema satisfatório aos seus usuários. O transporte é ponto chave para os países, pois através dele é dado um dos requisitos básicos econômicos: a distribuição da produção de mercadorias. Logo, o transporte constitui uma peça importante no processo de desenvolvimento, e sua concepção, implementação e operacionalização provoca efeitos diretos e indiretos no sistema produtivo.

No caso brasileiro não é diferente, onde os custos de transporte afetam diretamente os preços dos produtos comercializados no país. Logo, as minimizações dos custos com transportes constituem uma preocupação de toda a cadeia produtiva, uma vez que estes custos afetam diretamente a renda da população, bem como provocam impactos nas políticas dos investimentos produtivos que contribuem para promover a expansão das economias regionais e fortalecer os planos de desenvolvimento econômico.

Dado a importância deste segmento econômico para os países, as empresas demandantes destes serviços objetivam constantemente a redução dos custos operacionais do transporte de carga, tornando a obtenção e a apuração dos custos incorridos nessa área, aliados aos conhecimentos logísticos das operações de distribuição, como pontos cruciais para tais organizações.

A *competitividade* presente nas economias devido a abertura do comércio internacional trouxe mudanças significativas na dinâmica dos transportes como um todo. Observa-se no mercado em questão, um grande número de empresas competindo entre si, onde preços baixos e atendimento de qualidade são fatores intrínsecos para seu crescimento e para a boa saúde financeira das empresas. Dentro deste contexto, equipamentos, tecnologias, métodos e estratégias que tenham como finalidade a diminuição dos custos assim como o melhoramento do processo empresarial, ganham espaço de destaque pelas organizações inseridas nesta dinâmica.

No caso das empresas transportadoras, a saturação no mercado fica evidente. De acordo com dados da ANTT (2008), há 719.741 registros de transportadores rodoviários, sendo que destes, 85% são autônomos. Devido ao alto número de empresas de pequeno porte e autônomos no mercado, os mesmos, muitas vezes, praticam tarifas infundadas nos aspectos microeconômicos de maximização de lucros das operações, ou seja, as mesmas praticam tarifas abaixo dos seus custos marginais.

Devido a essa alta concorrência, restam às empresas buscarem formas de diminuição de seus custos e também de ampliação da qualidade dos serviços prestados. Nessa esfera surge a necessidade de melhor alocação dos meios produtivos, que podem servir como instrumento de auxílio para a resolução dos problemas enfrentados com as baixas tarifas praticadas no setor.

No que diz respeito aos fretes praticados no mercado, tem-se que o transporte é operado sobre regime próximo à livre concorrência, onde as empresas ofertantes destes serviços devem ter um intenso controle sobre seus custos e operações. De acordo com Valente et al. (1997), nos valores das tarifas estão embutidos parâmetros de consumo e desempenho, de modo que o lucro das empresas ofertantes de transporte depende fundamentalmente da gestão adequada de seus custos. O conhecimento adequado desses custos e a utilização de forma eficiente dos mesmos poderão gerar ganhos de satisfação dos usuários do sistema, pois tal conhecimento poderia ocasionar redução dos fretes, e conseqüentemente redução no preço final dos produtos.

Dada a necessidade por parte das empresas demandantes de serviços de transporte de obtenção e apuração dos custos incorridos sobre seus produtos, o conhecimento sumário do transporte e da logística são pontos cruciais para tais organizações. A redução dos custos de transporte é ponto chave para proporcionar níveis de abastecimentos adequados dos produtos, do ponto de vista dos consumidores com preços acessíveis, assim como pela ótica das

próprias empresas, mantendo competitividade no setor, e conseqüentemente saúde financeira estável.

A fim de auxiliar as empresas ofertantes de serviços de transportes, este trabalho propõe um modelo de cálculo dos custos para determinadas situações de transporte, analisando e avaliando tal incoerência desta modalidade. Com tais informações as empresas transportadoras poderão dispor de uma ferramenta que auxilia a escolha da alocação de sua frota, assim como poderá dimensionar a cobrança de tarifas adequadas a sua realidade, facilitando assim a negociação tarifária das prestações de serviços com fretes e mensuração de perspectivas de gastos futuros.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Apresentar metodologia de cálculo de custos para alocação ótima de um problema de transporte específico de alocação de frota.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar os fundamentos econômicos da economia de transporte.
- Levantamento de modelos de cálculo de custos no transporte assim como preceitos da pesquisa operacional e de programação linear.
- Propor metodologia de alocação de frota fundada em preceitos básicos do transporte.
- Aplicação e validação do método através da resolução de problemas práticos enfrentados pelas transportadoras para alocarem suas frotas.

1.3 Metodologia

O aspecto metodológico deste trabalho se enquadra na elaboração de um método de alocação de frota, onde primeiramente é feito o embasamento teórico das formas de custeio já existentes e explicitadas por diversos autores da área.

A análise realizada é de caráter analítica, que usa de meios estatísticos e métodos de otimização matemática. É utilizado para a alocação ótima da frota o método Simplex, onde o mesmo é embasado em preceitos matemáticos que permitem a resolução de tais problemas. Na execução de tal método é utilizado software LINDO 6.1.

O método ora proposto têm intuito de conciliar o conhecimento da gestão do transporte com a alocação ótima de frotas em determinadas situações de transporte, sendo o mesmo aplicado a soluções de problemas em que são apresentadas equações matemáticas que possibilitam resultados que atendam da melhor maneira possível as restrições impostas.

Após esta análise é proposto um modelo que objetiva explicar e mensurar as relações de transportes e trazer como resultado os custos estimados para a realização de tais serviços utilizando a forma de custeio mais satisfatória ao caso em questão, associado à adoção do método simplex para a alocação ótima da frota.

Para o modelo ser considerado aceitável, o mesmo passará por um processo de validação, em que os valores resultantes serão equiparados a situações reais de transporte. Com isso é possível mensurar a utilidade e a possibilidade de redução de custos para as empresas do setor.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado da seguinte forma: no capítulo 1 tratam-se da problemática da pesquisa, seus objetivos, metodologia e estrutura; no capítulo 2 apresentam-se os fundamentos teóricos básicos do assunto abordado; no capítulo 3 relata-se da metodologia utilizada para o custeio no transporte; no capítulo 4 trata-se sobre a metodologia proposta para a alocação da frota fundada nos parâmetros do menor custo para a realização dos serviços, por fim no capítulo 5 têm-se as considerações finais.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações gerais

O transporte é um elemento fundamental nas economias modernas. O aumento do consumo e da produção mundial torna constante a multiplicação da produção de mercadorias nas sociedades contemporâneas, sendo que o transporte passa a ser ponto chave para o desenvolvimento. Nesse sentido o sistema de transporte moderno deve ser sustentável, atendendo assim os interesses econômicos, sociais e ambientais.

No site do Portal da União Européia (2001), argumenta-se que o crescimento econômico só é possível dado um sistema de transporte eficaz, permitindo o pleno proveito do mercado interno regional e atendendo os anseios do comércio globalizado. Apesar de estarmos vivendo a era da informação, a transação de mercadorias ainda é essencial para a existência social. Ponto importante também é o fenômeno recente de “deslocalização” de certas indústrias, onde as mesmas procuram reduzir custos de produção, transferindo suas unidades produtivas para onde forem mais atrativos os insumos de produção ou a mão de obra mais barata. Nesse aspecto, a redução com custos de transporte também se torna evidenciada na distribuição de produtos.

No que diz respeito ao entendimento da dinâmica do mercado de fretes é preciso *compreender o funcionamento do mesmo, em seus mais variados aspectos*. A Figura 1 demonstra de forma esquematizada a participação do mercado de fretes na economia.

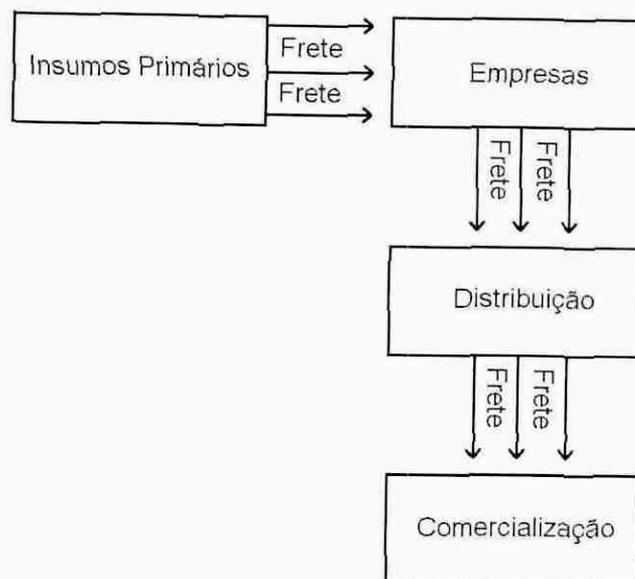


Figura 1 - Esquemática da participação dos fretes na economia

Fonte: Autoria própria

A participação do transporte se dá a partir do momento que se tem a necessidade de levar os insumos de produção até os locais de processamento onde os mesmos serão manufaturados. Nota-se que dentro de cada uma dessas etapas podem ocorrer mais de uma contratação de fretes, dado que esta configuração é uma forma simplificada de mostrar como é a participação dos transportes em uma economia.

Os insumos chegando à etapa de industrialização sofrem várias modificações, devido ao processo de produção, podendo ser das formas mais simples até as mais evoluídas de produção. A industrialização é responsável pela agregação de valor às mercadorias, também afeta diretamente os preços de fretes, deixando os mesmos mais caros. Mais à frente o aspecto valor agregado será exposto com mais detalhamento.

Para uma análise momentânea, é importante distinguir que após o processo de industrialização os produtos têm que ser distribuídos, sendo que, para isso tanto médias como grandes empresas utilizam-se de centros de distribuição, onde os produtos são armazenados e distribuídos de forma mais eficiente. Cabe salientar que esses centros de distribuição são localizados de forma estratégica a fim de reduzir os custos com transporte.

Depois de distribuída a produção para o varejo em geral, a contratação de fretes pode ser necessária, aumentando ainda mais a participação do transporte no preço final dos produtos. O frete aparece em várias etapas do processo, agregando assim considerável valor as mercadorias. Logo, afeta diretamente ou indiretamente os níveis de satisfação dos

indivíduos de uma economia, através da alteração de suas rendas, poderes de compra, níveis de investimentos e serviços, poupanças, entre outros fatores econômicos. De acordo com estudos da Associação Nacional do Transporte de Cargas – NTC (apud, PEREIRA (2002)), o frete oscila entre 0,8% e 15% do custo final do produto.

Para Nazário et al. (2008), a importância do transporte pode ser medida através de três indicadores, sendo eles os custos, faturamentos e lucros. De acordo com o autor o transporte representa cerca de 60% dos custos logísticos, 3,5% do faturamento e mais que o dobro dos lucros. Considerando o mercado de fretes concorrencial, a melhoria da gestão de frotas e da prestação de serviço em si do transporte se refletiria em maiores graus de satisfação dos usuários do sistema, pois afetaria diretamente os preços dos produtos, além de afetar o lado dos ofertantes, que poderiam ampliar seus mercados e seus níveis de produção.

Para Pereira (2002) outros aspectos podem ser considerados na determinação dos custos globais do transporte, inclusive alguns afetando os preços dos fretes, sendo os principais: tempo, principalmente despendidos nos transbordos em terminais e nas operações; o manuseio, em função do modal de transporte a ser utilizado, o tipo da carga transportada, o acondicionamento, e as tecnologias para transbordos; também da parte financeira, referindo-se ao valor agregado das mercadorias e, por fim, a geração das viagens, na determinação das rotas e distâncias envolvidas.

No âmbito da economia brasileira, o transporte assume papel importantíssimo em todos seus aspectos. Para tanto, pode-se observar que o mesmo está e sempre esteve em muitos dos assuntos discutidos sobre melhorias infraestruturais nacionais, além de ser parte intrínseca aos planos de planejamento econômicos já implantados no país. Porém, a matriz de transporte nacional mostra-se desequilibrada e tendenciosa para com o modal rodoviário.

No entendimento de Souza et al. (2005), o transporte no Brasil apresenta graves sintomas estruturais com certa dependência exagerada ao modal rodoviário, sendo, entre os principais problemas da realidade nacional, o sucateamento da frota, assim como a crescente participação de profissionais autônomos no mercado de fretes (Para Valente et al. (2001) existem três categorias de transportadores de cargas, sendo elas: cooperativas de transporte, empresas transportadoras e autônomos). Também são citados os acidentes de trânsito como sério causador de mortes no país, e a crescente onda de roubos de cargas nas estradas brasileiras.

Souza et al. (2005) ainda destaca a não regulação do sistema, além da não eficiência fiscalizatória e a falta de estímulos governamentais para a expansão dos demais modais de transporte. Esses problemas podem ser justificados pela deficiência nas políticas

governamentais de investimentos, aliado ao alto custo de capital, fazendo com que o país tenha a abusiva utilização do modo rodoviário. Através da Figura 2 é possível observar a participação do modal rodoviário nos países com extensões territoriais parecidas com o caso brasileiro.

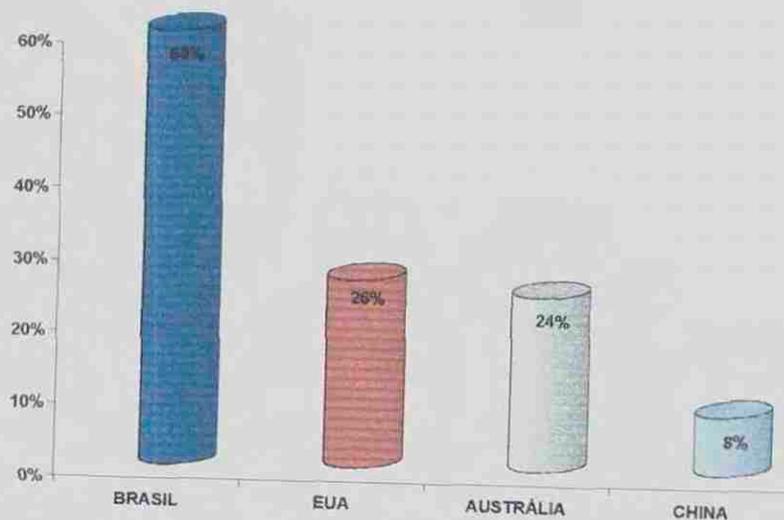


Figura 2 - Participação do modal rodoviário na matriz de transporte nos diversos países
Fonte: Souza et al. (2005)

Apesar de o transporte rodoviário possuir flexibilidade e menores custos, devido a problemas já mencionados e outros, é economicamente mais frágil do que outros modais, pois o mesmo gera margens reduzidas ocasionadas pela grande dissipação e fácil acesso ao ramo de atividade e também pela pressão dos embarcadores e das indústrias sobre os preços. Algumas empresas acabam praticando *dumping* sobre os preços, ignorando regulamentações, aspectos sociais e de segurança (Portal da União Européia, 2001).

Os aspectos negativos do transporte rodoviário são evidenciados com a baixa produtividade, insuficiência energética, baixa segurança além de elevados índices de emissão de poluentes.

Dado o entendimento acerca da importância do transporte na economia, o próximo item do trabalho tem por finalidade descrever os principais aspectos determinantes das tarifas praticadas no mercado de fretes brasileiro.

2.2 Aspectos determinantes dos preços dos fretes

Para tentar descrever tais aspectos este subitem tem por objetivo demonstrar com base na bibliografia encontrada os principais fatores que influenciam a determinação dos fretes praticados nos mercados diversos. São vários os aspectos para a determinação dos preços de fretes.

No mercado de fretes rodoviários brasileiro não há ocorrência de controles governamentais para as atividades de transporte, assim sendo a formação dos preços estão sujeitas as *variações de oferta e demanda* (MARTINS et al., 2004).

Neste mercado de livre concorrência, as principais variáveis que influenciam os preços de fretes são: *distância percorrida, os custos operacionais, a possibilidade de obtenção de carga de retorno, os processos de carga e descarga, sazonalidade da demanda por transporte, a especificidade de carga transportada e do veículo utilizado, perdas e avarias, vias utilizadas, volume transportado, valores de pedágios, rigor das fiscalizações, prazos para entrega e alguns aspectos geográficos* (CORREA JR., 2001 apud MARTINS et al., 2004).

Pereira (2002) divide as características determinantes dos fretes em dois grupos, sendo eles o grupo referente às características das cargas transportadas e o outro referente aos serviços de transporte oferecidos nas determinadas situações. As características das cargas referem-se às informações de volumes movimentados, densidades, valores unitários, condições de segurança desejáveis, perdas eventuais e tecnologias requeridas para a movimentação das mercadorias. Quanto ao serviço de transporte, o mesmo depende das questões de infraestrutura existente, assim como da malha, dos locais de carga e descarga, infraestruturas de apoio e tempos de retenção dos ativos, devido à falta de eficiência em outras operações.

Ainda de acordo com Pereira (2002), outros fatores afetam a determinação dos preços dos fretes, sendo eles: *dinamismos dos despachos; localização dos centros distribuidores ou demais pontos de origem ou destino; margens de contribuições (lucros); custos ocasionados por transportadores não regulares, ou até mesmo a redução em função de uma possível regularidade de contratação de determinados transportadores; custos de armazenagens quando necessário, assim como custos de estoques caso existam; também custos de manuseios de materiais, tais como equipamentos de carga e descarga, empilhadeiras, paleteiras; custos com mão de obra operacional; custos com mercadorias danificadas ou desaparecidas e por fim custos com a parte administrativa das organizações.*

Depois de verificada a amplitude das variáveis que influenciam a determinação dos fretes, pretende-se averiguar as formas com que os diversos autores abordam o custeio com transporte, pois o mesmo dará base teórica para a formulação de uma metodologia de alocação de frota capaz de estimar os custos incidentes nas situações específicas de transporte.

2.3 Metodologias de cálculo dos custos do transporte

Através da análise das formas de custeio para formação de fretes é possível obter informações suficientes para descrever e estruturar um método de custos capaz de expressar a decorrência dos gastos com transporte nas empresas do setor, possibilitando a alocação da frota em determinadas situações através da análise de custos.

Este item tem por finalidade transcrever as principais metodologias utilizadas pelas empresas e no meio acadêmico para custear o transporte em determinadas situações. Justifica-se de acordo com a análise de Salles et al. (2006): “Os preços que se pagam pelos transportes estão ligados às particularidades dos custos de cada tipo de serviço, geralmente taxas justas costumam acompanhar os custos de produção dos serviços”.

A grande maioria dos autores divide os custos no transporte em duas formas principais. A primeira refere-se aos chamados custos diretos, que são aqueles que variam de acordo com a quilometragem rodada pelos veículos e os custos alocados em função do tempo em que são levados para fazer todo o procedimento de trânsito, assim como cargas e descargas e tempos de esperas, onde os ativos ficam improdutivos. Esses custos são diretamente relacionados à atividade de transporte.

A segunda forma identificada como custos indiretos, refere-se às atividades administrativas das empresas de transporte, custos de capitais, entre outros, onde os mesmos não são diretamente relacionados às operações de transporte.

Para Ojima et al. (2008), pode-se dividir os custos rodoviários entre custos fixos e custos variáveis, onde os fixos independem do nível de atividade gerada em um intervalo de tempo pelos veículos. Já os custos variáveis modificam-se de acordo com o nível de atividade da frota.

Já para Salles et al. (2006) todos os custos são parcialmente fixos ou parcialmente variáveis, e suas alocações variam de acordo com as expectativas individuais. O mesmo autor ainda relata que os custos fixos são aqueles que contam no volume normal das operações de transporte, já os demais custos são considerados variáveis. Isso implica que os custos fixos

são os equipamentos de transporte e instalações, já os variáveis são gastos com combustíveis e salários, além de gastos com manutenções, manuseios, coletas e entregas.

No entendimento de Ojima et al. (2008) os custos fixos são: depreciação, gastos com motorista, impostos do veículo, além das prestações de financiamentos do mesmo e os custos administrativo da empresa. O autor faz destaque ao custo com motoristas, que no Brasil é pago mensalmente na forma de um salário, ao contrário de outros países como, por exemplo, os Estados Unidos, onde é usual o motorista receber em função das distâncias percorridas pelo mesmo. Já os custos variáveis são relacionados com: gastos com combustíveis, incluindo lubrificantes e filtros, custos com pneus, câmaras, protetores e recapagens, além das despesas com pedágios e manutenções.

2.4 Papel da logística na determinação dos custos

Quanto à logística, a mesma sofre constantemente evoluções, sendo ela um ponto chave na estratégia competitiva das empresas nos diversos setores. A mesma é ferramenta indispensável, pois é utilizada pelas empresas como meio de redução de custos assim como ampliação da satisfação de seus clientes. Hoje a logística é “um ponto nevrálgico da cadeia produtiva integrada, atuando em estreita consonância com o moderno gerenciamento da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management*)” (NOVAES, 2001 p. V).

A logística representa o conjunto de todas as atividades de movimentação e armazenagem necessárias, de modo a facilitar o fluxo de produtos do ponto de aquisição da matéria-prima até o ponto de consumo final, como também dos fluxos de informação que colocam os produtos em movimento, obtendo níveis de serviço adequados aos clientes, a um custo razoável. Inicialmente, a logística foi utilizada na área militar de modo a combinar da forma mais eficiente, quanto a tempo e custo, e com os recursos disponíveis realizar o deslocamento das tropas e supri-las com armamentos, munição e alimentação durante o trajeto, expondo-as o mínimo possível ao inimigo. Com a globalização das economias os países vão incrementando gradativamente o seu comércio exterior, passando a logística a ter um papel preponderante, pois comércio e indústria consideram o mercado mundial como os seus fornecedores e clientes (GOEBEL, 1996, p. 2).

No âmbito logístico o entendimento do funcionamento sistêmico das atividades e os custos com transportes são essenciais para o bom funcionamento das economias. O transporte aparece em várias etapas da cadeia de suprimento, deslocando matérias primas assim como os produtos acabados para os consumidores finais, como pode ser observado na Figura 3.

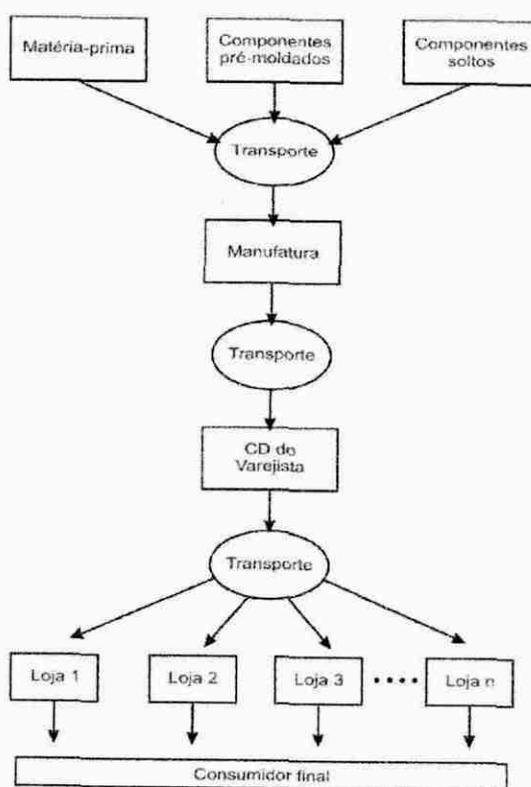


Figura 3 - Elementos da cadeia de suprimentos

Fonte: Novaes (2001, p. 181).

No entendimento de Novaes (1986), serviços de transporte são organizados e administrados por operadores sob a forma de empresas, cooperativas e em alguns casos sob forma individual. Esses serviços são absorvidos pelos usuários, a fim de deslocarem suas mercadorias. Para Fromm (1965), transporte é um requisito criador de receita, agregando valor às mercadorias, e responsável pela transferência das mesmas para centros de produção e de consumo.

2.5 Pesquisa operacional

O objetivo deste item do trabalho é relatar de forma básica e sistêmica como ocorre a aplicação da pesquisa operacional ao transporte. Também vem demonstrar a forma básica do método de programação linear (método Simplex), aplicado à resolução através de programação inteira em problemas de transporte.

A explicação e o entendimento dos fatores e ações que regem o comportamento humano, e conseqüentemente movem o mundo há muito tempo vem sendo estudados pelo homem, que vê essa necessidade crescendo com o passar do tempo. Dentro deste contexto, a formulação matemática de problemas do cotidiano ganha um destaque especial através da construção de modelos.

Segundo Goldbarg e Luna (2000, pg. 2), “os modelos são representações simplificadas da realidade que preservam, para determinadas situações e enfoques, uma equivalência adequada”. Um modelo pode ser muito simples ou muito complexo, envolver poucas ou muitas variáveis, desde que seja suficientemente similar à realidade de forma que possa ser aplicado para explicar a mesma.

Dentro da modelagem matemática, a Pesquisa Operacional (PO) é uma disciplina de destaque no qual agrega diversas técnicas que servem de suporte para a resolução de problemas envolvendo modelos. De acordo com Goldbarg e Luna (2000, pg. 13): “Os modelos de PO são estruturados de forma lógica e amparados no ferramental matemático de representação, objetivando claramente a determinação das melhores condições de funcionamento para os sistemas representados”.

A pesquisa operacional, de acordo com Bronson (1985), pode ser entendida pela alocação ótima de recursos, onde a mesma parte de preceitos sobre eficiência e escassez, e aplica modelos matemáticos definidos para situações específicas. Em paralelo, a mesma dispõe de métodos computacionais para solucionar os modelos complexos em tempo hábil.

A Pesquisa Operacional surgiu durante a Segunda Guerra Mundial, quando equipes da Inglaterra se reuniram para estudar formas de maximizar os recursos disponíveis, que eram escassos. Devido aos resultados positivos encontrados pela Inglaterra, os Estados Unidos aderiram e intensificaram os estudos nesta área. A partir desse momento, a pesquisa operacional ganhou destaque em estudos e a utilização da mesma foi se expandindo para diversas áreas, como economia, engenharia, administração, dentre outras (LISBOA, 2002).

Ainda de acordo com Lisboa (2002), o desenvolvimento dos computadores e softwares de apoio, a Pesquisa Operacional tornou-se ainda mais prática para a resolução de problemas que podem envolver um número grande de variáveis. Esses problemas podem ser apresentados em forma de modelos, cujas equações podem ser lineares ou não-lineares. As primeiras são amplamente utilizadas e denominadas de Programação Linear (PL).

De acordo com Bronson (1985, pg. 3) a Programação Linear tem como preceito básico esquematizar os problemas através de uma equação, denominada de função objetivo, cujo intuito é a minimização (custos, despesas, etc.) ou maximização (receita, lucro, etc.) da mesma, dependendo de um número finito de variáveis de entrada.

Essas variáveis podem ser independentes umas das outras ou podem ser relacionadas por meios de restrições, chamadas de inequações (maior, menor, estritamente maior, estritamente menor) que servem para mostrar as limitações do problema. Matematicamente, um problema de Programação Linear pode ser apresentado conforme a equação 2.1.

$$\text{Otimizar } Z = \sum_{i=1}^n c_i x_i = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_n x_n \quad (2.1)$$

sujeito a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq d_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq d_2$$

$$\vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n \leq d_m$$

Um problema de Programação Linear envolve duas etapas: a modelagem do problema e o método de solução. Para a primeira parte não há técnicas específicas, sendo necessário o perfeito entendimento do problema para transformá-lo em um modelo conforme a equação (2.1). Para a resolução de um problema de Programação Linear, o problema deve estar em sua forma padrão, que na verdade é uma adaptação da equação (2.2), assim enunciada por Goldbarg e Luna (2000):

$$\text{Otimizar } Z = CX \quad (2.2)$$

Sujeito a:

$$AX = D$$

$$X \geq 0$$

$$D \geq 0$$

Sendo:

$A = \{a_{ij}\}$: matriz de restrições

$C = \{c_i\}$: vetor linha de n componentes

$D = \{d_j\}$: vetor coluna de M componentes.

$X = \{x_i\}$: vetor coluna de N componentes.

A inserção da não-negatividade das matrizes D e X é justificada por Goldbarg e Luna (2000), como uma das características que determinam um problema de Programação Linear. Esse, por sua vez, pode ser transformado na forma padrão apresentada, sem perda das propriedades. Alguns fatores podem dificultar a formulação do problema, mas eles podem ser resolvidos através dos seguintes passos:

- Mudança do critério de otimização: Se houver necessidade, pode-se substituir a função de minimização pela maximização, e vice-versa, pois:

$$\text{Max } Z = \text{Min } (-Z) \text{ e } \text{Min } Z = \text{Max } (-Z)$$

- Transformação de inequações em equações: através da inserção de uma variável chamada de “variável de folga”, que tem o objetivo de complementar a desigualdade. Por exemplo:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n \leq b \text{ é equivalente a } x_1 + x_2 + \dots + x_n + x_{n+1} = b$$

- Transformação de uma variável livre em não-negativa: Neste caso, deve-se transformar a variável numa soma cujas variáveis componentes da mesma sejam positivas. Por exemplo:

$$x = x_1 - x_2, \text{ sendo que } x_1 \geq 0, x_2 \geq 0$$

Dessa forma, a partir da formulação do problema, deve-se determinar um método que seja capaz de resolver o mesmo.

2.5.1 Problema de transporte em programação linear

O problema de transporte é um problema de programação inteira. Entende-se por programação inteira como a programação linear com restrição adicional de valores e variáveis de entrada com números inteiros.

No caso específico do transporte, de acordo com Bronson (1985, pg. 70), com objetivo de desenvolver um esquema de transporte de valores inteiros de produto não fracionado, atendendo as demandas a partir de estoques constantes ao custo de transporte mínimo, considera-se o transporte envolvendo m origens representadas por a_i ($i=1,2,3,\dots, m$) unidades disponíveis de um produto homogêneo, para n destinos representados por b_j ($j=1,2,3,\dots, n$), onde a_i e b_j são inteiros e positivos. Também são consideradas as variáveis de custos, que representam os custos de transportar uma unidade do produto da origem i ao destino j .

O preceito básico para a resolução de tal problema é considerar que a oferta total e a demanda total são iguais, ou seja:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j \quad (2.3)$$

De acordo com Bronson (1985), considerando x_{ij} como o número de unidades a serem transportadas da origem i para o destino j , têm-se que a forma normal do modelo matemático para o problema de transporte pode ser entendida por:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (2.4)$$

sujeito a:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i=1,2,\dots, m)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j=1,2,\dots, n)$$

$$x_{ij} \in \mathbb{N}$$

De acordo com Goldbarg e Luna (2000) a descrição gráfica do problema de transportes pode ser descrita da seguinte forma (Figura 4):

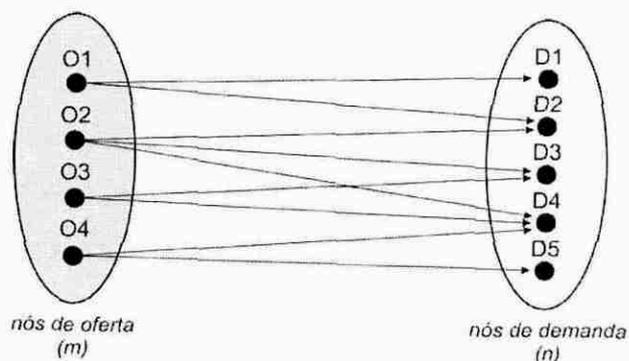
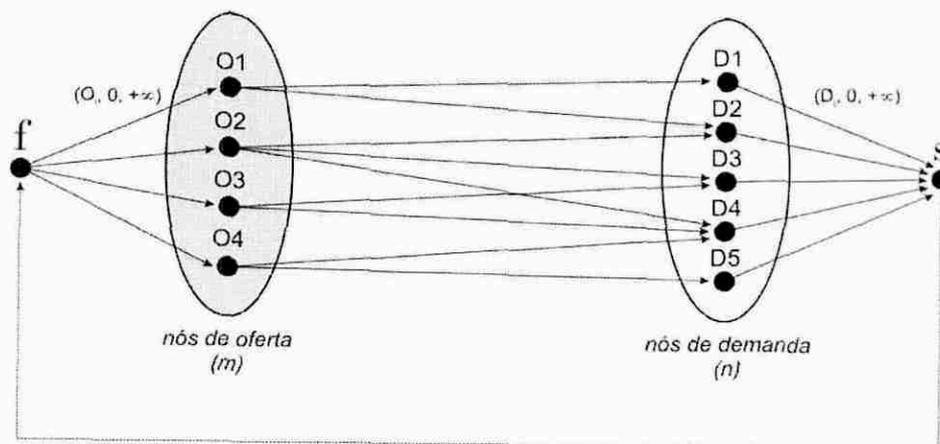


Figura 4 - Característica do fluxo no problema de transporte
 Fonte: Goldbarg e Luna (2000)

O problema de transportes pode ser visto de forma que o objetivo do modelo é minimizar globalmente os custos do fluxo através dos arcos da rede de oferta versus demanda. Observa-se a Figura 5 no formato de fluxo de rede para entender tal relação.



$$\left(\sum_{i=1}^m O_i = \sum_{j=1}^n D_j, 0, \infty \right)$$

Figura 5 - O problema de transporte no formato de fluxo em redes.
 Fonte: Goldbarg e Luna (2000)

O nó f da Figura 5 apresenta os limites inferiores para a oferta e a demanda iguais a O_i e D_j , sendo assim o problema de transporte pode ser adequado a um problema de fluxo de rede.

Para a resolução deste tipo de problema de transporte pode ser utilizado o método Simplex, onde o mesmo é apresentado no item que segue.

2.5.2 Sobre o Método Simplex

A Programação Linear reduz um sistema real a um conjunto de equações ou inequações para a otimização de uma função objetivo. O conjunto de equações é indeterminado, de forma que o número de soluções viáveis é infinito. Para tanto, o ponto ótimo de uma solução é encontrado nos extremos do conjunto de soluções viáveis, porém o trabalho para encontrá-lo é considerável. Essa quantidade de conjuntos de soluções pode ser exponencial em relação as variáveis.

Pode-se resumir as dificuldades em encontrar a solução destes problemas em duas principais observações: obter as soluções viáveis básicas do sistema de equações; e como evitar o teste de todas as soluções viáveis básicas possíveis para otimizar o sistema (GOLDBARG e LUNA, 2000).

Para facilitar a resolução destes problemas, surge o algoritmo Simplex que é uma forma eficiente para solucionar sistemas lineares e adaptá-los a ferramentas computacionais, que permitam a execução do mesmo em tempo hábil. A Figura 6 mostra esquematicamente como se trabalha com tal método.



Figura 6 - Esquematização do método Simplex

Fonte: Autoria própria

Parte-se da suposição de que os melhores resultados estão nos vértices do polígono formado (área de soluções viáveis) pelas restrições. Isso certamente diminui o número de interações a serem realizadas até encontrar a solução ótima, onde inicia-se a partir de uma

solução inicial viável e procede-se identificando melhores soluções do que a inicial até encontrar a ótima (GOLDBARG e LUNA, 2000).

Após descritos os principais preceitos do método, é possível aplicar o mesmo ao problema específico a ser estudado utilizando-se do software LINDO 6.1, sem muitas complicações.

CAPÍTULO 3 - METODOLOGIA PARA CUSTEIO NO TRANSPORTE

3.1 Considerações gerais

Os custos com transportes são de considerável dificuldade para mensuração. O transporte é realizado em várias etapas e pode ser variante de tempos em tempos. Para tanto, a análise do custo segue o preceito de individualidade do veículo e também de características gerais da frota de determinada empresa.

É importante destacar que a metodologia ora proposta é aplicável a determinadas situações, com veículos específicos e empresas com características particulares. O mesmo pode ser utilizado nas diversas empresas do setor, desde que as mesmas disponham de informações históricas das operações.

Considera-se que os custos são divididos em duas categorias principais, sendo os custos diretos e custos indiretos. Os custos diretos representam os que estão diretamente ligados à operação em si de transporte, seus principais exemplos são os gastos com combustíveis ou com salários de motoristas. Já os custos indiretos são aqueles que não estão diretamente ligados à operação, como exemplos gastos com marketing e pessoal administrativo.

Os custos diretos e indiretos ainda podem ser divididos em duas categorias, os custos diretos fixos e os custos diretos variáveis. Os fixos, apesar de incidirem diretamente na operação, não variam de acordo com a produtividade, já os variáveis são relativamente proporcionais à produtividade do veículo ou da frota (Figura 7).

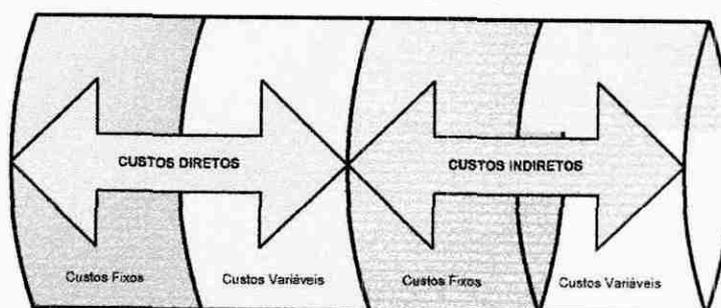


Figura 7 - Esquema de custos no transporte

Fonte: Valente et al. (1997)

No caso específico deste trabalho não é considerada a existência de custos indiretos variáveis relevantes, pois para o caso específico dos transportes, a literatura e a prática das transportadoras mostram a não ocorrência dos mesmos. Para tanto, os outros custos relevantes são apresentados de forma simplificada nos próximos itens. A figura 8 mostra os principais custos incidentes nas operações de transporte.

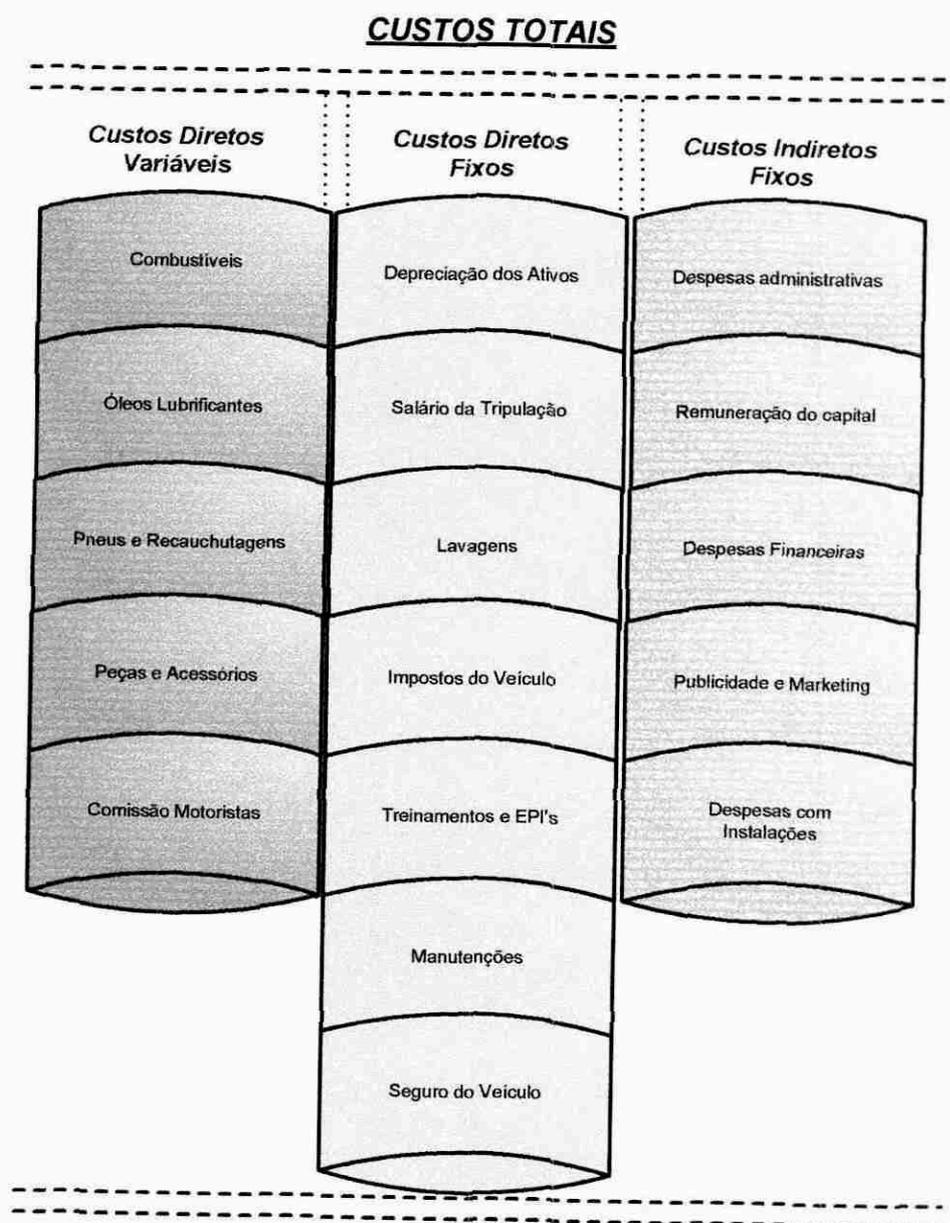


Figura 8 - Principais custos incidentes no transporte rodoviário

Fonte: Autoria própria

3.2 Custos diretos variáveis

Os custos diretos variáveis são apresentados pelos seus principais componentes que variam de acordo com a quilometragem rodada pelo veículo. Os mesmos podem ser expressos em cada viagem como um valor que varia proporcionalmente com a quilometragem, porém a incidência dos mesmos ocorre de forma não linear em função da quantidade de carga transportada, assim como a velocidade média do percurso.

No que diz respeito a quantidade movimentada, a medida que a tonelagem transportada aumenta no veículo, o custo por quilômetro rodado também aumenta. Essa relação é uma função relativamente proporcional. A mesma pode ser expressa por:

$$\uparrow Q_t = \uparrow C_{km}$$

onde:

Q_t : Quantidade em tonelada transportada.

C_{km} : Custo por quilômetro rodado de determinado veículo.

Já a velocidade média de percurso afeta o custo por quilômetro rodado de forma inversa em determinados momentos, e relativamente proporcional em outros, ou seja, quanto menor a velocidade média em determinado percurso (situação 1), maior será os gastos com custos variáveis em uma viagem, isto por questões mecânicas de o veículo estar com a rotação do motor de forma a consumir mais combustível principalmente andando em marchas reduzidas. Já o fator que é relativamente proporcional (situação 2) é quando uma alta velocidade média é atingida e o veículo fez o percurso em alta rotação, o que aumenta o consumo dos insumos variáveis. Tal fato pode ser representado por tal forma:

$$\text{Situação 1} = \uparrow V_{km/h} = \downarrow C_{km}$$

$$\text{Situação 2} = \uparrow V_{km/h} = \uparrow C_{km}$$

onde:

$V_{km/h}$: Velocidade média na viagem.

C_{km} : Custo por quilometro rodado de determinado veículo.

A variável Q_t afeta também a variável $V_{km/h}$, isso faz com que a importância do entendimento das mesmas pelas empresas seja imprescindível para a análise de custos. Porém,

para a metodologia em questão estas variáveis serão atribuídas através de médias conhecidas pelos próprios transportadores. Isto porque os cálculos dessas relações dependem de formulações específicas da parte mecânica de cada veículo, não cabendo a este estudo analisar tais aspectos.

Considera-se para a mensuração dos custos diretos variáveis os componentes de combustível, óleos lubrificantes, pneus e recauchutagens, peças e acessórios e comissões dos motoristas. A descrição de cada um destes itens pode ser entendida por:

- Combustíveis: são os custos relativos ao consumo de óleo diesel do veículo na viagem, sendo que o mesmo está entre os maiores custos das viagens. O seu peso perante os outros custos se torna relativamente maior a medida que a distância percorrida aumenta. Isso devido ao rateio dos custos fixos nas viagens mais longas serem maiores do que nas viagens mais curtas.

É muito comum os reajustes de contratos de grandes transportadoras com seus clientes terem significativo peso fundado na variação dos preços do diesel. Usualmente são utilizados para reajuste das tabelas de frete a variação do IGP-M, assim como proporção do diesel.

O gasto com diesel em uma viagem também é fator determinante na tarifação dos fretes, onde é comum a prática do mercado de se calcular os preços a serem pagos pelos fretes considerando que o percentual de gastos com diesel varie entre 30 a 45% do valor da tarifa cobrada. Essa é a principal variável de análise, por isso a mesma tem significativa atenção nas transportadoras.

No aspecto do consumo das máquinas, é comum as empresas oferecerem treinamentos aos seus motoristas de como dirigir e consumir menos diesel, assim como são investidas significativas quantias em P&D afim de desenvolver técnicas de redução deste gasto.

Outro ponto comum em relação ao diesel é o roubo do mesmo dos tanques dos veículos, onde sistemas de segurança são cada vez mais utilizados a fim de reduzir tais práticas ilícitas, que podem inclusive partir dos próprios motoristas;

- Óleos Lubrificantes: os óleos lubrificantes não possuem peso muito relevante nos custos do transporte, porém não podem ser desconsiderados da análise. Os mesmos se aproximam de 1 % dos custos com combustíveis. Muitas empresas os consideram atribuindo ao percentual do diesel. O método ora proposta o coloca como variável independente, pois o mesmo não segue relações exatas com o consumo de diesel;

○ Pneus e Recauchutagens: os custos com pneus são expressivos para os transportadores, onde os mesmos possuem valor agregado relativamente alto, e seu consumo é relativamente proporcional à quilometragem rodada, às condições das estradas que o mesmo circula e também aos pesos transportados.

Assim como os gastos com diesel, os gastos com pneus possuem atenção especial na maioria das transportadoras. Os mesmos possuem peso significativo no custeio, e técnicas de como reduzir tais despesas são cada vez mais estudadas pelas empresas do setor.

O cálculo deste custo deve levar em consideração as recauchutagens possíveis e utilizadas pela empresa em questão, dado que essa quantidade varia de acordo com a frota, os locais pelas quais trafegam, assim como as cargas transportadas, ou as exigências dos contratantes, entre outras variáveis. Neste caso específico deve-se considerar o histórico de recauchutagens médio por pneu, para poder se chegar a um número estimado do custo dos mesmos;

○ Peças e acessórios: O fator de peças e acessórios é o custo de quando em viagem é necessário fazer trocas de equipamentos ou manutenções corretivas. Esses custos podem ser estimados em função dos históricos das viagens da frota, onde o custo por quilômetro rodado é a soma dos custos em viagem com peças e acessórios divididos pela quilometragem rodada por toda a frota. A análise pode ser por veículo específico, porém isso poderia viabilizar viagens a alguns membros da frota e a outros não, ainda que os mesmos possuam características similares, enviesando os dados devido a fatores atípicos à frota em questão;

○ Comissões dos motoristas: essa variável é utilizada por algumas transportadoras e não é uma variável obrigatória dos custos. Apesar disso a mesma pode ter forte peso nos custos totais. As comissões pagas para os motoristas são em alguns casos variáveis em função dos quilômetros que o mesmo dirige. Há casos em que a comissão é por número de viagens realizadas, porém essa modalidade é menos praticada no mercado e será desconsiderada, partindo do princípio de que a comissão é paga por quilômetro rodado. Tal questão pode ser facilmente ajustada no modelo em questão.

A formulação básica dos custos diretos variáveis pode ser calculada através da equação 3.1 expressa a seguir.

$$CDV_{km} = \frac{P_d}{\alpha_d} + \sigma \left(\frac{P_{ol}}{\alpha_{ol}} \right) + \beta \left(\frac{P_p + P_r \times n_r}{\alpha_{pr}} \right) + \frac{\sum_{i=1}^I C_{pa_i}}{\sum_{i=1}^I km_i} + cm_{km} \quad (3.1)$$

onde:

CDV_{km} : custos diretos variáveis por quilômetro rodado;

P_d : preço médio pago por um litro de diesel em determinada região;

α_d : coeficiente de consumo de diesel do veículo em questão;

σ : quantidades de litros de lubrificantes utilizados pelo veículo em questão;

P_{ol} : preço do litro do óleo lubrificante em determinada região;

α_{ol} : coeficiente de consumo de óleo lubrificante do veículo em questão;

β : número de pneus utilizados no veículo sem considerar o estepe;

P_p : preço médio do pneu na região;

P_r : preço médio da recauchutagem de pneus na região;

n_r : número médio de recauchutagens realizadas nos pneus pela empresa;

α_{pr} : quantidades de quilometragem média realizada por um pneu somado a quilometragem após as n recauchutagens realizadas;

C_{pa} : custos com peças e acessórios;

km : quilometragem rodada pela frota;

i : período ($i = 1, 2, \dots, t$);

cm_{km} : custo por quilômetro pago em comissões dos motoristas somado aos impostos.

Após a descrição dos custos diretos variáveis, o próximo item do trabalho tem por finalidade descrever a formulação matemática dos custos diretos fixos.

3.3 Custos diretos fixos

Este item do trabalho tem por finalidade descrever a formulação dos custos diretos fixos do transporte. Para tanto alguns aspectos conceituais são importantes na análise referida. São eles:

- Depreciação dos Ativos: a depreciação pode ser de duas formas principais: a depreciação contábil, ao qual não restam valores residuais. A mesma será utilizada na formulação específica, pois é a que frequentemente as transportadoras utilizam. Poder-se-ia utilizar da depreciação econômica, onde se considera na análise o valor residual dos ativos;
- Salário da Tripulação: o salário da tripulação neste caso não considera a comissão por quilometragem rodada pelos motoristas. No caso específico considera-se a

remuneração mensal dos motoristas e também dos ajudantes se necessários à operação específica;

- Lavagens: os custos com lavagens são considerados de forma fixa, pois os mesmos são decorrentes do transporte de produtos específicos, ou de acordo com um mínimo de viagens realizadas. A lavagem é ponto chave no transporte, pois para certos produtos, é necessário o deslocamento da frota para bases que possuem tais serviços, o que pode acarretar significativas despesas;

- Impostos Veículo: este custo incide de forma pouco expressiva sobre os fretes, porém sua mensuração é relevante pelo fato das distinções regionais, aos quais possuem significativas variações;

- Treinamentos e EPI's: treinamentos e EPI's são extremamente valorizados pelas transportadoras na dinâmica presente das empresas do setor, pois os custos em tais aspectos possibilitam as mesmas adentrarem ao mercado como diferencias competitivos. Em alguns casos o uso de equipamentos de segurança é obrigatório para garantir a integridade física ambiental da sociedade;

- Manutenções: neste custo estão presentes os gastos com instalações fixas de pontos de manutenção e mecânica, mas não são analisados os custos com procedimentos mecânicos incorridos em viagem. Cabe aqui também considerar oficinas próprias para manutenções corretivas e preventivas da frota;

- Seguros do veículo: o seguro do veículo é normalmente compostos de duas formas básicas, onde as empresas possuem seguro próprio ou terceiriza tal serviço com seguradoras especializadas na área. Este custo se torna significativo à medida que anualmente são pagos em seguros de frota aproximadamente 1% do valor de cada veículo. Esta variável varia de acordo com as empresas seguradoras e a política de investimentos nesta área por parte da empresa.

A formulação matemática de tais custos pode ser calculada pela seguinte equação:

$$CDF_i = \frac{\left(\frac{P_{anvos}}{n_{depr}} + Sal_{trip} + I + Lav + Tn + EPIs + M + S \right)}{km} + \frac{Lav_{op}}{km_v} \quad (3.2)$$

onde:

CDF_i : custo direto fixo médio por quilômetro rodado no período i ;

P_{anvos} : preço total deflacionado pago pelos ativos no período i ;

n_{depr} : número de períodos para a depreciação contábil dos ativos;

Sal_{imp} : gastos com os salários dos motoristas e ajudantes, considerando os encargos empregatícios no período i ;

Lav : total gasto com lavagens no período i , sem considerar lavagens para operações específicas;

Lav_{op} : total gasto com lavagens nas operações específicas;

I : impostos pagos pelos ativos no período i ;

Tn : gastos com treinamentos no período i ;

$EPIs$: gastos com EPI's no período i ;

M : despesas com estruturas físicas, equipamentos e equipes para manutenções no período i ;

S : gastos com seguros para os veículos por ano;

km_v : quilometragem rodada na viagem;

km : quilometragem rodada pela frota no período i ;

Depois de descritos os custos diretos fixos, o próximo item do trabalho tem por intuito descrever a formulação dos custos indiretos que incidem sobre os transportes.

3.4 Custos indiretos fixos

Na abordagem dos custos indiretos, os mesmos podem ser classificados em cinco principais itens, são eles:

- Despesas administrativas: as despesas administrativas são aquelas que envolvem os recursos humanos utilizados pela transportadora, assim como materiais de escritório. Este item é amplo, pelo fato de atribuir os custos diversos da estrutura administrativa das empresas em questão;
- Remuneração do capital: este custo tem por finalidade remunerar o capital investido com os ativos, considerando assim uma taxa mínima de atratividade. A taxa utilizada com frequência é a Taxa Selic ou até mesmo a variação de poupança;
- Despesas financeiras: Despesas financeiras são os juros pagos em financiamentos, sendo os principais os juros pagos pelos financiamentos dos veículos

da frota. A forma mais comum de financiamentos pelas transportadoras são via leasing ou FINAME;

- Publicidade e Marketing: são os gastos com a imagem da transportadora, onde a mesma toma espaço no mercado;
- Despesas de instalações: são as despesas com alugueis, ou bens imobilizados. Este custo varia de acordo com as instalações das empresas. Suas formas mais comuns são alugueis e depreciações econômicas que consideram os valores residuais.

Quanto a formulação de tais custos, a mesma pode ser entendida por:

$$CIF_i = \frac{A_d + \mu P_a + D_f + P_M + D_I}{km} \quad (3.3)$$

onde:

CIF_i : custos indiretos fixos por quilômetro rodado no período i ;

A_d : despesas administrativas da empresa no período i ;

μ : TMA remuneração do capital no período i ;

P_a : preço corrente dos ativos no período i ;

D_f : médias de despesas financeiras no período i ;

P_M : gastos com publicidade e marketing no período i ;

D_I : despesas de instalações no período i ;

km : quilometragem rodada pela frota no período i .

O próximo item do trabalho tem por finalidade demonstrar a aplicação e elaboração de uma metodologia de alocação de frotas utilizando-se do algoritmo simplex, dos conhecimentos em transportes adquiridos e da formulação dos custos de tais operações.

CAPÍTULO 4 - ALOCAÇÃO DA FROTA PELA ANÁLISE DE CUSTOS

Este capítulo tem por finalidade descrever a metodologia sugerida para alocação de frota, usando como referência básica um modelo de análise de custos. Para tanto, o capítulo está dividido em duas etapas: a primeira que diz respeito à elaboração de um problema enfrentado pelas transportadoras em seu dia a dia, e a outra demonstrando os resultados obtidos na utilização da Programação Linear e do algoritmo Simplex para alocar a frota através da minimização dos custos.

4.1 Problemas enfrentados pelas transportadoras

Este item do trabalho tem por finalidade descrever os principais aspectos do transporte, e o que as transportadoras enfrentam em suas rotinas, principalmente no que se refere a alocação da frota. Entra aqui uma análise qualitativa das atividades exercidas, ao qual se pretende mostrar o fluxograma lógico para o dimensionamento da movimentação de cargas, e a estruturação intra-empresarial para atender tais demandas.

O fluxo inicia através da previsão de cargas a serem transportadas. Essa previsão pode ser feita através da cotação de fretes feitas pelos clientes para com as transportadoras, também através de fretes já fechados, ou com a busca por fretes pela própria empresa. Segue fluxograma da logística interna das empresas para fechamento de fretes e de viagens (Figura 9).

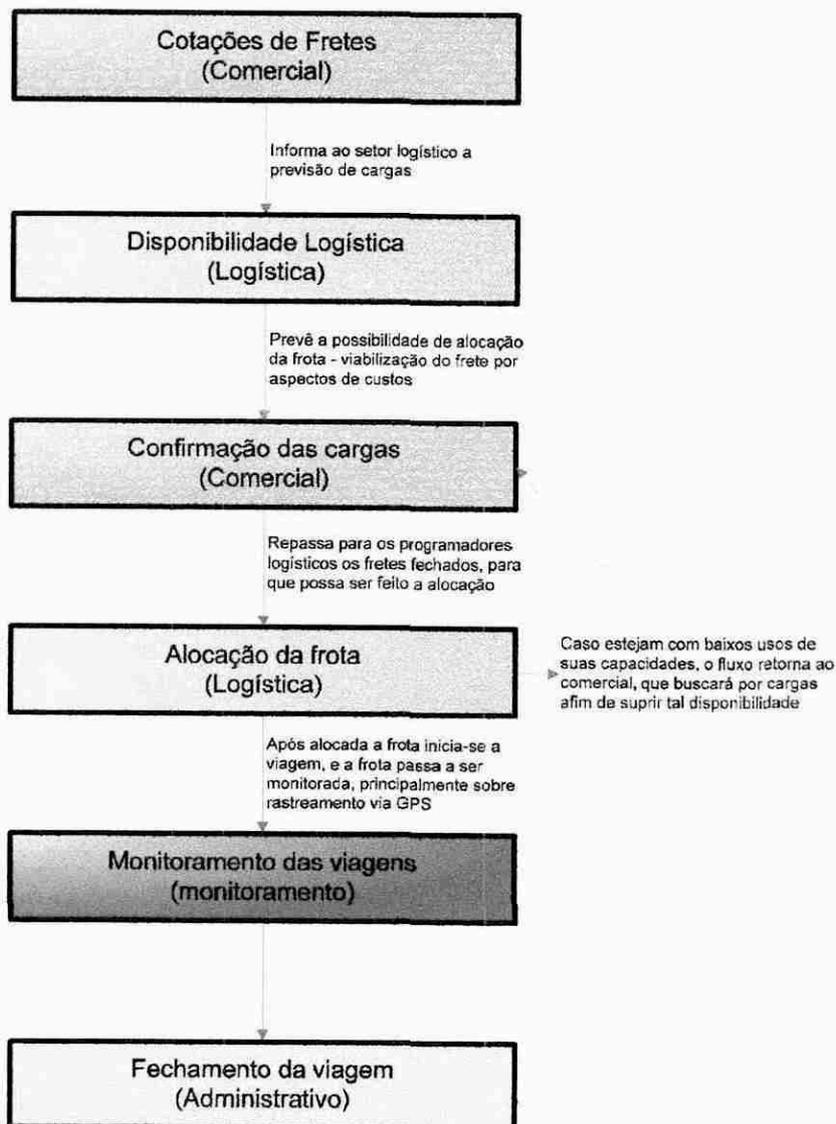


Figura 9 - Fluxograma para alocação da frota das transportadoras
Autoria própria

A importância da percepção dos custos para a realização do transporte é dada em dois momentos no fluxo. Primeiramente, para que o setor comercial possa fechar alguns fretes, é necessário que o mesmo saiba quanto será gasto para a realização dos mesmos, desta forma podendo praticar preços justos de tarifação, ou pelo menos preços que possam manter a saúde financeira da empresa. Essa prática infelizmente não é muito utilizada pelas empresas do setor, onde o comercial segue os preços impostos pelo mercado. Isso faz com que muitas

vezes sejam fechados fretes que inviabilizam o transporte, fazendo com que a empresa trabalhe com preços abaixo do custo marginal.

O outro momento que a análise dos custos é de extrema importância, é no momento de alocação da frota, pois nesse ponto é possível que as transportadoras obtenham lucros ao reduzirem ao máximo seus custos de transporte, sem que afetem a qualidade dos serviços prestados.

O que ocorre com frequência hoje nas transportadoras é a existência de um profissional chamado de “programador da frota”, que fica responsável por organizar a logística da frota e realizar a alocação da mesma. O programador executa o papel de coordenador de todo o processo logístico da frota que é responsável, onde praticamente poucos aspectos são automatizados, tendo o programador o papel da tomada de decisões de alocação dos veículos, relacionamento com o cliente e com os motoristas, também fica responsável por fazer os caminhões atingirem metas. Neste tipo de análise pouco é observado sobre os reais custos incorridos nas operações.

Para alocação da frota, podem ser feitas algumas considerações relevantes, sendo elas:

- Distância: esse item é o principal determinante de receita, pois quanto maior for a distância da viagem, maior será o valor do frete gerado. Porém, deve-se considerar as margens de contribuições de determinadas operações e os custos de oportunidade envolvidos, pois muitas vezes, mesmo as distâncias sendo curtas, a operação pode ser altamente viável;
- Faturamento da frota: deve-se considerar as metas a serem atingidas por veículo, onde os mesmos devem rodar e gerar receitas equidistantes, porém isso algumas vezes pode fugir da lógica dos negócios, dado os custos com deslocamento dependendo da localização da frota. O método proposto deverá ignorar a individualidade e pensar no ganho global da frota nas determinadas situações;
- Capacidade: este item delimita os veículos para certas demandas de frete. Logo, o modelo terá que alocar a quantidade de caminhões para cada demanda. Este problema típico de transporte, em alocar certa quantidade de produto para determinados locais, será feito através do algoritmo simplex de minimização de custos, com restrições de capacidades;

- Capacidade e horários das bases de carga e descarga: determinadas bases suportam determinados *tipo de caminhões*, e possuem restrições de tempo, não trabalhando nas 24 horas, aspecto que é relevante para a alocação;
- Lavagem: esse item faz com que seja prevista a logística que levará os veículos à limpeza, dado que será atribuído ao cálculo de otimização da frota o *custo do deslocamento*, além do próprio custo da lavagem;
- Clientes: os melhores clientes são preferenciais mesmo pagando fretes com menores margens de contribuição em determinadas situações;
- A relação com o motorista: esse papel é um dos mais importantes na função dos programadores logísticos. A satisfação e motivação do motorista são fundamentais no bom desempenho das operações. Outro ponto importante nessa questão, é que o motorista sempre deve retornar à sua cidade de origem em determinado intervalo temporal. Logo, a otimização da frota terá que sempre aproximar os motoristas de suas residências em certo intervalo de tempo;
- Horários de rodagem dos veículos: Os veículos possuem um determinado horário de trânsito, normalmente do início da manhã até início da noite, salve casos em que é liberado o trânsito em outros horários;
- Custos com pedágios: os mesmos devem ser repassados aos clientes.

No que se refere ao setor comercial das transportadoras, entende-se que os profissionais desta área negociam fretes, acompanham as tendências do mercado, e delimitam os preços de seus serviços através de tabelas pré-definidas. Nas empresas atuantes hoje, é muito comum a falta de análise íntegra dos custos reais que incidem sobre as operações. As possíveis causas desta falta de análise podem ser provenientes de falta de profissionais no mercado, ou pelo fator histórico das próprias empresas de transporte que não investem muito em capital humano. Surge neste contexto a necessidade de tais empresas em disporem de analistas de custos, que possam atuar com informações confiáveis e históricas dos custos de atividades passadas.

Para a cotação dos fretes, o setor em questão possui algumas tabelas de frete, como já comentado, onde as mesmas são variáveis de acordo com: os contratos com determinados clientes, tipo de transporte, veículo, previsão de demanda, entre outras variáveis.

4.2 Solução de um problema de alocação de frota

Neste tópico, será exposto um problema de alocação de frota, típico de empresas transportadoras. Como exemplo prático, suponhamos que uma determinada empresa de transportes químicos foi contratada por uma distribuidora de combustíveis, para realizar transferências de combustíveis provenientes de Araucária no Paraná, para três destinos: Cascavel (PR), Londrina (PR) e Biguaçu (SC).

O comercial da transportadora acertou a retirada de 930 m³ de gasolina de Araucária por R\$ 85,00 o metro cúbico. A carga deverá ser dividida em 550 m³ para Londrina, 340 m³ para Cascavel e 40 m³ para Biguaçu. Deve-se considerar que a carga deve ser entregue em até 4 dias para Londrina, 3 dias para Cascavel e 1 dia para Biguaçu, sendo que as bases de carga e descarga funcionam das 6:00h as 22:00h, e a frota da empresa roda somente nestes horários também. Sendo que os carregamentos têm uma duração média de 2 horas para carga e 1,5 horas para descarga.

A transportadora possui 16 caminhões disponíveis para realizar a operação, sem restrições de carregamento, porém os mesmos estão localizados em cidades distintas, conforme mostra a Tabela 1.

<i>n</i>	<i>Placa Veículo</i>	<i>Cidade</i>	<i>km – Araucária</i>
1	PLA-0304	São Paulo	428
2	CFI-3874	São Paulo	428
3	JBC-4589	São Paulo	428
4	BFD-3901	Guarapuava	268
5	DSI-3984	Guarapuava	268
6	DIS-2983	Guarapuava	268
7	GJE-3940	Ponta Grossa	130
8	MGJ-1876	Ponta Grossa	130
9	MKG-3829	Ponta Grossa	130
10	MKX-2938	Cascavel	505
11	JFK-4756	Cascavel	505
12	DSJ-3029	Cascavel	505
13	MDS-8798	Rio de Janeiro	874
14	GHT-2987	Rio de Janeiro	874
15	TYO-3210	Rio de Janeiro	874
16	WUN-9009	Araucária	0

Tabela 1. Localização e distância dos caminhões até a origem da carga

Como nem todos os caminhões possuem a mesma capacidade, tão pouco os mesmos custos por quilometragem rodada, a Tabela 2 mostra os custos por quilômetro rodado para cada tipo de caminhão, calculados através da metodologia exposta no Capítulo 3 deste trabalho, e também suas respectivas capacidades em m³.

<i>n</i>	<i>Placa Veículo</i>	<i>Modelo Cavallo</i>	<i>Capacidade Carreta</i>	<i>RS/km médio</i>
1	PLA-0304	Scania T – 420	Bi-Trem Aço Carbono 46 m ³	3,5345
2	CFI-3874	Scania P – 420	Bi-Trem Aço Carbono 46 m ³	3,5345
3	JBC-4589	Scania R – 420	Bi-Trem Aço Inox 45 m ³	3,5136
4	BFD-3901	Scania T – 420	Semi-Reboque Aço Carbono 35 m ³	3,2560
5	DSI-3984	Scania R – 380	Semi-Reboque Aço Carbono 30 m ³	3,2400
6	DIS-2983	Scania R – 380	Semi-Reboque Aço Carbono 35 m ³	3,2600
7	GJE-3940	Volvo FM-12 380	Bi-Trem Aço Inox 45 m ³	3,5365
8	MGJ-1876	Volvo FM-12 380	Semi-Reboque Aço Inox 35 m ³	3,3015
9	MKG-3829	Volvo FH 400	Semi-Reboque Aço Carbono 35 m ³	3,3200
10	MKX-2938	Mercedes LS2638	Bi-Trem Aço Carbono 46 m ³	3,5120
11	JFK-4756	Mercedes LS2638	Bi-Trem Aço Carbono 46 m ³	3,5120
12	DSJ-3029	Scania P – 420 8x4	Bi-Trem Aço Inox 45 m ³	3,5500
13	MDS-8798	Scania P – 420 8x4	Bi-Trem Aço Inox 45 m ³	3,5500
14	GHT-2987	Scania T - 420	Bi-Trem Aço Carbono 46 m ³	3,5345
15	TYO-3210	Scania P - 420	Bi-Trem Aço Carbono 46 m ³	3,5345
16	WUN-9009	Scania R - 420	Bi-Trem Aço Inox 45 m ³	3,5136

Tabela 2. Custo cheio por quilômetro dos caminhões

Levando-se em consideração que as distâncias entre as OD's são:

Araucária – Cascavel 470 km

Araucária – Londrina 363 km

Araucária – Biguaçu 287 km

Considera-se que os custos por quilometro rodado dos caminhões vazios sejam 10% inferiores aos custos dos caminhões carregados, e também que a frota não realize neste trajeto fretes carretos ou fretes retornos.

O primeiro passo para a resolução desse problema consistiu na identificação do número de vezes que cada caminhão poderia realizar o mesmo trajeto da origem ao destino (OD), e a forma de apresentar essa informação matematicamente. Sendo assim, considera-se:

$$N = \text{menor inteiro} \left(\frac{H}{\text{Mínimo} \left(\frac{D_i + 2 \times D_j}{v} + t \right)} \right) \quad (4.1)$$

onde:

N : número máximo de viagens que um mesmo caminhão consegue realizar.

v : velocidade média de operação (para este caso é considerada $v = 50$ km/h).

H : número máximo de horas em que a entrega deverá ser realizada.

t : a soma dos tempos de carga e descarga.

D_i : distância do deslocamento do caminhão i até a origem da carga (Araucária).

D_j : distância entre a origem da carga (Araucária) e o destino j .

No problema em questão o N encontrado foi de 4, conforme é mostrado a seguir.

$$N = \text{menor inteiro} \left(\frac{16 \text{ h/dia} \times 4 \text{ dias}}{\left(\frac{0 + 2 \times 287}{50} + 2,5 \right)} \right) = \text{menor inteiro} \left(\frac{64}{14,98} \right) = 4$$

A partir da identificação do número N , foram definidas as outras variáveis que seriam úteis na resolução do problema. Sendo assim, considere:

- i : número que identifica o caminhão ($i = 1, \dots, 64$). Vale lembrar que cada caminhão poderá realizar a mesma OD até 04 vezes, conforme mostrado anteriormente. Sendo assim, como forma de diferenciar o número de vezes que cada caminhão realizou a viagem, identificou-se isso da seguinte forma: $i = 1, 2, 3, 4$ correspondem ao caminhão 1, mas que realizou 1, 2, 3 e 4 viagens, respectivamente; $i = 5, 6, 7, 8$ correspondem ao caminhão 2 que realizou 1, 2, 3 e 4 viagens e assim, sucessivamente.
- j : cada um dos destinos disponíveis ($j = 1, 2, 3$; onde 1: Londrina; 2: Cascavel e 3: Biguaçu).

- CC_i : custo por quilômetro do caminhão i cheio.
- CV_i : custo por quilômetro do caminhão i vazio. (Os custos com o caminhão vazio correspondem a 90% dos custos com o caminhão cheio).
- n_{ij} : número de vezes que o caminhão i leva a carga ao destino j .
- C_{ij} : custo total para o caminhão i atender a demanda j .
- u_{ij} : capacidade do veículo i para atender a demanda do destino j .
- U_j : quantidade demandada pelo destino j .
- T_{ij} : tempo previsto para o caminhão i atender a demanda j .
- t_j : tempo limite para entrega da mercadoria no destino j .

Dessa forma, ter-se-á uma matriz de dimensão 64×3 , que relaciona cada um dos 16 caminhões (e o número de vezes que eles fazem cada viagem) com cada um dos 3 destinos, conforme mostra a figura a seguir.

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{641} & x_{642} & x_{643} \end{bmatrix}$$

A função objetivo, por sua vez, será dada pela minimização de todos os custos incorridos na realização destes fretes. Para o cálculo dos custos de cada caminhão foram consideradas as distâncias de deslocamento até Araucária e até o destino, além dos custos por quilômetro rodado com o caminhão vazio e cheio e a capacidade dos mesmos, conforme mostra a equação 4.2.

$$C_{ij} = CV_i \times D_i + n_{ij} D_j (CC_i + CV_i) \quad (4.2)$$

A partir da definição dos coeficientes da função objetivo (custos), a equação será dada por:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^{64} \sum_{j=1}^3 C_{ij} x_{ij} \quad (4.3)$$

O problema apresentado requer que sejam consideradas seis restrições, referindo-se basicamente ao tempo, demanda e capacidade, e são expostas a seguir.

- Capacidade: essa restrição foi adicionada à resolução do problema com o intuito de assegurar que serão entregues as quantidades demandadas. Sendo assim, cada um dos destinos de carga deverá ter uma restrição de capacidade. Matematicamente:

$$\sum_{j=1}^{64} n_j u_j x_{ij} \geq U_j \quad (4.4)$$

- Alocação da frota pela capacidade: a resposta sobre qual caminhão deverá atender a qual rota será dada através dos números 0 e 1, ou seja, todos $x_{ij} = 1$ deverão atender a rota j , enquanto que aqueles que assumirem valor igual a 0 não deverão fazê-lo. Dessa forma, o somatório das possibilidades de o caminhão atender a determinada demanda (0, 1, 2, 3 ou 4 vezes) deverá ser menor ou igual a 1.

Assim, para o caminhão l atender ao destino l , por exemplo tem-se:

$$x_{1l} + x_{2l} + x_{3l} + x_{4l} \leq 1 \quad (4.5)$$

E assim sucessivamente, para todos os caminhões e os três destinos. Essa restrição delimita que um caminhão não estará sendo usado mais de uma vez pelo modelo para atender determinada carga ao mesmo tempo, considera-se aqui o intervalo temporal.

- Número inteiro: essa restrição é adicionada com o intuito de complementar a restrição anterior, uma vez que, como já comentado, o resultado deverá trazer apenas o número 0 e 1. Para essa restrição, não há formulação matemática, geralmente os softwares possuem esse comando. No caso do LINDO 6.1, a mesma é apresentada por "int".
- Tempo: O tempo deverá ser levado em consideração uma vez que foi estipulado um limite máximo para a entrega da carga. Sendo assim, o tempo para cada caminhão em cada rota será dado por:

$$T_j = \frac{D_j}{v} + n_j \left(2 \times \frac{D_j}{v} + t \right) \quad (4.6)$$

- As restrições relacionadas aos tempos de entregas serão dadas por:

$$T_{ij}x_{ij} \leq t_j \quad (4.7)$$

- Atender a mais de uma demanda: esta restrição foi acrescentada pois havendo a possibilidade de os caminhões atenderem a mais de um dos destinos, o tempo total deve ser considerado, ou seja, há a restrição já apresentada sobre o tempo de entrega de cada um dos caminhões para cada um dos destinos (tratados de forma isolada), mas não quando o caminhão realiza mais de uma viagem com destinos diferentes. Sendo assim, para cada caminhão foram estabelecidas quatro restrições que correspondem a todas as opções de entrega disponíveis, ou seja: atender aos três destinos (Londrina, Cascavel e Biguaçu), aos dois primeiros (Londrina e Cascavel), a Londrina e Biguaçu e a Cascavel e Biguaçu. Dessa forma, assegura-se que o tempo total disponível para realizar o trabalho será respeitado. Assim, para o veículo 1, tem-se:

$$T_{11}x_{11} + T_{21}x_{21} + T_{31}x_{31} + T_{41}x_{41} + T_{12}x_{12} + T_{22}x_{22} + T_{32}x_{32} + T_{42}x_{42} + T_{13}x_{13} + T_{23}x_{23} + T_{33}x_{33} + T_{43}x_{43} \leq \text{Máx} \{t_j\} \quad (4.8)$$

$$T_{11}x_{11} + T_{21}x_{21} + T_{31}x_{31} + T_{41}x_{41} + T_{12}x_{12} + T_{22}x_{22} + T_{32}x_{32} + T_{42}x_{42} \leq \text{Máx} \{t_1, t_2\} \quad (4.9)$$

$$T_{11}x_{11} + T_{21}x_{21} + T_{31}x_{31} + T_{41}x_{41} + T_{13}x_{13} + T_{23}x_{23} + T_{33}x_{33} + T_{43}x_{43} \leq \text{Máx} \{t_1, t_3\} \quad (4.10)$$

$$T_{12}x_{12} + T_{22}x_{22} + T_{32}x_{32} + T_{42}x_{42} + T_{13}x_{13} + T_{23}x_{23} + T_{33}x_{33} + T_{43}x_{43} \leq \text{Máx} \{t_2, t_3\} \quad (4.11)$$

Está restrição é feita para os demais veículos da frota.

- Não-negatividade: De acordo com a formulação empregada para os problemas de programação linear, a matriz X deverá assumir valores maiores ou iguais a zero.

Após a definição da função objetivo e de todas as restrições do problema, o mesmo foi rodado no programa LINDO 6.1 e os resultados são apresentados no item que segue.

4.3 Resultados obtidos na alocação

Como já mencionado, o resultado apresentado será através da atribuição dos valores 0 e 1. Sendo assim, na Tabela 3 são apresentadas as quantidades transportadas pelos caminhões

selecionados para cada um dos três destinos. Em anexo estão expostas as telas que apresentam o resultado obtido através do software LINDO.

Caminhão	Número viagens	Quantidade levada (m ³)		
		Londrina	Cascavel	Biguaçu
1	1		46	
2	2	92		
3	2	90		
4	2	70		
5	1		30	
6	2	70		
7	2		90	
8	2		70	
9	2		70	
10	2	92		
11	2	92		
16	1	45	45	45
Total		551	351	45

Tabela 3. Alocação dos caminhões à demanda

Pelos dados apresentados na Tabela 3, pode-se perceber que os caminhões são aproveitados em praticamente toda a sua capacidade, sendo que para Londrina há sobra de apenas 1 m³, para Cascavel 11 m³ e para Biguaçu, 5 m³.

A tabela a seguir, por sua vez, mostra os custos associados às viagens realizadas. Assume-se a alocação como sendo ótima mediante as restrições do problema, conclui-se que o custo a que se refere a Tabela 4 é o mínimo para essa situação.

Caminhão	Custos (R\$)		
	Londrina	Cascavel	Biguaçu
1		R\$ 3.799,23	
2	R\$ 7.674,11		
3	R\$ 7.628,73		
4	R\$ 6.600,56		
5		R\$ 3.016,12	
6	R\$ 6.608,67		
7		R\$ 5.292,02	
8		R\$ 4.940,36	
9		R\$ 4.968,05	
10	R\$ 7.868,64		
11	R\$ 7.868,64		
16	R\$ 3.137,64	R\$ 2.423,33	R\$ 1.915,97

Total destino:	R\$ 47.386,99	R\$ 24.439,11	R\$ 1.915,97
Total	RS 73.742,06		

Tabela 4. Resultado sobre os custos com o transporte

A Figura 10 mostra o resultado gráfico da solução do problema apresentado, onde assume-se que a alocação encontrada é a melhor possível em termos de minimização dos custos associados à entrega das mercadorias e as restrições impostas pelo mesmo.

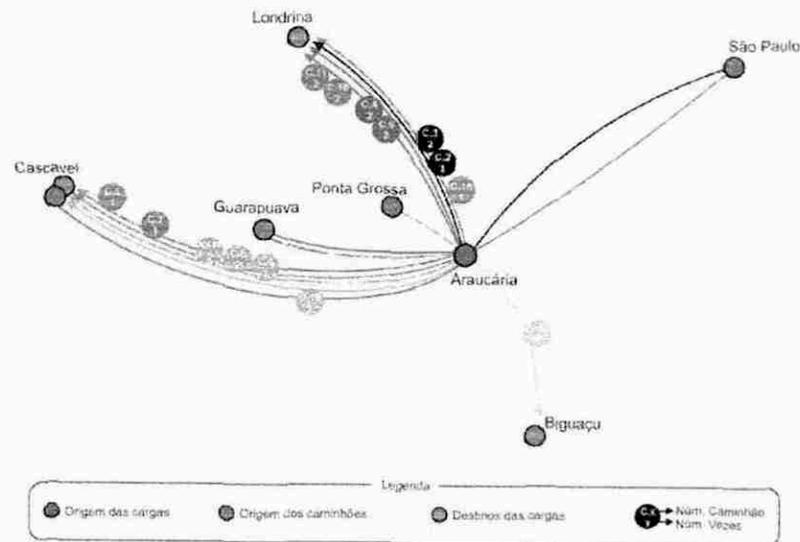


Figura 10 - Resultado final do problema

A resolução do problema pode ser atribuída nas mais diversas formas de distribuição da frota, assim como engajamento de mais origens de cargas ou mais destinos, o que alteraria somente as matrizes, mas a lógica imposta à resolução da problemática é aplicável, de fácil mensuração e de resultados de grandes proporções operacionais e estratégicas as empresas do ramo de transportes.

CONCLUSÕES FINAIS

É notória a importância que as atividades relacionadas ao transporte têm para o desenvolvimento econômico de qualquer nação. As atividades despendidas pelas empresas transportadoras de cargas são ainda mais representativas devido aos custos associados à esse transporte, conforme foi exposto nos capítulos do presente trabalho.

No transporte em geral, os valores pagos pelos fretes às transportadoras são impostos pelas leis do mercado, salve exceções. Dessa forma, as transportadoras necessitam reduzir os custos de operação para tornarem-se mais competitivas, e também poderem ampliar suas margens de contribuição. Por esta razão, formas de diminuição de custos são muito importantes no mercado atual, uma vez que as reduções dos mesmos podem tanto trazer diminuição dos preços dos produtos transportados, como garantir a saúde financeira das empresas do setor.

Dentro desse contexto, o presente trabalho apresentou uma forma de solução de alocação de frota para atender a determinada demanda, através da programação linear, com o objetivo da minimização dos custos envolvidos na realização dos serviços. O método utilizado para determinar a solução ótima foi o algoritmo Simplex, onde primeiramente, foram definidas as variáveis do problema e após a análise e algumas adaptações do banco de dados, o modelo de minimização foi estruturado. Posteriormente, foram estudadas todas as restrições que o problema apresentava e após toda a formulação do problema estar pronta, através do software LINDO 6.1, os resultados finais foram apresentados.

Considera-se que os resultados apresentados foram a melhor alocação possível para os caminhões considerando o custo mínimo e as restrições apresentadas em relação à capacidade da frota e o tempo disponível para realizar o serviço. Dessa forma, recomenda-se a utilização da programação linear para resolver diversos problemas de empresas com o intuito de minimização (custos, tempo, etc.) ou maximização (recursos, receita, etc.) sujeitos a restrições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRONSON, Richard. Pesquisa operacional. São Paulo: McGraw do Brasil, 1985.

CASTRO, N. Estrutura, desempenho e perspectivas do transporte ferroviário de carga. Pesquisa e Planejamento Econômico, pg. 252, v.32, n.2, agosto de 2002.

CUNHA, Claudio Barbieri. Aspectos Práticos da Aplicação de Modelos de Roteirização de Veículos a Problemas reais. Departamento de Engenharia de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Disponível em:
<http://www.ptr.poli.usp.br/ptr/docentes/cbcunha/files/roteirizacao_aspectos_praticos_CBC.pdf> Acesso em 15.10.2008.

FROMM, G. *Transport Investment and Economic Development*, Washington – The Brookings Institution, 1965.

GOEBEL, Dieter. Otimização do transporte e estoques na empresa. Estudos em Comércio Exterior Vol. I nº 1 – jul/dez 1996. Disponível em:
<http://www.ie.ufrj.br/ecex/pdfs/logistica_otimizacao_do_transporte_e_estoques_na_empresa.pdf>.

GOLDBARG, M. C; LUNA, H. P. L. Otimização Combinatória e Programação Linear. 5ª ed. Editora Campus. Rio de Janeiro: 2000.

LIMA, Autor: Rachel Fantí Coelho. Benchmarking de Tarifas e Práticas do Transporte Rodoviário. CEL-Coppead. 13/8/2006. Disponível em:
<http://www.centrodelogistica.com.br/new/art_rachel_benchmarking.pdf> Acesso em: 10.10.2008.

LISBOA, E. F. A. Apostila do curso Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: http://www.decom.ufop.br/prof/rduarte/CIC271/apostila_po.pdf. Acesso em: 20 de abril de 2009.

MARTINS, Ricardo Silveira; LOBO, Débora Silva; ARAÚJO, Maria da Piedade. Formação de Preços e Sazonalidade no Mercado de Fretes Rodoviários para Produtos do Agronegócio no Estado do Paraná. Revista Paranaense de Desenvolvimento, n.106, p.113-136. Curitiba, jan./jun. 2004.

NAZÁRIO, Paulo; WANKE, Peter; FLEURY, Paulo Fernando. O Papel do Transporte na Estratégia Logística. Disponível em:
<http://64.233.169.104/search?q=cache:uIdSw0g5JN0J:www.ilos.com.br/index2.php%3Fopti on%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_view%26gid%3D40%26Itemid%3D44+Desde+os+pri m%3%B3rdios+o+transporte+de+mercadorias+tem+sido+utilizado+para+disponibilizar+pr odutos+onde+existe+demand+potencial,+dentro+do+prazo+adequado+%3%A0s+necessid ades+do+comprador&hl=pt-BR&ct=clnk&cd=1&gl=br> Acesso em: 05.10.2008.

NOVAES, A. G. Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição. Estratégia, operação e avaliação. Rio de Janeiro - Editora Campus, 2001.

NOVAES, A. G. Sistemas de Transporte. São Paulo - Editora Edgard Blucher, 1986.

OJIMA, Andréa Leda Ramos de Oliveira; LIMA, Divina Aparecida Leonel Lunas; FURLANETO, Fernanda de Paiva Badiz. Estimativa do Custo Rodoviário da Soja na Rota Assis-Santos. Informações Econômicas, SP, v.38, n.6, jun. 2008.

PEREIRA, Gunnar Rauert. O Custo de Transporte entre o Centro de Produção e o Mercado. 2002. Disponível em: <<http://www.moraesjunior.edu.br/pesquisa/cade5>> Acesso em: 15.10.2008.

Portal da União Européia. A política Européia de transportes no horizonte 2010: a hora das opções. Publicação, 2001. Disponível em: <<http://europa.eu/scadplus/leg/pt/lvb/l24007.htm>> Acesso em: 17.10.2008.

Portal da União Européia. Disponível em: <http://europa.eu/pol/trans/index_pt.htm> Acesso em: 17.10.2008.

REIS, Neuto Gonçalves. Análise do artigo "Impacto do retorno vazio sobre os fretes rodoviários". Disponível em: <http://www.ntcnet.org.br/analise_impacto.htm> Acesso em: 17.10.2008.

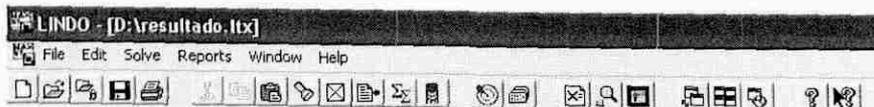
REIS, Neuto Gonçalves. Custos Operacionais, Fretes e Renovação de Frotas. 2001. Disponível em: <<http://www.guiadotrc.com.br/pdf/manueldecusteio.pdf>> Acesso em: 18.10.2008.

SALLES, Ana Paula; SILVA, Nilza Bernardina; PIRES, Valéria de Azevedo. Tecnologia do Transporte de Cargas - Custos do Transporte. Universidade Estácio de Sá – Logística Empresarial, 2006.

SOUZA, Fábio Marques; MANFRINATO, Jair Wagner de Souza; NETO, Leonardo Francisco Figueiredo. Análise econômica da implantação de um sistema de transporte combinado rodo-ferroviário no corredor Bauru - São Paulo. Simpósio de Engenharia de Produção – UNESP, novembro de 2005.

VALENTE, A. M.; PASSAGLIA, E.; NOVAES, A. G. Gerenciamento de Transporte e Frotas. São Paulo - Pioneira, 1997;

**ANEXO: RESULTADOS OBTIDOS ATRAVÉS DO
SOFTWARE LINDO**



LAST INTEGER SOLUTION IS THE BEST FOUND
RE-INSTALLING BEST SOLUTION...

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 73742.06

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X11	0.000000	4517.797852
X12	1.000000	3799.234131
X13	0.000000	3288.852295
X21	0.000000	7674.106445
X22	0.000000	6236.978516
X23	0.000000	5216.215332
X31	0.000000	10830.415039
X32	0.000000	8674.723633
X33	0.000000	7143.578125
X41	0.000000	13986.723633
X42	0.000000	11112.467773
X43	0.000000	9070.940430
X51	0.000000	17143.031250
X52	0.000000	13550.212891
X53	0.000000	10998.303711
X61	0.000000	4517.797852
X62	0.000000	3799.234131
X63	0.000000	3288.852295
X71	1.000000	7674.106445
X72	0.000000	6236.978516
X73	0.000000	5216.215332
X81	0.000000	10830.415039
X82	0.000000	8674.723633
X83	0.000000	7143.578125
X91	0.000000	13986.723633
X92	0.000000	11112.467773
X93	0.000000	9070.940430
X101	0.000000	17143.031250
X102	0.000000	13550.212891
X103	0.000000	10998.303711
X111	0.000000	4491.083496
X112	0.000000	3776.768555
X113	0.000000	3269.404785
X121	1.000000	7628.728516
X122	0.000000	6200.098633
X123	0.000000	5185.371094
X131	0.000000	10766.373047
X132	0.000000	8623.428711
X133	0.000000	7101.336914
X141	0.000000	13904.017578
X142	0.000000	11046.758789
X143	0.000000	9017.302734
X151	0.000000	17041.662109
X152	0.000000	13470.087891
X153	0.000000	10933.269531
X161	0.000000	3692.955078
X162	0.000000	3031.010498
X163	0.000000	2560.843994
X171	1.000000	6600.562988
X172	0.000000	5276.673828
X173	0.000000	4336.340820
X181	0.000000	9508.170898
X182	0.000000	7522.336914
X183	0.000000	6111.837402
X191	0.000000	12415.779297
X192	0.000000	9768.000000
X193	0.000000	7887.334473
X201	0.000000	15323.386719