



O PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS  
DETERMINAÇÃO DE ROTA ÓTIMA ATRAVÉS DA COMPARAÇÃO ENTRE  
ALGORITMOS AHP/FUZZY E MULTICRITÉRIO

Izabel Cristina de Melo Leonardo

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção

Orientador: Francisco Antonio de Moraes Accioli  
Doria

Rio de Janeiro  
Agosto de 2019

O PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS  
DETERMINAÇÃO DE ROTA ÓTIMA ATRAVÉS DA COMPARAÇÃO ENTRE  
ALGORITMOS AHP/FUZZY E MULTICRITÉRIO

Izabel Cristina de Melo Leonardo

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ  
COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE DOUTOR EM  
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

---

Prof. Francisco Antonio de Moraes Accioli Doria, D. Sc.

---

Prof. Carlos Alberto Nunes Cosenza, PhD.

---

Prof. Mario Cesar Rodriguez Vidal, D. Sc.

---

Prof<sup>a</sup>. Cristina Gomes de Souza, D. Sc.

---

Prof. Ubirajara Aluizio de Oliveira Mattos, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

AGOSTO DE 2019

Leonardo, Izabel Cristina de Melo

O processo de distribuição de cargas: determinação de rota ótima através da comparação entre algoritmos *AHP/FUZZY* e multicritério/Izabel Cristina de Melo Leonardo. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

XIII,101 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Francisco Antonio de Moraes Accioli Doria  
Tese (doutorado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Produção, 2019.

Referências Bibliográficas: p. 64-76.

1. Logística. 2. Distribuição de cargas. 3. Problema do caixeiro viajante. 4. Algoritmos. I. Doria, Francisco Antonio de Moraes Accioli. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por tudo.

À minha querida mãe Cristina: amiga e torcedora de sempre. Uma mulher de fibra.

Ao meu noivo Raphael, por compreender o que a COPPE representa para mim.

Ao meu pai Cosme.

Aos professores que dedicam suas vidas a transmitir conhecimento de uma forma tão bonita e sincera, com paixão pelo que fazem. Agradeço em especial ao Professor Francisco Doria, uma pessoa incrível que me apoiou em vários momentos, que considero da minha família e em minha opinião merece todo o reconhecimento pela sua obra. Ao Professor Carlos Cosenza, por ser o primeiro a ouvir meu interesse de ingressar na COPPE.

A Carlos Navarro, grande amigo que conheci na época do mestrado, altamente dedicado no que faz.

À Lindalva e Perla por sempre me atenderem prontamente, com tanto carinho e atenção.

A todos da secretaria do Programa de Engenharia de Produção (PEP).

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

O PROCESSO DE DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS  
DETERMINAÇÃO DE ROTA ÓTIMA ATRAVÉS DA COMPARAÇÃO ENTRE  
ALGORITMOS AHP/FUZZY E MULTICRITÉRIO

Izabel Cristina de Melo Leonardo

Agosto/2019

Orientador: Francisco Antonio de Moraes Accioli Doria

Programa: Engenharia de Produção

Esta tese tem como objetivo determinar uma rota ótima para distribuição de cargas em termos de eficiência e eficácia através da comparação entre dois algoritmos, ambos desenvolvidos para o presente trabalho como suportes à tomada de decisão. Os algoritmos multicritérios, ao serem elaborados em modelo *fuzzy*, permitem analisar aspectos subjetivos do problema, agregando maiores detalhes à roteirização. A distribuição é realizada através do modal rodoviário em nove localidades brasileiras, de acordo com as limitações existentes. Atualmente o modal rodoviário apresenta a maior concentração na matriz de transportes do país; diante desse panorama esta tese busca gerar impacto na economia por meio da redução de custos logísticos e melhoria de processo, permitindo maior competitividade empresarial.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science ( D.Sc.)

THE LOAD DISTRIBUTION PROCESS  
DETERMINING OPTIMAL ROUTE THROUGH COMPARISON BETWEEN  
AHP/*FUZZY* AND MULTI-CRITERIA ALGORITHMS

Izabel Cristina de Melo Leonardo

August/2019

Advisor: Francisco Antonio de Moraes Accioli Doria

Department: Production Engineering

This thesis aims to determine an optimal route for load distribution in terms of efficiency and effectiveness by comparing two algorithms, both developed for the present work as support for decision making. The multicriteria algorithms, when elaborated in a fuzzy model, allow to analyze subjective aspects of the problem, adding more details to the script. Distribution is carried out by road in nine Brazilian locations, according to existing limitations. Currently, road transport has the highest concentration in the country's transportation matrix; given this scenario, this thesis seeks to generate an impact on the economy through the reduction of logistics costs and process improvement, allowing greater business competitiveness.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	pg.01
1.1 Contextualização do problema.....	pg.01
1.2 Questão de pesquisa.....	pg.02
1.3 Objetivos.....	pg.03
1.4 Relevância e originalidade.....	pg.03
1.5 Organização da tese.....	pg.05
<b>2. TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS</b> .....	pg.06
2.1 Breve histórico do transporte rodoviário na Brasil.....	pg.06
2.2 A importância do transporte rodoviário na economia do país.....	pg.07
2.3 O cenário do transporte de carga rodoviário de cargas.....	pg.10
2.4 Desafios da distribuição de cargas no Brasil .....	pg.12
2.5 Logística do transporte rodoviário.....	pg.17
<b>3. MODELOS DE OTIMIZAÇÃO PARA O TRANSPORTE DE CARGA</b> .....	pg.19
3	
.	
1	Método de Monte Carlo..... pg.19
3	
.	
2	Modelo COPPE-COSENZA..... pg.19
3	
.	
3	O Problema do Caixeiro Viajante..... pg.21
3	
.	
4	Teoria da Decisão..... pg.25
3	
.	
5	Teoria Multicritério (Algoritmo)..... pg.29
3.5.1 Algoritmos Genéticos.....	pg.31
3.5.2 Algoritmo de Colônia de Formigas.....	pg.33
3.6 Lógica <i>Fuzzy</i> .....	pg.34
3.6.1 AHP/ <i>FUZZY</i> .....	pg.34
<b>4. METODOLOGIA DA PESQUISA</b> .....	pg.37
4.1 Tipo de pesquisa.....	pg.37
4.2. Estrutura metodológica da pesquisa.....	pg.39
4.3 Limitações do método.....	pg.43



<b>5. DESENVOLVIMENTO DO MODELO</b> .....	pg.45
5.1 Delimitação do Problema.....	pg.45
5.2 Dados considerados para o desenvolvimento do modelo .....	pg.48
5.3 Desenvolvimento do Algoritmo Multicritério/Fuzzy.....	pg.48
5.4 Desenvolvimento do algoritmo do Método da Análise Hierárquica.....	pg.52
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	pg.56
6.1 Resultados.....	pg.56
6.1.1 Determinação de rota ótima – Algoritmo multicritério.....	pg.64
6.1.2 Determinação de rota ótima – AHP/ <i>Fuzzy</i> .....	pg.58
6.2 Discussões.....	pg.60
<b>7. CONCLUSÕES, SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	pg.62
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	pg.64
<b>APÊNDICE 1 – ALGORITMO</b> .....	pg.77
<b>APÊNDICE 2 – BASE DE CÁLCULOS</b> .....	pg.79

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Configuração do Modelo COPPE-COSENZA em software Matlab.....	pg.20
Figura 2: Estrutura conectada no PCV.....	pg.22
Figura 3: Elementos da tomada de decisão.....	pg.27
Figura 4: Processo ponta a ponta de um algoritmo.....	pg.30
Figura 5: Estrutura da metodologia da pesquisa.....	pg.39
Figura 6: Mapa Político Brasileiro.....	pg.45
Figura 7: Localidades.....	pg.46
Figura 8: Estrutura adotada para desenvolvimento do algoritmo multicritério.....	pg.49
Figura 9: Função-objetivo para o PCV.....	pg.50
Figura 10: Estrutura Hierárquica AHP.....	pg.54
Figura 11: Modelo matemático adotado para desenvolvimento da análise hierárquica.....	pg.55
Figura 12: Rota definida pelo algoritmo multicritério.....	pg.57
Figura 13: Rota definida pela AHP/ <i>Fuzzy</i> .....	pg.59

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Matriz de Transporte de Cargas no Brasil em 2016.....	....pg.07
Gráfico 2: Investimento Público Federal Aplicado.....	.....pg.08
Gráfico 3: Movimentação de carga realizada pelo modal rodoviário entre 2012 e 2016.....	....pg.09
Gráfico 4: Movimentação de carga realizada pelo modal rodoviário para soja, milho e farelo de soja.....	.....pg.09
Gráfico 5: Composição dos Transportadores Rodoviários de Carga em 2016.....	.....pg.10
Gráfico 6: Ranking de qualidade das rodovias dos países da América do Sul – 2018.....	.....pg.14

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Panorama do setor rodoviário brasileiro.....	pg.11
Tabela 2: Levantamento de dados.....	pg.41
Tabela 3: Dados considerados para a estruturação do modelo.....	pg.48
Tabela 4: Avaliação de tempo e custo – multicritério.....	pg.58
Tabela 5: Avaliação de tempo e custo – multicritério AHP/fuzzy.....	pg.60
Tabela 6: Avaliação de tempo ao ser utilizado o método AHP/fuzzy na distribuição..	pg.61
Tabela 7: Avaliação de custo ao ser utilizado o método AHP/fuzzy na distribuição...	pg.61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Principais causas da ineficiência do transporte de cargas.....	pg.11
Quadro 2: Definição do problema NP-Hard.....	pg.24
Quadro 3: Escala de Saaty.....	pg.53

## LISTA DE SIGLAS

FOB – *Free on Board*

BACEN – Banco Central do Brasil

ILOS – Instituto de Logística e *Supply Chain*

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica e

Aplicada FRN – Fundo Rodoviário Nacional

CNT – Confederação Nacional do Transporte

PCV – Problema do Caixeiro Viajante

CNPQ – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

PCV – Problema do Caixeiro Viajante TSP – *Traveling Salesman*

*Problem*

NP – *Non deterministic polynomial*

AG – Algoritmos Genéticos

ACO – *Ant Colony Optimization*

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

DOU – Diário Oficial da União

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

CTB – Código de Trânsito Brasileiro

# 1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo apresenta a contextualização do problema, objetivos, originalidade e relevância e a organização da tese.

## 1.1 Contextualização do problema

A competitividade empresarial, em um momento de constantes transformações e mudanças tecnológicas, tende a gerar a necessidade das empresas de ocupar mais espaço no mercado em que atuam, buscando melhores resultados financeiros e operacionais. Nesse ambiente, as organizações procuram formas diferenciadas de se destacar no mercado, novas soluções e estratégias. A competitividade deve ser relacionada à excelência organizacional e, mais especificamente, à bem-sucedida implementação de um conjunto de atividades que definem a estratégia das organizações e que constroem suas vantagens competitivas [1]. Não obstante, as empresas buscam incessantemente melhorar seus processos, buscando maior eficiência e eficácia, satisfazendo as necessidades de seus clientes (ou superando suas expectativas) e tentando gerar maior relacionamento com os mesmos.

Para obtenção desses resultados, em relação ao aspecto eficiência, analisar o desempenho da logística no contexto nacional, sua ampla aplicabilidade (por meio de diversos modais) e obtenção de benefícios remete à observação de como seus recursos podem ser otimizados. O setor logístico, então, visa mitigar o hiato existente entre oferta (produção) e demanda, fazendo com que os consumidores tenham acesso aos produtos e serviços onde, quando e de que maneira desejarem: o produto/serviço certo, na quantidade certa e nas condições adequadas [2].

O transporte é uma das principais funções logísticas. Além de representar a maior parcela dos custos logísticos na maioria das organizações, tem papel fundamental no desempenho de diversas dimensões do serviço ao cliente. Mesmo com o avanço de tecnologias que permitem a troca de informações em tempo real, o transporte continua sendo fundamental para que seja atingido o objetivo logístico, que é o produto certo, na quantidade certa, na hora certa, no lugar certo ao menor custo possível [3].

Os problemas de transporte e roteirização vêm recebendo grande destaque em pesquisas científicas devido à sua complexidade e importância nos sistemas de distribuição de mercadorias e atendimento de serviços, como mostrado nos trabalhos [4], [5] e [6].

Aparentemente a roteirização é uma atividade simples, mas, quando se é obrigado a considerar inúmeras alternativas, tais como tempo e distância total a serem percorridos ao longo da rota, capacidade de carga do veículo transportador, quantidade de entregas por veículo e tempo médio de cada entrega a análise da matriz resultante deste conjunto de variáveis passa a demandar sistemas informatizados e softwares específico [7].

Nesse contexto, é importante que os gestores possam contar com ferramentas de apoio à decisão capazes de proporcionar uma contribuição mais eficaz para o processo de roteirização/distribuição de cargas no Brasil através do modal rodoviário suportado por uma ferramenta de apoio à decisão (algoritmo).

Sobre os métodos de roteirização, os mesmos continuam em expansão em número de pesquisas e aplicação, comprovando a importância nas organizações que buscam minimizar os custos e otimizar os tempos de entrega de seus produtos, consolidando suas práticas logísticas [8]; na literatura acadêmica, os principais métodos utilizados para roteirização-distribuição são os Métodos Heurísticos, Problema do Caixeiro Viajante (que será abordado neste tese), *SweepAlgorithm* (método de varredura) e Método de Clarke e Wright (também chamado método dos ganhos.)

Frente às questões apresentadas, torna-se de grande relevância a busca por soluções que agreguem valor ao processo de distribuição de cargas, mitigando gargalos e gerando resultados significativos frente às restrições e condições estabelecidas para o problema.

## **1.2. Questão de pesquisa**

Considerando todos esses aspectos e, diante da importância da distribuição de cargas através do modal rodoviário na atualidade, propõe-se o estudo do desenvolvimento de algoritmos multicritérios como ferramenta de apoio à decisão que sejam capazes de capturar as subjetividades e aspectos quali-quantitativos relacionados ao problema da roteirização.

Assim sendo, o problema que se apresenta à pesquisadora desta tese é como desenvolver um **modelo multicritério de decisão para uma tomada de decisão mais eficaz em relação à distribuição de cargas?**

### **1.3. Objetivos**

Desenvolver um modelo multicritério para otimização da distribuição de cargas através do modal rodoviário para transporte de carga seca no território brasileiro como suporte à tomada de decisão.

Como objetivos específicos tem-se:

- (i) Elaboração e aplicação de um algoritmo multicritério utilizando lógica *fuzzy* para a situação analisada;
- (ii) Elaboração e aplicação de um algoritmo multicritério utilizando lógica *fuzzy* e a estrutura AHP para a situação analisada;
- (iii) Comparação dos resultados dos dois algoritmos para seleção do melhor modelo para tomada de decisão.

### **1.4 Relevância e originalidade**

Mais de 60% do transporte de cargas e mais de 90% dos descolamentos de passageiros do Brasil são feitos por rodovias [9].O modal rodoviário, em particular, caracteriza-se pela sua capilaridade, flexibilidade e capacidade de integração com os demais sistemas de transporte.

O transporte de cargas por meio de rodovias gera emprego e renda, movimenta a economia do país, influenciando no desempenho de indicadores econômicos. A participação do setor de serviços nas economias modernas é cada vez maior. Estima-se que aproximadamente 75% dos empregos, assim como 75% do produto interno bruto (PIB), estejam no setor de serviços [10].

Essa expressiva demanda pelo modal rodoviário necessita gerar constantes melhorias para que os problemas existentes mitiguem. A CNT complementa que realizar fortes investimentos em infraestrutura de transporte é fundamental para oferecer segurança a motoristas, passageiros e pedestres e também para favorecer o desenvolvimento do setor e o crescimento econômico.

Os problemas relacionados à distribuição de cargas através modal rodoviário são considerados desafiadores devido às circunstâncias na qual se encontram, com infraestrutura precária ou ineficiente e *gaps* que podem surgir, tais como falta de material, mão de obra, tecnologia, comprometendo negativamente o processo.

Os trabalhos encontrados na literatura evidenciam o panorama sobre a dificuldade de transportar mercadorias entre os países da América Latina [11], os desafios e oportunidades do transporte rodoviário no Brasil [6]; a ineficiência brasileira em relação ao aproveitamento de oportunidades advindas com o bom momento econômico para reduzir o percentual dos custos logísticos [12]; o desempenho operacional das ferrovias concessionadas para a iniciativa privada entre 1997 a 2010 [13].

No que tange a modelos de roteirização, são encontrados trabalhos que aplicam o problema do caixeiro viajante em inteligência computacional [14], rotas de transporte [15] e rotas de ônibus em larga escala [16].

No entanto, não foram identificados modelos que utilizassem o problema do caixeiro viajante associado simultaneamente à lógica *fuzzy* e ao método AHP. A utilização dessas três abordagens permite, portanto, que o modelo proposto possa trazer a incorporação de elementos subjetivos e hierarquização de alternativas para o problema proposto de roteirização.

Acrescenta-se que a distribuição de cargas apresentada neste trabalho teve como base algumas localidades do território brasileiro que devem receber determinada carga, atentando-se para diversos desafios relacionados ao contexto nacional. Para tanto, se fez necessária a estruturação da classificação das estradas/vias brasileiras. Essa classificação também se configura como uma especificidade e uma contribuição dessa pesquisa.

Diante do exposto, essa tese torna-se relevante tanto para o meio acadêmico quanto para a sociedade. No que se refere ao meio acadêmico, a pesquisa contribui para o avanço dos estudos logísticos voltados para roteirização da distribuição de cargas através do modal rodoviário.

No que se refere à relevância do estudo para a sociedade, esta tese tem o potencial de contribuir para uma melhor distribuição de cargas, o que permitirá aumentar a competitividade de empresas e do país.

### **1.5 Organização da tese (aguardando arranjo final)**

A presente tese é apresentada em sete capítulos, a seguir:

O Capítulo 1 apresenta a contextualização do problema, objetivos, originalidade e relevância e a organização da tese.

O Capítulo 2 contém a sua importância do transporte e distribuição de cargas para a economia, o cenário do transporte no país e os desafios enfrentados pelo setor.

O Capítulo 3 apresenta os modelos de otimização para o transporte de carga.

O Capítulo 4 metodologia desenvolvida para a elaboração da presente tese destacando a tipologia e o detalhamento do desenvolvimento da pesquisa.

O Capítulo 5 apresenta a eficácia dos métodos de análise propostos, onde serão descritas 2 (duas) metodologias desenvolvidas para suporte à tomada de decisão.

O Capítulo 6 apresenta-se a compilação dos resultados obtidos através do uso do algoritmo multicritério e da ferramenta *AHP/FUZZY* para auxílio à tomada de decisão.

O Capítulo 7 apresenta as conclusões, sugestões e recomendações.

## **2 TRANSPORTE E DISTRIBUIÇÃO DE CARGAS**

Como essa pesquisa busca desenvolver um modelo multicritério para otimização da distribuição de cargas através do modal rodoviário para transporte de carga seca no território brasileiro, esse capítulo apresenta um panorama da problemática da distribuição de cargas no país. Inicialmente é apresentado um breve histórico do modal rodoviário no Brasil. Na sequência é mostrada a sua importância para a economia, o cenário do transporte no país e os desafios enfrentados pelo setor.

### **2.1. Breve histórico do transporte rodoviário na Brasil**

No tocante ao histórico de desenvolvimento do transporte rodoviário no Brasil, sua ênfase começou a partir de 1940 e estava diretamente relacionado às mudanças na divisão internacional do trabalho. Assim, o modal era desenvolvido no momento em que a economia nacional mudava sua dinâmica para o mercado interno.

O abandono do transporte ferroviário e os investimentos públicos na construção de estradas de rodagem eram justificados como forma mais rápida e de menor custo para a integração física do território brasileiro. Nesse cenário, as empresas estrangeiras importadoras e montadoras de veículos localizadas no Brasil acreditavam na potencialidade do mercado nacional e, ao final dos anos 50, começavam a implantar no país a indústria automobilística [17].

O desenvolvimento das rodovias brasileiras foi possível, basicamente, por meio de recursos públicos oriundos de fundos criados essencialmente para este fim. A criação do Fundo Rodoviário Nacional (FRN) em 1945 permitiu o rápido crescimento dos investimentos na infraestrutura rodoviária. A malha rodoviária do país foi construída por meio de recursos arrecadados pela União – imposto sobre combustíveis e lubrificantes, imposto incidente sobre a propriedade de veículos e outros –, destinados à implementação do Plano Rodoviário Nacional e ao auxílio financeiro aos estados na execução dos seus investimentos rodoviários [17].

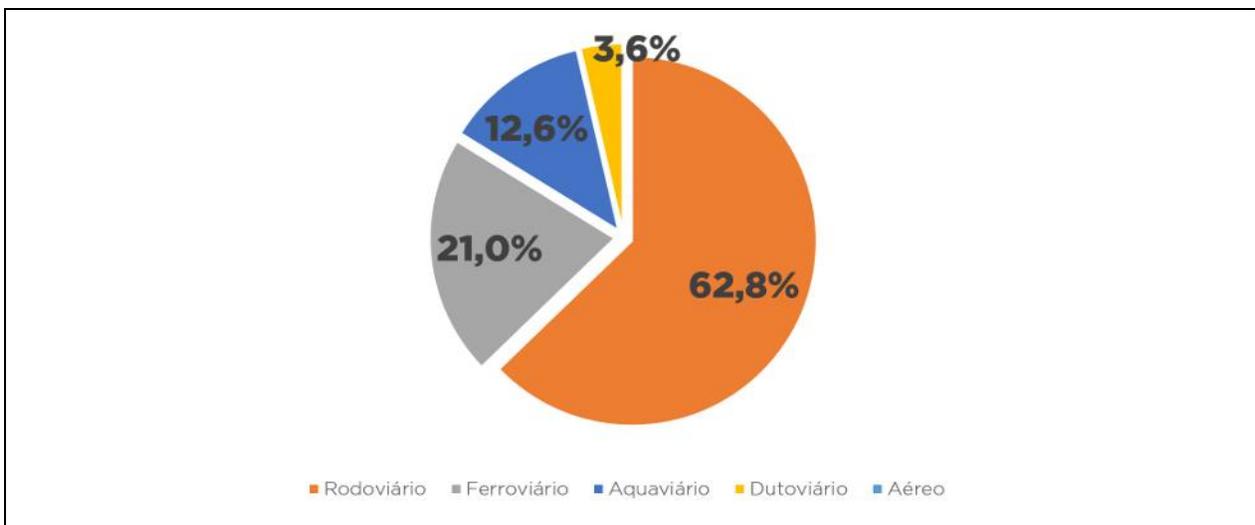
Com esse modelo de modernização, a partir de 1956 no Governo de Juscelino Kubitschek, o transporte rodoviário obteve o seu auge: grande evolução das estradas, não só no aumento

de extensão, mas principalmente no papel que o sistema rodoviário passou a exercer na economia e no espaço geográfico do Brasil [17].

## 2.2. A importância do transporte rodoviário na economia do país

Atualmente, a maior concentração da matriz de transporte de carga do país se concentra no modal rodoviário, com mais de 60% de participação. Em importância menos expressiva, o modal ferroviário concentra 21%. Logo após encontram-se o modal aquaviário e dutoviário, respectivamente com 12,6% e 3,6%. O modal aéreo apresenta concentração inexpressiva conforme ilustrado no Gráfico 1 (ILOS, 2016).

Gráfico 1: Matriz de Transporte de Cargas no Brasil em 2016.

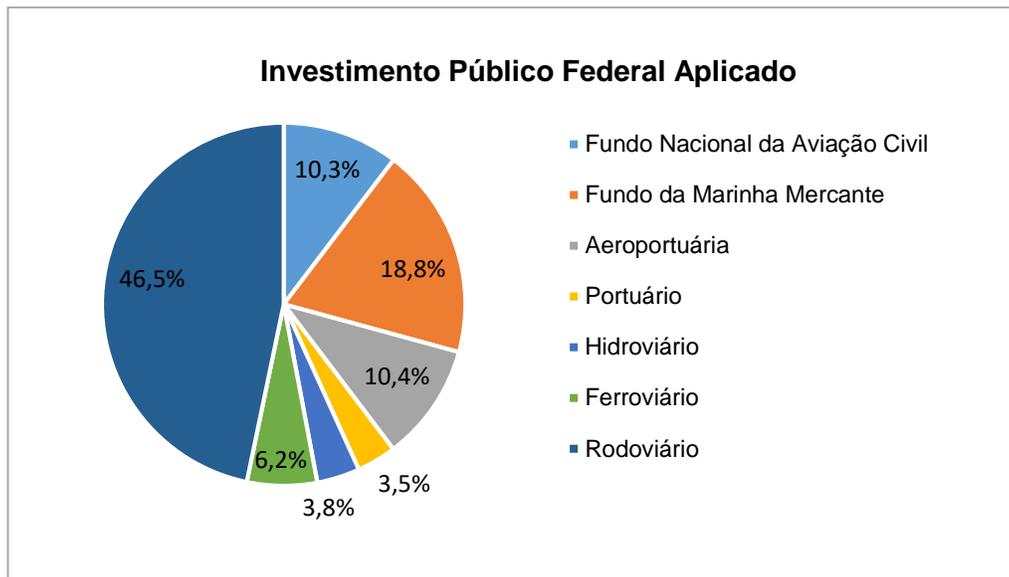


Fonte: Instituto de Logística e Supply Chain - ILOS (2017)

Essa concentração significativa do transporte de cargas no modal rodoviário se reflete na economia influenciando de forma direta nos macro indicadores econômicos, tal como o saldo da balança comercial [17], representado pela diferença entre as exportações (saída de bens, produtos e serviços do país) e importações (entrada de bens, produtos e serviços do exterior para o país de referência), participando de maneira intensa para que a produção nacional seja escoada dentro ou fora do Brasil.

Referente aos investimentos no setor, o anuário estatístico de transportes 2010-2016 apresenta o investimento público federal realizado no setor de transportes de R\$ 18,5 bilhões, disperso entre os modais - fundos logísticos brasileiros [19], conforme Gráfico 2:

Gráfico 2: Investimento Público Federal Aplicado.

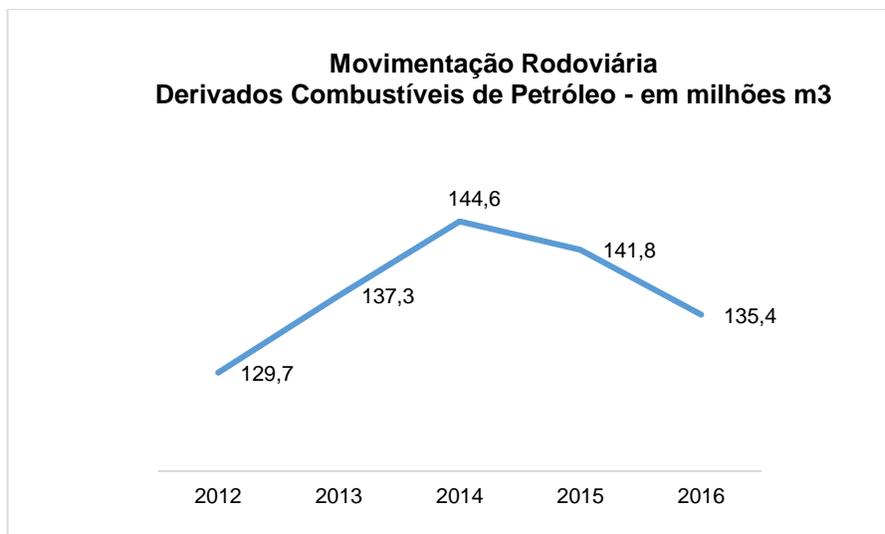


Fonte: Ministério dos Transportes

Como apresentado no gráfico 2, a concentração expressiva dos investimentos público-federais estão alocados no modal rodoviário seguidos pelos investimentos em outros modais de forma menos concentrada.

Analisando as movimentações de carga realizadas pelo transporte rodoviário, destacam-se os derivados combustíveis de petróleo e as *commodities* agrícolas soja, milho e farelo de soja [19], conforme apresentados nos Gráficos 3 e 4:

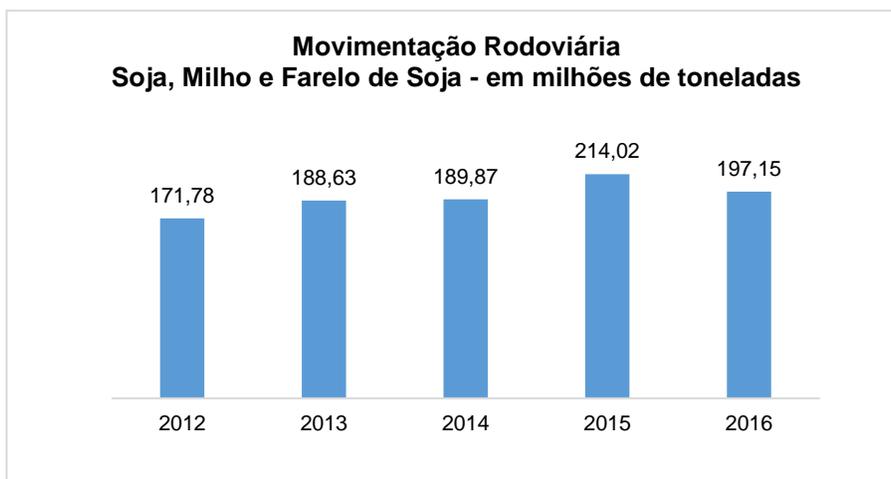
Gráfico 3: Movimentação de carga realizada pelo modal rodoviário entre 2012 e 2016.



Fonte: Anuário Estatístico de Transportes 2010-2016 e ANP (Agência Nacional do Petróleo) - Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil

No gráfico 3 destaque para o ano de 2014 com uma movimentação expressiva de 144,6 milhões de metros cúbicos de derivados de combustíveis de petróleo e nos anos consecutivos reduzindo.

Gráfico 4: Movimentação de carga realizada pelo modal rodoviário para soja, milho e farelo de soja.



Fonte: Anuário Estatístico de Transportes 2010-2016 – Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil

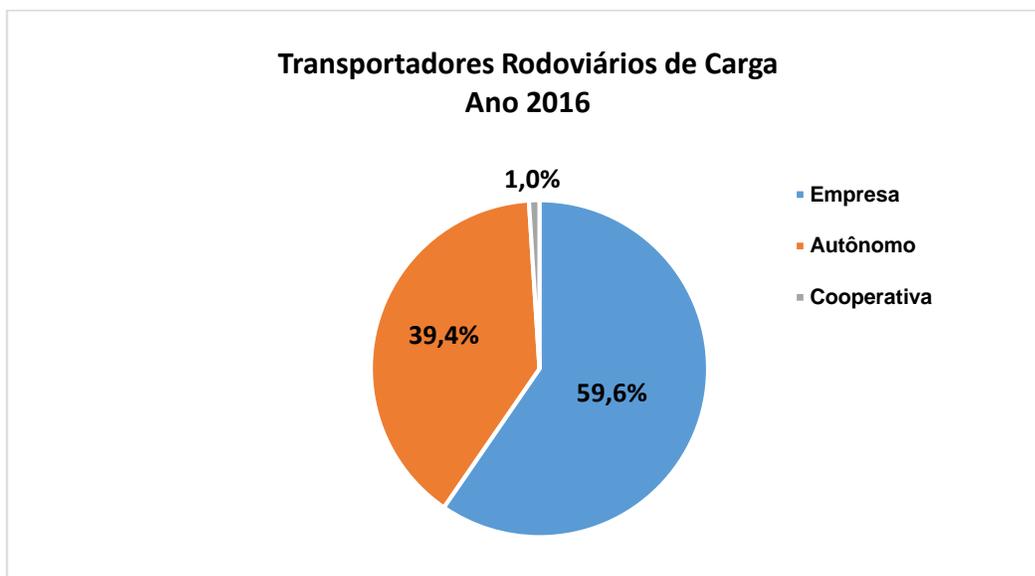
No gráfico 4, os produtos do agronegócio brasileiro possuem movimentação de carga equilibrada entre os anos de 2012 a 2014; em 2015 uma movimentação mais expressiva com 214,02 milhões de toneladas e redução em 2016.

Essa dependência de rodovias é maior no setor agrícola, tanto para o recebimento dos insumos quanto para o escoamento da produção para os mercados interno e externo. Por isso, a eficiência do transporte rodoviário reflete na renda dos produtores agrícolas; na lucratividade das suas exportações, que tem seus preços determinados pelo mercado internacional, independente dos custos de produção e de transporte; e nos índices de inflação [19].

### 2.3. O cenário do transporte de carga rodoviário de cargas

Em relação à composição do transporte rodoviário de cargas no país, a mesma se apresentava entre os seguintes transportadores: empresas, autônomos e cooperativas, sendo que mais da metade desse transporte é ocupada pelas primeiras, fechando um total transportado de R\$ 1,98 milhões em 2016 [19]; a composição dos transportadores possui a seguinte forma, conforme Gráfico 5:

Gráfico 5: Composição dos Transportadores Rodoviários de Carga em 2016.



Fonte: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil

No gráfico 5, evidencia-se a grande participação das empresas no transporte rodoviário com 59,6%, seguidas dos autônomos (39,4%) e cooperativas (1,0%). Além dos investimentos federais, a importância do desenvolvimento empresarial nesse setor é de suma importância, como mostra o gráfico acima. A busca por melhores soluções tecnológicas, mão de obra qualificada, investimentos em suas frotas são fatores cruciais para a sustentabilidade do transporte rodoviário.

Analisando suas variáveis de infraestrutura, pavimentação e investimentos, o atual cenário do setor rodoviário brasileiro [20] apresenta-se na Tabela abaixo:

Tabela 1: Panorama do setor rodoviário brasileiro.

<b>Variável</b>	<b>Panorama</b>
Infraestrutura	Ao todo são <b>1.435,8 mil quilômetros</b> de malha rodoviária no país, sendo 94,7% rodovias estaduais e municipais, e 5,3% federais (76,5 mil quilômetros).
Condições-Pavimentação	As estradas pavimentadas representam 13,7% do total (196,6 mil quilômetros). Os outros 86,3% são rodovias não pavimentadas (1.239,2 mil quilômetros).
Investimentos	O investimento realizado no setor rodoviário, em 2016, pelo Ministério via Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) foi de R\$ 6,778 bilhões.

Fonte: Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil

Apesar do intenso trabalho desenvolvido nos últimos anos, a infraestrutura, pavimentação e investimentos devem propiciar uma rede logística inteligente e eficaz frente às dificuldades encontradas no transporte rodoviário no Brasil, país de extensões continentais.

Ainda sobre o transporte de cargas no país, identificou-se que as principais causas que afetam a eficiência do transporte de cargas brasileiro são o desbalanceamento da matriz de transportes, legislação e fiscalização inadequadas, deficiência da infraestrutura de apoio e insegurança nas vias [20], conforme detalhado a seguir:

Quadro 1: Principais causas da ineficiência do transporte de cargas

<b>Principais Causas</b>	<b>Causas Secundárias (principais)</b>
<b>Desbalanceamento da matriz de transportes</b>	1-Baixo preço dos fretes rodoviários
	2-Poucas alternativas ao modal rodoviário
	3-Barreiras para a intermodalidade
	4-Priorização do Modal Rodoviário pelo governo
<b>Legislação e fiscalização inadequadas</b>	1-Regulamentação do Transporte
	2-Legislação Tributária e Incentivos Fiscais
	3-Fiscalizações Ineficientes
	4-Burocracia
<b>Deficiência da infraestrutura de apoio</b>	1- Bases de Dados do Setor de Transportes
	2-Tecnologia de Informação
	3- Terminais Multimodais
<b>Insegurança nas vias</b>	1- Roubo de Cargas
	2- Manutenção das vias

Fonte: Adaptado de CNT e COPPEAD/UFRJ (2008)

Atualmente o transporte rodoviário no Brasil apresenta uma série de dificuldades: a crise econômica brasileira que afeta o setor de transporte, especialmente por meio da redução do volume de serviços do modal rodoviário - principal modo de transporte de mercadorias e de pessoas no Brasil e o modal que mais gera empregos, movimentando a economia do país e influenciando no desempenho de indicadores econômicos. Somado a isso, os empregos no setor de transporte rodoviário sofreram uma redução de 74.515 postos formais de trabalho em 2016, o que representa 79,6% do total de reduções de postos formais de trabalho do transporte no período [9].

## **2.4 Desafios da distribuição de cargas no Brasil**

A distribuição de cargas no Brasil apresenta diversos desafios que podem afetar o desempenho operacional e, conseqüentemente, ter conseqüências sobre a competitividade e a

economia do país. A seguir são apresentados alguns desses desafios presentes no contexto brasileiro:

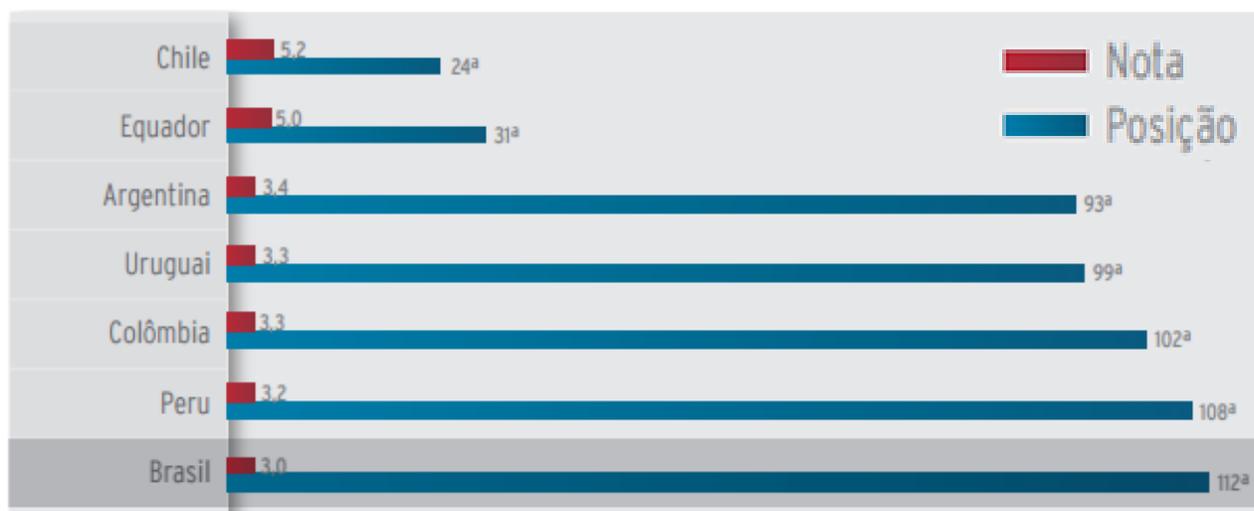
i) Infraestrutura logística deficitária:

Estradas e rodovias mal pavimentadas/Sinalização precária/Necessidade de maiores investimentos no setor/Qualidade das estradas preocupante. Grande parte das vias brasileiras apresenta situação preocupante, comprometendo negativamente os transportes, distribuições de carga e deslocamento dos passageiros. Apesar dos investimentos ofertados em pavimentação e infraestrutura (apresentados no capítulo 1), o país necessita de uma dinâmica de crescimento constante, para que seja possível melhorar as condições das vias, reduzindo o número de acidentes e mortes no trânsito, o consumo de combustíveis e a deterioração dos veículos, como também melhorar as condições de trabalho dos motoristas que precisam desse serviço para obtenção de renda. A qualidade das estradas é um ponto de atenção, visto que difere entre as regiões brasileiras; as estradas administradas por concessão muitas vezes possuem uma qualidade superior àquelas de gestão pública devido aos intensos investimentos realizados – pensando como processo, tal situação compromete negativamente a eficiência de uma operação, podendo aumentar os custos logísticos.

O Brasil precisa viver um novo ciclo de crescimento; é preciso redefinir prioridades e implementar medidas que garantam de fato a recuperação da economia, a retomada da oferta de empregos e a segurança em todos os sentidos. Complementa ainda que proporcionar uma infraestrutura rodoviária de qualidade e que atenda às demandas atual e futura de transporte por esse modal, faz-se necessários amplos e contínuos investimentos; torna-se essencial que o país disponha de instrumentos de avaliação que permitam o monitoramento constante das condições da infraestrutura existente para que se tenha uma previsão de quais intervenções são necessárias - aspecto primordial na busca por um melhor desempenho do setor de transporte no Brasil [9].

A exemplo da qualidade das rodovias brasileiras comparada à dos demais países da América Latina, o Brasil apresenta no Gráfico 6 a última posição no *ranking*, conforme dados da sua recente pesquisa:

Gráfico 6: Ranking de qualidade das rodovias dos países da América do Sul – 2018



Fonte: Pesquisa CNT de rodovias 2018

A avaliação da infraestrutura das rodovias utiliza notas que variam de 1 (extremamente subdesenvolvida – entre as piores do mundo) a 7 (extensa e eficiente – entre as melhores do mundo). Quando comparando aos países da América Latina, o Brasil obteve a pior nota (3,0) e a pior posição entre os países (112ª), evidenciando problemas em sua competitividade. Para a pesquisa, as deficiências verificadas nas condições das rodovias pavimentadas no Brasil decorrem da manutenção insuficiente, do aumento da demanda devido ao crescente número de veículos em circulação, tanto leves quanto pesados.

## ii) Aplicabilidade de nova regulação para o setor

Recentemente houve alteração da regulação do transporte de cargas através do modal rodoviário no Brasil por meio de dispositivos da Lei 13.103/2015 – “Lei do Caminhoneiro”.

Como aprovado no Diário Oficial da União (DOU):

*“Dispõe sobre o exercício da profissão de motorista; altera a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e as Leis nºs 9.503, de 23 de setembro de 1997 - Código de Trânsito Brasileiro, e 11.442, de 5 de janeiro de 2007 (empresas e transportadores autônomos de carga), para disciplinar a jornada de trabalho e o tempo de direção do*

*motorista profissional; altera a Lei nº 7.408, de 25 de novembro de 1985; revoga dispositivos da Lei nº 12.619, de 30 de abril de 2012; e dá outras providências.”.*

Estabelecendo novas normas para regulamentar a rotina de trabalho dos motoristas profissionais de passageiros e de transporte de cargas, a lei alterou alguns dispositivos da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT) e do Código de Trânsito Brasileiro (CTB),

Embora ainda não seja considerada ideal por algumas partes do setor, gerando conflitos de interesses por parte dos motoristas (que buscam seus direitos como trabalhadores) e das empresas de transporte (que adquiriram maior responsabilidade legal), a nova lei prevê melhorias das condições de trabalho para os motoristas profissionais e aumenta a segurança nas estradas.

As mudanças abrangem desde jornada de trabalho, período de descanso e espera até questões como a exigência de os profissionais se submeterem a exames toxicológicos e a responsabilização do contratante do frete em caso de discordância entre o conteúdo transportado e a nota fiscal. O controle da jornada é responsabilidade do patrão, mas o controle do tempo de direção é uma responsabilidade mútua do empregador e do empregado.

A lei entrou em vigor em 2015, porém não foram encontradas maiores informações recentes em 2019 de como é realizado o acompanhamento da lei junto às empresas e motoristas (visando mitigar problemas ainda existentes), o nível de aceitação da lei (validação de quais empresas trabalham formal ou informalmente), em suma, o atual panorama e cumprimento da lei no país.

### iii) Questões associadas à sustentabilidade

A sustentabilidade tem ganhado evidência tanto no âmbito acadêmico quanto corporativo, podendo ser aplicada em diversos assuntos; sua lógica de inter-relacionamento entre os três pilares (social, ambiental e econômico) pode ser entendida como uma abordagem aplicável nos processos existentes [21].

Considerando o contexto acima, é importante a inserção dos pilares da sustentabilidade na estruturação de modelos voltados para roteirização e otimização da distribuição de cargas.

1) Pilar Social: o processo de distribuição de cargas possui como mão-de-obra chave motoristas para realização do serviço. Como comentado anteriormente na Lei 13.103/2015 – “Lei do Caminhoneiro”, é visado obter maior qualidade de vida para os trabalhadores que realizam tal atividade.

Outro ponto foi a greve dos caminhoneiros em 2018, manifestação feita contra os reajustes frequentes e sem previsibilidade mínima nos preços dos combustíveis, principalmente do óleo diesel. Tal situação provocou um caos do transporte rodoviário no Brasil, pois muitos motoristas se recusaram a distribuir cargas, fazendo com que em vários locais faltassem abastecimento de produtos.

Sob a ótica logística, precisa-se atentar para o recurso humano envolvido diretamente a esse processo para contribuir para uma distribuição mais eficiente, ao menor tempo possível, mitigando assim os impactos.

2) Pilar Ambiental: um dos pontos de atenção se refere à preocupação em distribuir cargas com a menor poluição possível. Por exemplo: frota com manutenção em dia é um fator que influencia uma distribuição de carga com menor impacto ambiental, minimizando danos ao ecossistema envolvido para realização do serviço. Esse é um ponto relevante a ser considerado tendo em vista que a distribuição no Brasil é feita preferencialmente durante o dia, congestionando as principais artérias das cidades, aumentando os índices de poluição, produzindo um desempenho medíocre e acelerando o desgaste das frotas.

3) Pilar Econômico: conforme mencionado anteriormente, o transporte rodoviário corrobora diretamente para indicadores econômicos do país tais como a balança comercial e o PIB. Sob a ótica econômica, a definição de uma distribuição de cargas eficaz deve gerar celeridade e eficiência na busca pela melhor rota, reduzindo os custos de transportes.

Não obstante, a greve dos caminhoneiros em 2018, gerou um desequilíbrio entre a oferta e demanda dos produtos em alguns locais do país – a demanda aumentou, os consumidores se preocuparam com a possível falta de produtos, estocando-os, enquanto que a oferta se

manteve a mesma ou reduziu; o aumento nos preços de alguns produtos foi observado na época, principalmente os produtos perecíveis.

## **2.5 Logística do transporte rodoviário**

A grande necessidade de melhorar o desempenho operacional, reduzir custos e gerar melhoria do nível de serviço logístico rodoviário impulsionou as organizações a desenvolver maior inteligência nas soluções de roteirização de cargas.

A Logística é uma extensão da gestão de distribuição física e geralmente refere-se à gestão do fluxo de materiais e informações através da cadeia de suprimento imediata, incluindo compra, gestão de estoque, gestão de lojas, planejamento e controle da produção e gestão da distribuição física [22].

Pela definição [23]:

*“Logística é a parte da gestão da cadeia de suprimento que planeja, implementa e controla o eficiente e eficaz fluxo e armazenagem de bens, serviços e informações entre o ponto de origem e o ponto de consumo a fim de atender aos requisitos dos clientes. ”*

A logística trata da criação de valor para os clientes e fornecedores da empresa e para todos aqueles que têm nela interesses diretos e seu valor é manifestado primariamente em termos de tempo e lugar. Fatores esses que ratificam a preocupação da logística com a melhora na rapidez da entrega do produto/serviço ao cliente e ganhos operacionais [24].

Em relação ao transporte, o mesmo representa, normalmente, entre um e dois terços dos custos logísticos totais; nesse entendimento, é de suma importância alavancar o nível de eficiência e eficácia dos recursos utilizados, com mão de obra qualificada e roteirização inteligente que possa gerar vantagem competitiva [24].

Tratando-se do transporte rodoviário, esse apresenta vantagens em relação aos outros modais, devido à flexibilidade e facilidade de acesso aos pontos de embarque e desembarque, oferecendo um serviço porta a porta aos usuários [9]. Em relação às cargas, o deslocamento por rodovias é o mais apropriado para produtos de maior valor agregado ou perecíveis, em

pequenas e médias distâncias e que possuem pequena ou média tonelagem. Especialmente para esses casos, o modal oferece maior frequência e confiabilidade nos prazos de entrega que os demais, além da possibilidade de manipulação de lotes de mercadorias de tamanhos variáveis.

Como contribuição, através da roteirização é possível otimizar os veículos, planejar as rotas de entregas e vendas, aumentar a eficiência operacional, reduzir o índice de devolução, dispersão de quilometragem, consumo de combustível, gastos com manutenção e pneus e melhorar a qualidade das informações gerenciais [25]. A roteirização, portanto, é a forma de orientar o processo de distribuição de cargas a localidades distintas que necessitam de atendimento ao menor tempo e custo possível.

Sobre os problemas inerentes à roteirização de cargas, nenhuma outra área de operações de negócios envolve a complexidade ou alcança a geografia da logística [26]. Essa área, que hoje é de grande destaque nas organizações, ultrapassa os limites territoriais entre municípios, estados, possibilitando países de diversas partes do mundo se interligarem, conectarem, participando conseqüentemente do processo de globalização.

Os problemas relacionados à distribuição de cargas, modal rodoviário, também são considerados desafiadores devido ao ambiente em que se encontram: infraestrutura precária ou ineficiente existente no país e gargalos que podem surgir no próprio processo produtivo (falta de material, mão de obra, tecnologia, informações precisas). Tal situação compromete de forma negativa o resultado final da operação.

Entretanto, apesar das dificuldades encontradas na logística e no transporte rodoviário de cargas para obtenção de melhores resultados, um ponto a ser destacado é a busca por melhorias, destacando-se a aplicação de modelos matemáticos, dentre os quais se pode citar:

- Monitoramento e roteirização de transportes;
- Organização do estoque;
- Tecnologia na localização de plantas industriais e automatização de processos;
- Mapeamento, padronização e automatização de processos.

Alguns dos métodos e modelos matemáticos serão descritos no capítulo a seguir.

### 3 MODELOS DE OTIMIZAÇÃO PARA O TRANSPORTE DE CARGA

#### 3.1 Método de Monte Carlo

Sob a ótica na gestão de estoques, destaque para o Método de Monte Carlo – também conhecido como Simulação de Monte Carlo – que surgiu durante a Segunda Guerra Mundial. Apoiado por um *software busca* o equilíbrio entre a disponibilidade dos produtos, atendendo o nível de serviço estabelecido e o dimensionamento adequado do estoque, reduzindo as incertezas causadas pelas variações da demanda [27].

A simulação de Monte Carlo engloba técnicas de amostragem estatística empregadas para aproximar soluções de problemas quantitativos. Através da construção de um modelo, são atribuídas distribuições de probabilidade às suas variáveis e então é possível simular o sistema quantas vezes se desejar, a cada vez sendo sorteados diferentes valores para cada variável [27].

Sobre sua aplicabilidade, a simulação de Monte Carlo pode ser utilizada em qualquer estudo que pretenda simular cenários por seu caráter genérico [28]. Tendo em vista tal fato, é comum encontrar aplicações desse modelo em diversos setores.

#### 3.2 Modelo COPPE-COSENZA

Para auxílio à tomada de decisão em localizações industriais, por exemplo, destaca-se o Modelo COPPE-COSENZA. Os modelos de localização são freqüentemente utilizados na verificação da melhor alternativa para implantação física de um projeto e podem ser aplicados para estudos em âmbito macro e micro territorial [29].

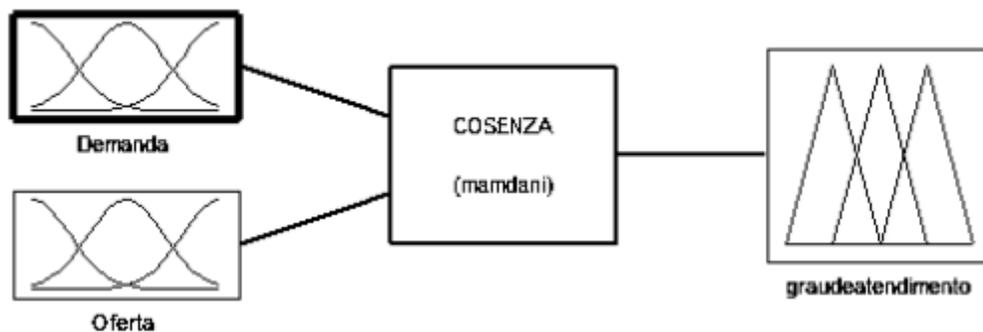
A localização é uma preocupação tradicionalmente presente ao se iniciar um trabalho de instalação de um empreendimento, uma vez que a decisão das empresas ou projetos em se estabelecerem em determinadas localidades tem impactos importantes para a organização da atividade produtiva [30].

O modelo COPPE-COSENZA foi elaborado com o objetivo de permitir estudos mais aprofundados na localização de empreendimentos [31]. Este modelo *fuzzy* apresenta uma

relação linear entre seus espaços *fuzzy*, definidos como oferta e demanda que traduzem a relação entre o nível desejado de determinados critérios e os níveis apresentados destes critérios por cada alternativa, respectivamente. Seu principal diferencial é possibilitar a análise de fatores não somente econômicos do projeto, reunindo variáveis quantitativas e qualitativas.

A figura abaixo exemplifica uma configuração para operar o modelo em um software:

Figura 1: Exemplo de configuração do Modelo COPPE-COSENZA em software Matlab



Fonte: Pereira et al. (2018)

No exemplo acima, foi utilizado o software MatLab para descrever os espaços *fuzzy* de demanda e oferta. O modelo se concentra em uma operação com matrizes baseada no confronto da oferta territorial com a demanda industrial para uma série de fatores de localização estudados. O modelo COPPE - COSENZA utiliza como base para estruturação de seus conceitos variáveis linguísticas aplicadas à lógica fuzzy.

Com ampla aplicabilidade, podem-se destacar os estudos de avaliação da localização das usinas de pirólise [31] e biodiesel [32]. Não obstante, o modelo também pode ser aplicado na determinação e mensuração da avaliação da confiabilidade dos consultores no desempenho da implementação dos sistemas de gerenciamento da cadeia de suprimentos [33], na melhor localização para realizar o processo de exportação de farinha de mandioca [34].

Em suma, o modelo é altamente aplicado como suporte à tomada de decisão.

### 3.3 O Problema do Caixeiro Viajante

O chamado “problema do caixeiro viajante” ou *TravelingSalesmanProblem* (TSP) foi formulado pela primeira vez— pelo que se sabe hoje — pelo economista Karl Menger em 1932 e foi por este denominado “*das Botenproblem*”, o Problema do Mensageiro. De maneira sintética, o problema é resumido:

*Qual a rota mais curta unindo  $N$  cidades espalhadas numa região, onde nem todas elas se ligam diretamente por meio de estradas?*

Considerado um dos problemas mais estudados em otimização combinatória e roteamento na literatura, o Problema do Caixeiro Viajante (PCV) consiste na determinação de uma rota que se inicia em uma cidade, passa por cada cidade do conjunto apenas uma vez e retorna à cidade inicial da rota perfazendo uma distância total mínima [35]. Em outras palavras, a solução consiste em calcular todas as rotas (ou segmentos de rodovias) possíveis entre os pontos A e B, conta que se verifica ser exponencial no número  $N$  das cidades intermediárias.

O PCV pode ser definido da seguinte forma [36]:

*Dado um conjunto de cidades, qual a melhor forma do caixeiro viajante percorrer todas as cidades, uma única vez e por fim voltar à cidade inicial, percorrendo a menor distância possível? A resposta a esta questão consiste numa ordenação das cidades a percorrer pelo caixeiro.*

Complementando [37]:

*Dado um conjunto de  $N$  cidades e a matriz de distâncias entre elas, determinar uma sequência de visitas que passe por todas as cidades, e somente uma vez em cada uma delas, e volte à origem (ciclo hamiltoniano) de maneira que alguma função de custo seja minimizada.*

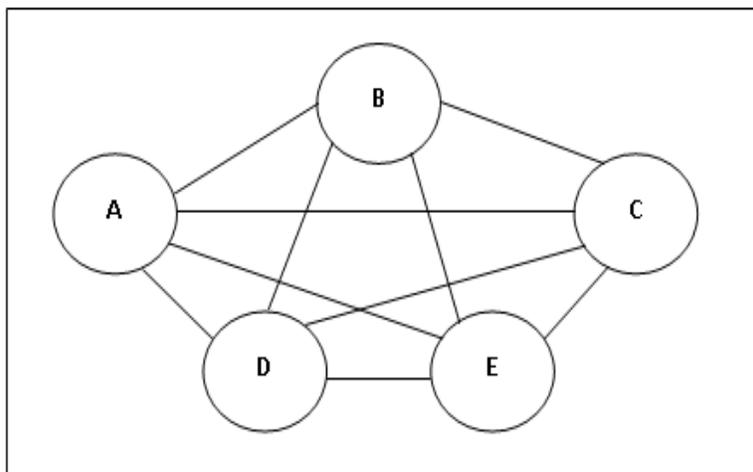
O Problema do Caixeiro Viajante (PCV) é o problema de determinação de um percurso hamiltoniano fechado de valor mínimo [38]. O circuito (também chamado de percurso)

hamiltoniano é um circuito no grafo  $G=(V,E)$  que visita todos os vértices de  $V$  exatamente uma vez [39].

Um grafo é dito hamiltoniano se existe um ciclo em  $G$  que contenha todos os vértices, sendo que cada vértice só aparece uma vez no ciclo. Sendo assim, concluindo o autor, um grafo é hamiltoniano se ele contiver um ciclo hamiltoniano [40].

Grafo pode ser visto como um conjunto de pontos, chamados vértices, e outro de pares desses pontos, chamados arestas; cada aresta liga um par de pontos (extremidades) que a determina [41]. No caso do PCV, é utilizada uma estrutura de rede onde todos os pontos estão conectados, como mostra a Figura 2:

Figura 2: Estrutura conectada no PCV



Fonte: Elaboração própria

Para maior esclarecimento, um grafo é como uma estrutura  $G=(V,E)$  onde  $G$  é o grafo,  $V$  é um conjunto discreto e  $E$  é uma família cujos elementos (não vazios) são definidos em função dos elementos de  $V$ . Os elementos de  $V$  são chamados vértices, nós ou pontos e o valor  $n=|V|$  é a ordem do grafo. Uma família  $E$  pode ser considerada como um conjunto de adjacência, cujos elementos são em geral denominados ligações [38].

Os grafos são estruturas de dados sempre presentes em ciência da computação e os algoritmos para trabalhar com eles são fundamentais na área [42].

O problema do caixeiro viajante iniciou a investigação da classe dos problemas ditos NP-*hard* e NP-completo. A classe NP (*nondeterministic polynomial time*) é a classe de linguagens que podem ser verificadas por um algoritmo em tempo polinomial. A classe NP é definida como sendo o conjunto de todos os problemas de decisão, tais que existe uma justificativa à resposta, cujo passo de reconhecimento pode ser realizado em tempo polinomial [43].

Um problema está na classe NP se e somente se puder ser resolvido por uma máquina polinomial não-determinística. Então, um problema de decisão X é NP - completo se [44]:

1.  $X \in NP$ ; e
2. Todo problema em NP é redutível — em tempo polinomial — a X.
3. Se X satisfizer a condição 2, mas não necessariamente a primeira, dizemos que X é NP-*hard*.

Outra caracterização seria dizer que um problema X está na classe NP se:

Se x for uma solução para X, pode-se testar x (e verificar se é ou não solução para X), isto é, num tempo de computação que é polinomial no comprimento (em notação binária) de x.

Mas descobrir uma solução para X leva, no caso geral, um tempo exponencial - checar a solução não é trabalhoso; descobri-la, sim. Para se ter uma ideia da complexidade, Fontes (2001) destaca que o número de passos necessários para a obtenção da solução ótima do PCV cresce exponencialmente com o número de variáveis.

E a conjectura  $P = NP$  pode ser assim formulada [44]:

*Existe um algoritmo polinomial (polialgoritmo, algoritmo cujo tempo de operação é limitado por um polinômio  $p(x)$  no comprimento binário  $/x/$  da entrada  $x$ ) que resolve todos os problemas na classe NP.*

Sobre as características do PCV, destaque para o fato de ser um problema com alto nível de complexidade computacional, considerado, então, um problema de otimização NP-árduo, NP-difícil ou NP-hard, exigindo assim o uso de algoritmos para apoio à tomada de decisão, dentre os quais se podem destacar *branch-and-bound* e o FITSP (*Farthest Insertion for Traveling Salesman Problem*). Entretanto, apesar do uso de computadores de última geração, não é possível determinar a solução exata para problemas de grande porte (problemas práticos) em um tempo computacional viável, referente aos problemas NP-hard.

A classe de problemas NP-hard se caracteriza por apresentar problemas mais difíceis que na classe NP-completo; os mesmos não podem ser resolvidos deterministicamente em tempo polinomial [45].

A classe NP-hardsão os problemas para os quais existe uma máquina de Turing determinística que transforma um problema em um problema em tempo polinomial [46]

O problema NP-hard pode ser definido da seguinte forma:

Quadro 2: Definição do problema NP-Hard

<b>Problema</b>	<b>Definição</b>
NP-Hard	Dadas N cidades, encontrar o caminho mínimo que as une.

Fonte: Elaboração própria

A classe NP-completo são problemas NP que possuem a característica de que se um deles puder ser resolvido em tempo polinomial então todo problema NP-completo terá uma solução em tempo polinomial.

Os problemas envolvidos nestas classes podem ser tanto problemas de decisão quanto problemas de otimização. O primeiro se caracteriza por apresentar sua solução em um valor binário, verdadeiro ou falso, o segundo apresenta como resultado a melhor solução dentre um conjunto de possíveis soluções [45].

O PCV trata-se de um problema de otimização combinatória de grande importância: de início, pelo aspecto prático ligado às viagens do tipo caixeiro-viajante, sejam elas entre cidades ou entre furos de placas de circuitos impressos ou chapas sujeitas ao trabalho de rebidadeiras automáticas ou ainda pela sua aplicabilidade à programação de produções cíclicas com minimização de custo de troca de linhas [38].

De ampla aplicabilidade, o PCV pode contribuir em diversas áreas, por exemplo, linhas de montagem, roteirização de frotas e organização de atividades. Quando somado ao uso de algoritmos, possibilita gerar soluções que atendam a determinado problema.

### **3.4 Teoria da Decisão**

Diante de um ambiente empresarial globalizado, tecnológico e altamente competitivo, torna-se de grande relevância para as organizações cautela frente às constantes mudanças, oportunidades, riscos e ameaças que impactam o negócio, ou seja, uma visão sistêmica sobre o cenário no qual a empresa está inserida.

Busca-se, portanto, uma tomada de decisão ágil e com maior inteligência, auxiliando de forma eficaz. Um dos desafios, entretanto, não é somente tomar a decisão; também é preciso estruturar e analisar todas as possíveis alternativas, escolhendo a melhor forma para otimizar tal decisão. Uma decisão de qualidade está pautada no uso adequado da informação no processo decisório, de modo a traçar as alternativas e escolher a opção que leve a resultados positivos para a organização [47].

Complementando [48]:

*“A análise de decisão não é uma teoria descritiva ou explicativa, uma vez que não faz parte de seus objetivos descrever ou explicitar como e porquê as pessoas (ou instituições) agem de determinada forma ou tomam certas decisões. Pelo contrário, trata-se de uma teoria prescritiva ou*

*normativa no sentido de pretender ajudar as pessoas a tomarem decisões melhores face as suas preferências básicas.”*

A tomada de decisão é a conversão das informações analisadas em ação. Os desafios impostos levam os administradores a buscar informações que espelhem fielmente a real situação das organizações, para que o processo decisório seja efetuado de forma eficaz, para alcançar os resultados pretendidos [49]. Entende-se, portanto, que as decisões precisam ser tomadas de forma correta, pois o desempenho das organizações depende da qualidade de seu gerenciamento.

Toda decisão envolve elementos, apresentados na Figura 3 [50]:

- 1) O tomador de decisão: é a pessoa que faz uma escolha ou opção entre várias alternativas futuras de ação;
- 2) Os objetivos: são o que o tomador de decisão pretende alcançar com suas ações;
- 3) As preferências: são os critérios que o tomador de decisão usa para fazer sua escolha;
- 4) A estratégia: é o curso de ação que o tomador de decisão escolhe para atingir seus objetivos dependendo dos recursos que pode dispor;
- 5) A situação: são os aspectos do ambiente que envolve o tomador de decisão, alguns deles fora do seu controle, conhecimento ou compreensão e que afetam sua escolha.;
- 6) O resultado: é a consequência ou resultado de uma estratégia.

Figura 3: Elementos da tomada de decisão



Fonte: Elaboração própria

O processo de tomada de decisão é uma atividade passível de erros, pois ela será afetada pelas características pessoais e percepção do tomador de decisões [51].

No ambiente competitivo, um dos fatores que determina o diferencial das empresas é a forma como a informação é utilizada [53]. Desta maneira, a estreita sintonia entre a informação e as escolhas dos administradores favorecerá o processo decisório.

O processo decisório está no dia a dia das pessoas, cuja tomada de decisão pode ser evidenciada nas mais simples atitudes; comentar sobre este assunto é de vital importância para a gestão de toda e qualquer organização. Ao tomador de decisão cabe não apenas ter que tomar decisão, como também criar opções, possibilitando à empresa crescer e se desenvolver neste contexto de transformações e mudanças[54].

As medidas adotadas pelo gestor adquirem relevância em todas as etapas do processo decisório, para que possa haver sintonia entre os objetivos pretendidos e os resultados alcançados pela organização [47]. O processo de tomada de decisão, portanto, não se constitui em tarefa fácil para o administrador, que tem que levar em conta as várias nuances do complexo ambiente organizacional.

Dentre os elementos que compõem o processo de tomada de decisão, alguns influenciam diretamente na escolha dos administradores e trazem conseqüências diretas para os demais [55]:

- o tomador de decisão: indivíduo ou grupo que escolhe entre as várias alternativas;
- os objetivos: fins que o decisor almeja alcançar com as suas ações;
- preferências: critérios que o decisor utiliza para determinar sua opção;
- situação: os aspectos ambientais que envolvem o tomador de decisão, às vezes não controláveis, fora do alcance de seu conhecimento ou compreensão que influenciam na sua escolha;
- estratégia: curso de ação que o decisor escolhe no sentido de atingir os objetivos da melhor forma, sendo esta dependente dos recursos disponíveis;
- resultado: consequência de uma estratégia.

Além dessa diversidade de ramificações envolvidas no processo de tomada de decisão, tais como intelectuais, psicológicas e os efeitos no ambiente do decisor [56], é interessante apontar também o entendimento intuitivo e a experiência prática como fatores importantes no processo [57]. Importante destacar [47] que a percepção da realidade organizacional é essencial para que o administrador possa realizar a escolha de uma ou mais alternativas que melhor se adequem a esta realidade elevem ao encontro dos objetivos organizacionais. Complementando, o processo decisório nas organizações converte-se na essência da habilidade gerencial, em que a responsabilidade do gestor é decidir a melhor alternativa para cada momento em que se encontra a organização, de modo a garantir os resultados esperados.

Entre os modelos de processos decisórios encontrados na literatura (esquemas interpretativos), podem ser citados Modelo Clássico, Modelo Administrativo (Racionalidade Limitada), Modelo Comportamentalista e Modelo Normativo [58]:

- Modelo Clássico: procedimentos lógico-formais do processo decisório são enfatizados, corroborando que quem toma as decisões examina primeiro os fins e somente depois estuda os meios para alcançá-los, subordinando a eficácia do processo decisório à escolha da decisão mais adequada aos fins.
- Modelo Administrativo: os gestores realmente tomam decisões em situações complexas, em vez de ditar como eles deveriam tomar decisões de acordo com uma

determinada teoria ideal. Esse modelo reconhece as limitações humanas e ambientais (Racionalidade Limitada) que afetam o grau em que os gestores podem adotar um processo racional de tomada de decisão (decisão satisfatória).

- **Modelo Comportamentalista:** nesse modelo, o comportamento dos indivíduos na organização é muito acentuado e abrangente; como consequência, os gestores procuram prevê-lo, nas decisões, para evitar situações desagradáveis no seu contexto.

- **Modelo Normativo:** a maneira de como deve ser feito o processo decisório é a preocupação central.

### **3.5 Teoria Multicritério (Algoritmo)**

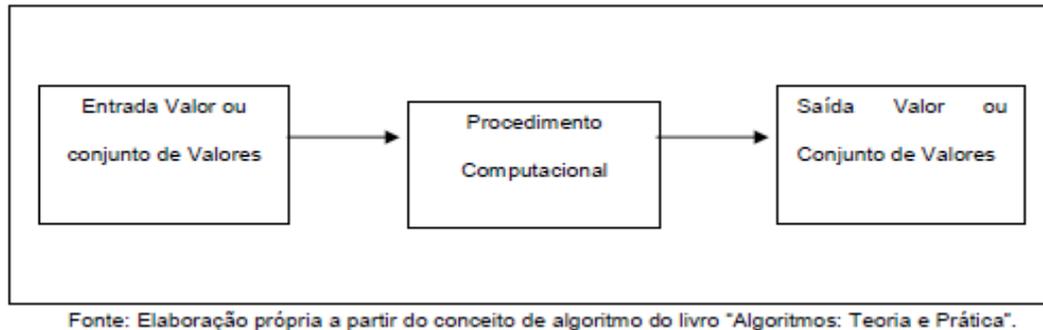
A complexidade para resolução do Problema do Caixeiro Viajante, considerado NP-*hard*, influenciou no estudo em diversas áreas, como por exemplo, a computacional e logística. A resolução do PCV não é tão simples [43], uma vez que os métodos exatos demandam muito tempo para problemas de tamanho razoavelmente grandes e os métodos aproximados, em geral bons, nem sempre garantem o ótimo. Os algoritmos, em seu uso através de procedimentos pré-estabelecidos, geram suporte para a tomada de decisão.

O primeiro algoritmo a ser processado por uma máquina – pelo que se sabe até hoje – foi escrito por Ada Lovelace, considerada a “mãe da programação”, criando uma sequência de passos para a realização de um cálculo matemático que é reconhecida como o primeiro programa de computador. O trabalho de Alan Turing [59], porém, associou algoritmos à ciência da computação, sendo capaz de simular um computador e fornecer uma construção teórica para estudar e definir algoritmos, tornando-se base para a tecnologia atual.

Um algoritmo é qualquer procedimento computacional bem definido que toma algum valor ou conjunto de valores como entrada e produz algum valor ou conjunto de valores como saída [42]. Portanto, para os autores, um algoritmo é uma sequência de passos computacionais que transformam a entrada na saída.

Complementando, um algoritmo é uma sequência lógica de instruções que devem ser seguidas para a resolução de um problema ou para a execução de uma tarefa [60]. A Figura 4 apresenta esse conceito:

Figura 4: Processo ponta a ponta de um algoritmo



Fonte: Elaboração própria

Finalizando o entendimento, o algoritmo é como uma sequência de passos que visam a atingir um objetivo bem definido. Ao elaborar um algoritmo é importante especificar ações claras e precisas, que a partir de um estado inicial, após um período de tempo finito, produzem um estado final previsível e bem definido [61].

Estimar a complexidade de algoritmos é uma tarefa crucial. O caminho para medir empiricamente o desempenho de um algoritmo esbarra em dificuldades que vão desde o equipamento e compilador empregado até as habilidades do programador.

O sucesso de um algoritmo aproximativo depende de sua capacidade de adaptação para instâncias especiais, escapando do ótimo local, fazendo uso da estrutura do problema, e, além disso, sob o uso de estrutura de dados eficientes, boas técnicas para a construção de soluções iniciais, reinicialização de procedimentos, solução melhorada por busca local, diversificação de busca quando não há possíveis melhoramentos, e intensificação de busca em regiões viáveis [43]. Para obtenção de maior eficácia de um algoritmo na resolução de um problema são fatores fundamentais interpretá-lo, criar uma sequência de operações, executá-la e verificar a adequação da solução.

Muitas vezes um algoritmo é utilizado de maneira intuitiva, sem que haja necessidade de planejar previamente a sequência de passos para resolver tarefas cotidianas, como por exemplo um matemático, para resolver uma equação qualquer, utiliza passos pré-determinados que conduzem à obtenção do resultado [60].

Sobre sua importância, com a evolução da tecnologia da informação, a utilização de algoritmos para resolver problemas envolvendo grafos vieram no auxílio de várias situações onde a implementação computacional se fez necessária, como problemas para encontrar o caminho mínimo, ou com o custo mínimo. Dentre os problemas de caminho mínimo, destaque para o Problema do Caixeiro Viajante (PCV), apresentado anteriormente neste capítulo.

Dentre os problemas resolvidos com o auxílio de algoritmos, podem ser citados [42]:

- Projeto Genoma Humano;
- Internet;
- Comércio eletrônico;
- Indústrias e instalações comerciais;
- Problemas de determinação de rotas (assunto do presente trabalho).

Mesmo não abrangendo o escopo para resolução desta tese, atenta-se para 2 (dois) algoritmos utilizados na resolução do Problema do Caixeiro Viajante e roteirização, auxiliando na tomada de decisão: Algoritmos Genéticos e Algoritmo de Colônia de Formigas, ambos descritos a seguir.

### 3.5.1 Algoritmos Genéticos

No ano de 1975 foi desenvolvida por John Holland uma metodologia baseada na seleção e genética natural para otimização de sistemas artificiais. Essa metodologia passou a ser conhecida como Algoritmos Genéticos (AG), os quais têm sido aplicados na resolução de diversos problemas, tais como alocação de tarefas e seleção de rotas.

Os algoritmos genéticos (AG's) são métodos computacionais de busca e otimização estocástico fundamentados no mecanismo de evolução e seleção natural. Considerados otimizadores estocásticos, utilizam operadores probabilísticos, concebidos a partir de metáforas biológicas [62]. Tal técnica se fundamenta nas explicações desenvolvidas por Charles Darwin a respeito da seleção e evolução dos indivíduos na natureza [63]. Para maior entendimento, estocástico refere-se a variáveis aleatórias, existindo, assim, incerteza em algumas representações de dados.

Os algoritmos genéticos são largamente usados na resolução de problemas, onde o aspecto combinatório é fortemente observado. Sua relevância é cada vez maior, pois são de entendimento simplificado, o que é um facilitador para sua aplicação,

desenvolvimento e melhoria [64]; os algoritmos genéticos (AGs) tentam simular computacionalmente o mecanismo de evolução natural.

O detalhamento de todo algoritmo genético [64] requer a definição do problema, codificando soluções possíveis do problema como cromossomos (indivíduos), podendo, assim, avaliar cada solução de acordo com uma função de avaliação.

A metodologia de otimização dos AG está formada por quatro estágios ou procedimentos; o primeiro estágio é executado uma única vez e os outros são repetidos ciclicamente até satisfazer algum critério de parada. Em cada um desses estágios o tamanho global da população se mantém constante [65]. Os procedimentos são descritos abaixo:

- 1º) Geração aleatória de uma população de indivíduos codificados para a aplicação desejada: inicializados aleatoriamente cada um dos valores dos parâmetros (variáveis independentes);
- 2º) Avaliação dos indivíduos: calculado o valor numérico da função objetivo associado a cada indivíduo;
- 3º) Seleção dos indivíduos: selecionados probabilisticamente os melhores indivíduos analisando o valor da sua função de aptidão (função objetivo);
- 4º) Geração da nova população por meio dos operadores genéticos de cruzamento e mutação.

Uma das etapas mais importantes na implementação de um algoritmo genético é a escolha da estrutura de codificação de uma solução ou do DNA de um indivíduo. Esta estrutura deve ser capaz de armazenar toda a informação necessária para representar de maneira precisa uma determinada solução.

Baseados nos conceitos da evolução e seleção natural, os algoritmos genéticos utilizam métodos probabilísticos, exploram espaços de buscas de grandes dimensões e manipulam um grande número de restrições [62]. Destaque para os problemas de otimização e simulação, como o Problema do Caixeiro Viajante (PCV).

Assim, o objetivo da técnica de AG consiste em solucionar problemas do mundo real de forma otimizada, sendo aplicável a diversas áreas, podendo-se destacar a aplicação na gestão de suprimentos, otimização da operação em sistemas hidrotérmicos de potência e organização espacial.

### 3.5.2 Algoritmo de Colônia de Formigas

Proposto por Dorigo na década de 1990, o ACO (AntColonyOptimization) é considerado um algoritmo para resolução de problemas de otimização. O ACO é baseado no comportamento da colônia de formigas que, para chegarem ao alimento num caminho mais curto, criam trilhas através de feromônios, onde as trilhas ruins (mais longas) são descartadas, com a evaporação do feromônio, e as trilhas mais curtas tornam-se mais atrativas, reforçadas com a presença de mais feromônio [66].

ACO é inspirado no comportamento das formigas na busca por fontes de alimentos; é necessário que o problema possa ser descrito por um conjunto de pontos adjacentes por onde os agentes possam se movimentar [66]; devido a este comportamento cooperativo e eficaz de busca, as formigas vão construindo alternativas melhores no caminho para encontrar o alimento.

A ideia principal é que os princípios da auto-organização que coordenam o elevado comportamento das formigas reais possam ser explorados para a coordenação de agentes artificiais na solução de problemas computacionais.

Na primeira versão do algoritmo, o ACO foi aplicado a problemas de otimização combinatória como, por exemplo, caixeiro viajante e roteamento: cada formiga caminha entre os pontos do conjunto de entrada e deposita feromônio a cada aresta que liga esses pontos [67]. Para o PCV, a formiga deve escolher um caminho, dentre as possibilidades de trilhas, tendo como base o seu conhecimento individual (distâncias entre as cidades) e coletivo (quantidade de feromônio depositado nas ligações).

Considerado um algoritmo de ampla aplicabilidade, o ACO pode ser utilizado por exemplo na resolução de problemas de otimização de sistemas produtivos, reconfiguração e alocação de bancos de capacitores em redes elétricas de distribuição; otimização de materiais compostos laminados, como apresentado em; restauração de redes elétricas de distribuição; e na otimização de redes de comunicação sem fio [67].

### 3.6 Lógica *Fuzzy*

Proposta em 1965 por LoftiZadeh da Universidade da Califórnia, Estados Unidos a Lógica *Fuzzy* parte exatamente princípio de não-objetividade, pois permite avaliar aspectos que nem sempre conseguem ser analisados de maneira tão direta. Utilizando uma linguagem subjetiva permite avaliar critérios e resolver problemas diversos, auxiliando a melhor tomada de decisão possível.

É definida como o método de formalizar a capacidade humana do entendimento impreciso ou entendimento aproximado [68]. Sua aplicabilidade é bastante diversificada e está presente no dia-a-dia das pessoas e nas suas atividades, como no ato estacionar um carro, controle de tráfego, velocidade dos trens no metrô, temperatura, idade. Tudo é ou pode ser fuzzy.

Dentre as diversas possibilidades computacionais da lógica *fuzzy* pode-se destacar sistemas de tomada de decisão, hierarquização, localização, interpretação, automação, controle e inteligência artificial.

A Lógica *Fuzzy* aplicada ao Problema do Caixeiro Viajante (PCV) visa buscar uma tomada de decisão mais realística, analisando os aspectos por um âmbito mais subjetivo e trazendo ao máximo possível as incertezas encontradas no problema de distribuição de cargas.

Para o problema em questão, a Lógica *Fuzzy* visa contribuir na construção dos algoritmos para resolução do problema de distribuição de cargas, auxiliando na definição dos critérios de qualidade das estradas, custo do transporte e tempo de distribuição, por exemplo.

#### 3.6.1 AHP/*FUZZY*

O Método de Análise Hierárquica (*AnalyticHierarchyProcess*) é um dos primeiros e mais utilizados métodos de apoio multicritério à decisão. Desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 70, foi desenhado para refletir a maneira como as pessoas pensam, identificando objetos e ideias e também as relações entre eles, com o objetivo de decompor a complexidade encontrada.

Os principais aspectos do AHP são [69]:

- a) visa orientar o processo intuitivo (baseado no conhecimento e na experiência) de tomada de decisão;
- b) depende dos julgamentos de especialistas ou dos decisores quando não há informações quantitativas sobre o desempenho de uma variável em função de determinado critério; e,
- c) resulta numa medida global para cada uma das ações potenciais ou alternativas, priorizando-as ou classificando-as.

O Método da Análise Hierárquica (AHP/*FUZZY*) possui uma excelente consistência lógica para o tratamento de variáveis não determinísticas, tais como juízos de valor [70].

O conceito do método é a decomposição do problema de decisão em critérios e subcritérios por hierarquias, seguido da comparação par a par a fim de ponderar tais critérios, levando a uma escolha consciente [71].

O modelo oferece algumas vantagens operacionais para realização de uma ordenação, sobretudo em razão de sua consistência lógica. Para esse contexto é inerente saber em que grau ou intensidade cada critério contribui para a função objetivo, a fim de se ter uma visão relativa da importância de cada critério para o resultado final, assim como numa distribuição de Pareto, em que existem “poucos, mas muito importantes”, e “muitos, mas pouco importantes”[70].

Ao final da estruturação do problema em um modelo de hierarquia, ainda segundo o autor, deve-se fazer a comparação par a par dos elementos de cada nível a fim de medir o grau de importância em cada elemento, comparativamente, pondera-se quantas vezes um subcritério é mais importante ou dominante em relação ao outro. A comparação é fundamentada nas respostas obtidas para um número de perguntas que, normalmente, têm a forma de: “Qual a relação de importância entre o critério 1 em relação ao critério 2?”. Ao se comparar critérios e subcritérios ficam estabelecidas matrizes quadradas em que cada linha e cada coluna formam a importância do critério, ou seja, indica o valor do par do critério.

A análise multicritério é um instrumento de apoio à decisão que se baseia na abordagem de diversos critérios. Por integrar diferentes aspectos do processo

decisório, essa vem sendo cada vez mais utilizada em análises de situações complexas e imprecisões inerentes ao processo decisório.

O método AHP será utilizado na elaboração de um dos métodos de apoio à tomada de decisão apresentados nesta tese, onde será preciso avaliar quão boa uma localidade é melhor que outra, ordenando esses critérios.

## 4 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo é apresentada a metodologia desenvolvida para a elaboração da presente tese destacando a tipologia e o detalhamento do desenvolvimento da pesquisa.

### 4.1 Tipo de pesquisa

O processo de pesquisa pode ser entendido como um procedimento racional e sistemático tendo como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos [72]. Assim, para seu desenvolvimento é necessário a utilização cuidadosa de métodos e técnicas.

Referente aos tipos de pesquisa, a pesquisa documental difere da pesquisa bibliográfica por utilizar material que ainda não recebeu tratamento analítico ou que pode ser reelaborado. Suas fontes são muito mais diversificadas e dispersas [20]. Neste trabalho, é utilizada a pesquisa documental direta e indireta, através de publicações parlamentares e administrativas, leis e normas emitidas sobre o assunto, informativos, pesquisa bibliográfica e matérias da *internet*.

As pesquisas podem ser classificadas quanto aos meios: podendo ser pesquisa de campo, de laboratório, documental, bibliográfica, experimental, *ex post facto*, participante, pesquisa-ação e estudo de caso; e quanto aos fins: pesquisa exploratória, descritiva, explicativa, metodológica, aplicada e intervencionista [73].

Seguindo essa taxonomia, a presente pesquisa caracteriza-se:

- Quanto aos meios:

- documental: na pesquisa iniciada na *internet* foram analisados dados do governo (indicadores macroeconômicos, desempenho do setor logístico) ligados a assuntos para a logística;
- bibliográfica: material publicado em revistas acadêmicas e científicas, livros, jornais e *internet*.

- Quanto aos fins:

- pesquisa exploratória: essa investigação trata de questões pouco exploradas. Nesse sentido, o estudo exploratório se configurou apenas na otimização do processo logístico proposto;
- metodológica: pois é desenvolvido e testado um instrumento de captação da realidade (a metodologia proposta).

Uma pesquisa é científica quando responde aos seguintes critérios [74]:

- 1) A pesquisa debruça-se sobre um objeto reconhecível e definido de tal modo que seja igualmente reconhecível pelos outros;
- 2) A pesquisa deve dizer sobre este objeto coisas que não tenham já sido ditas ou rever com uma ótica diferente coisas que já foram ditas;
- 3) A pesquisa deve ser útil aos outros;
- 4) A pesquisa deve fornecer os elementos para a confirmação e para a rejeição das hipóteses que apresenta e, portanto, deve fornecer os elementos para uma possível continuação pública.

Fazer uma tese significa aprender a pôr ordem nas próprias idéias e a ordenar dados [74]:

- 1) Escolher um tema preciso;
- 2) Recolher documentos sobre o tema;
- 3) Organizar esses documentos;
- 4) Reexaminar o tema em primeira mão, à luz dos documentos recolhidos;
- 5) Dar uma forma orgânica a todas as reflexões precedentes;
- 6) Proceder de modo que quem lê perceba o que se quer dizer e fique em condições, se for necessário, de voltar aos mesmos documentos para retomar o tema por sua conta.

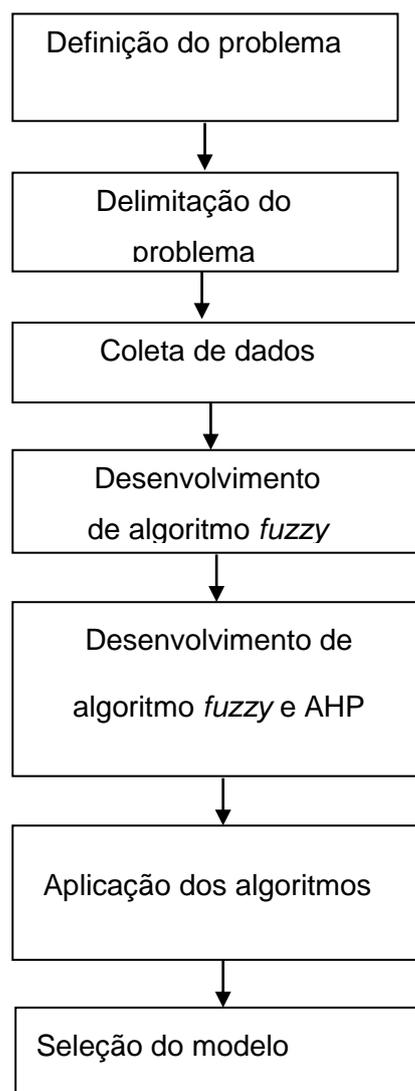
A leitura constitui-se em fator decisivo de estudo, pois propicia a ampliação de conhecimentos, a obtenção de informações básicas ou específicas, a abertura de novos horizontes para a mente, a sistematização do pensamento, o enriquecimento de vocabulário e o melhor entendimento do conteúdo das obras [75]. Complementando, os autores destacam que uma leitura de estudo nunca deve ser realizada sem se determinar de antemão seu objetivo ou propósito, sem entender parte do que se lê (mesmo que seja uma ou outra palavra), sem avaliar, discutir e aplicar o conhecimento emanado da análise e síntese do texto lido.

Sobre a importância da descoberta, a mesma pode ser considerada um - resultado científico - um novo modo de ler e compreender um texto clássico, a caracterização de um manuscrito que lança uma nova luz sobre a biografia de um autor, uma reorganização e uma releitura de estudos anteriores conducentes ao amadurecimento e sistematização das idéias que se encontravam dispersas noutros textos. Em qualquer dos casos, o pesquisador deve produzir um texto que chame a atenção dos outros estudiosos [74].

#### 4.2. Estrutura metodológica da pesquisa

Referente à metodologia da pesquisa, a tese obedece à seguinte estrutura, apresentada abaixo:

Figura 5: Estrutura da metodologia da pesquisa



Fonte: Elaboração própria

## **Etapa 1: Definição do problema**

### Pesquisa bibliográfica

As informações disponibilizadas neste trabalho foram coletadas de diversas fontes acerca do tema:

- Livros relacionados à logística, modal rodoviário, métodos de roteirização e lógica *fuzzy*, problema do caixeiro viajante, algoritmos e teoria da decisão;
- Artigos relacionados à logística, modal rodoviário, métodos de roteirização e lógica *fuzzy*, problema do caixeiro viajante, algoritmos e teoria da decisão;
- Teses e dissertações sobre distribuição de cargas ou com alguma similaridade;
- Sites de pesquisas de mapas e rotas;
- Sites que apresentam a atual conjuntura econômica e geográfica do país: Banco Central do Brasil e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, respectivamente;
- Órgãos reguladores do setor logístico, tais como Ministério dos Transportes, Portos e Aviação Civil do Brasil, Confederação Nacional dos Transportes e Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes;
- Institutos de pesquisa que apresentam o cenário logístico brasileiro: Instituto de Logística e *Supply Chain* e Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada.

### Gap da literatura

Durante a busca por material, não foi encontrado um modelo de algoritmo que atendesse ao problema em questão, analisando suas restrições e condições estabelecidas.

## **Etapa 2: Delimitação do problema**

Nessa etapa foram definidos os seguintes parâmetros para estruturação do modelo a ser desenvolvido:

- i. abrangência geográfica
- ii. pontos de distribuição
- iii. tipo da carga
- iv. modal de transporte
- v. tipo de veículo
- vi. ausência de força maior (por exemplo: condições climáticas desfavoráveis)
- vii. condições de distribuição
- viii. variáveis consideradas
- ix. custos de transporte; e

- x. método escolhido para roteirização.

### Etapa 3: Coleta de dados

O levantamento dos dados para elaboração dos algoritmos foram obtidos através de diversas fontes. Especificamente foram levantados os seguintes dados:

Tabela 2: Levantamento de dados

Dado	Fonte
Origem (DE)	Google Maps
Destino (PARA)	Google Maps
Caminho	Google Maps
Distância Máxima	Elaborado pela autora
Distância – conversão em minutos	Elaborado pela autora
Tempo em minutos	Elaborado pela autora
Velocidade virtual	Elaborado pela autora e orientador
Distância virtual	Elaborado pela autora e orientador
Custo do combustível	Site Petrobras

Fonte: Elaboração própria

- Os dados sobre origem, destino e caminho foram obtidos através do site Google Maps;
- A distância máxima foi calculada analisando a velocidade máxima para um caminhão pesado em vias, através da fórmula matemática:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Onde:

V= velocidade máxima do caminhão para percorrer as vias;

$\Delta S$  = distância máxima;

$\Delta t$ = tempo percorrido.

Logo:

Distância máxima =  $\Delta S = V \times \Delta t$

- De posse dessa informação, os valores foram convertidos em minutos (distância – conversão em minutos);
- O tempo em minutos foi calculado através da transformação de horas para minutos;
- A velocidade virtual foi obtida de forma a identificar o quanto o caminhão conseguiria se deslocar conforme a classificação da estrada. Para a tese, as vias foram classificadas como:
  - Estrada boa: velocidade 64-80 km/h. Representa a melhor condição para transporte de cargas (via pavimentada, sinalizada e não comprometenegativamente a vida do caminhoneiro) – nível muito satisfatório para a distribuição;
  - Estrada razoável: velocidade 48-64 km/h. A segunda melhor condição para transporte de cargas (via são pavimentada e sinalizada, porém em situação inferior à estrada boa) – nível satisfatório para a distribuição;
  - Estrada perigosa: velocidade 32-48 km/h. Representa elevada criticidade para o transporte de cargas (via apresenta problemas de infraestrutura, comprometendo de forma negativa a vida do caminhoneiro) – nível ruim para a distribuição;
  - Estrada com risco: velocidade 0-32 km/h. Criticidade mais elevada para o transporte, risco iminente (via apresenta graves problemas de infraestrutura e alto risco para a vida do caminhoneiro) – nível péssimo para a distribuição;
- Obtidas as informações sobre velocidade, converte-se em distância virtual mínima e máxima de acordo com o tipo de estrada.
- Os custos foram calculados em dezembro de 2018 através de informações da empresa Petrobras (preço de refinaria de diesel R\$ 1, 7984). Conforme consulta com caminhoneiros durante esse período, 1 litro de diesel permitia percorrer cerca de 3 (três) quilômetros. Com as informações de distância virtual, tipo de estrada, custo do combustível e quilometragem percorrida foram assim obtidos os custos de transporte.

#### **Etapa 4: Desenvolvimento de algoritmo *fuzzy***

Elaborada uma base com todas essas informações, foi desenvolvido um algoritmo multicritério, utilizando linguagem de programação PHP e banco de dados MySQL.

O algoritmo desenvolvido foi denominado SRDC (Sistema Regional de Distribuição de Cargas) e permitiu que fossem apurados o desempenho do transporte conforme as condições e restrições estabelecidas).

#### **Etapa 5: Desenvolvimento de algoritmo *fuzzy* e AHP**

Para uma visão mais detalhada para o transporte, foi desenvolvido o segundo algoritmo, usando a estrutura analítica AHP de forma a elencar as opções de via para suporte à tomada de decisão.

A estrutura AHP permitiu analisando o quanto uma via/rota se apresentava melhor que outra. Essa hierarquização foi estruturada por estudiosos em logística que, conhecendo a infraestrutura brasileira, puderam contribuir para a avaliação.

#### **Etapa 6: Aplicação dos algoritmos**

Os algoritmos foram aplicados por meio das parametrizações definidas, atentando-se para as restrições e condições pré-definidas.

Para cada algoritmo, foi apresentado um resultado, posteriormente avaliado e que pudesse contribuir de forma agregadora à tese.

#### **Etapa 7: Seleção do modelo**

Nessa etapa os resultados obtidos da aplicação dos dois algoritmos foram comparados para a seleção do que apresentou o melhor desempenho e performance.

### **4.3 Limitações do método**

Busca-se neste universo de pesquisa o apoio de dados quantitativos e o uso da lógica *fuzzy* como pesquisa documental para respaldar tal trabalho. Não obstante, a metodologia escolhida pode criar limitações que estão apresentadas no corpo da tese.

Ao se analisar o processo de distribuição de cargas no modal rodoviário, uma série de dificuldades são encontradas:

- Estradas e rodovias mal pavimentadas;
- Sinalização precária;
- Necessidade de maiores investimentos no setor logístico;
- Intensificação das pesquisas acadêmicas no setor;
- Diferença significativa na qualidade das estradas e rodovias brasileiras;
- Maior acompanhamento dos dispositivos da Lei 13.103/2015 – mais conhecida como a “Lei do Caminhoneiro”.

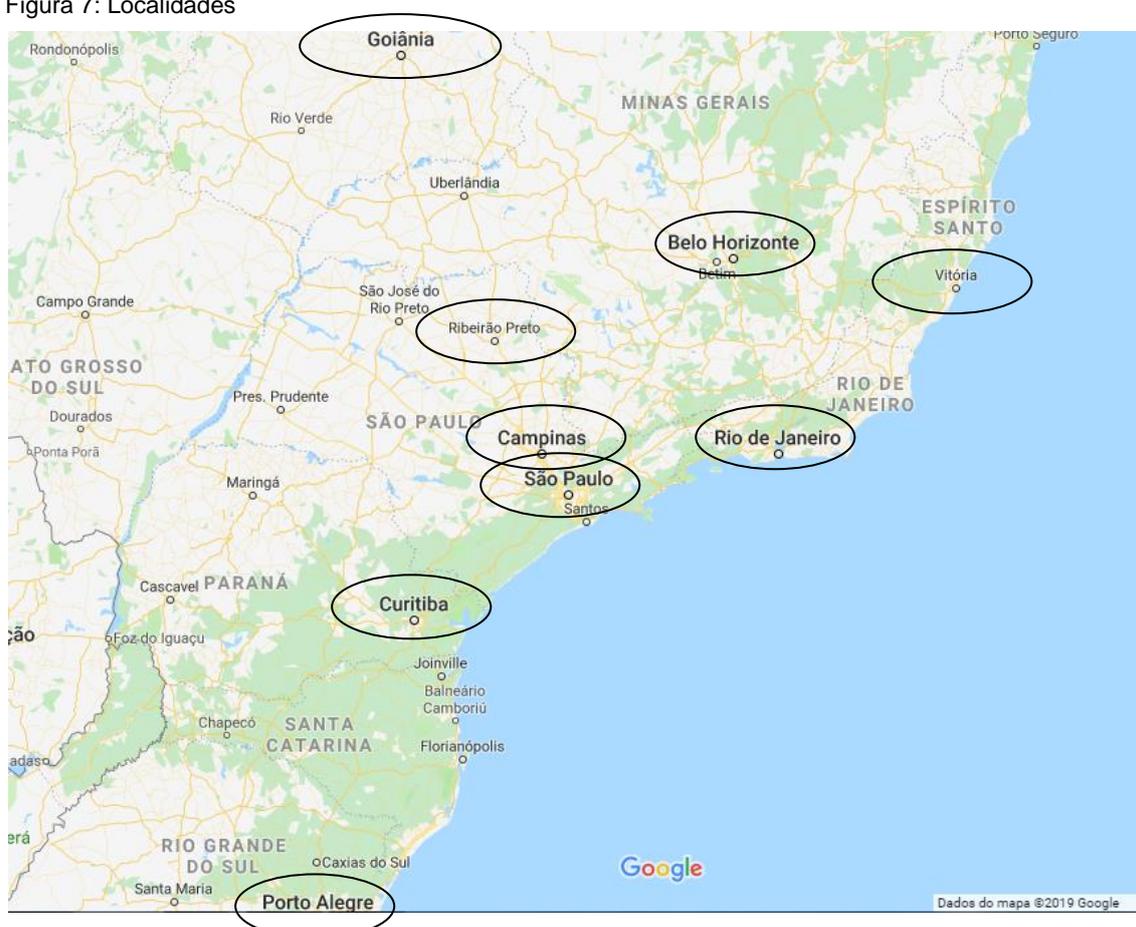
As limitações acima foram notórias durante a busca por materiais para entendimento do contexto do problema.



Contudo, para a elaboração do problema e o desenvolvimento dos algoritmos, será estudada uma amostra composta por 9 (nove) localidades distribuídas pelo território brasileiro, estradas e rodovias interligadas a essas localidades – definidas aleatoriamente, pelo critério de amostra não probabilística.

Explica-se a esse número de amostras o fato de que a distribuição logística deve ser realizada em diferentes cidades, não podendo repetir os trajetos (deslocamentos).

Figura 7: Localidades



Fonte: Google Maps (2019)

As cidades estão localizadas nas regiões sudeste, sul e centro-oeste e foram contempladas devido ao fato de serem cidades centrais (pólos de atração), apresentando intenso fluxo de cargas.

- 2) Sobre a carga/o material a ser transportado: não há transporte de produtos perecíveis, tóxicos e/ou que prejudiquem a saúde. No presente trabalho, será utilizada carga seca - madeira;
- 3) Sobre o modal utilizado: para a análise do presente problema é utilizado somente o modal rodoviário;
- 4) Sobre o veículo a transportar a carga: caminhão de grande porte que consegue transportar de 8 (oito) a 12 (doze) toneladas; supõe-se que tal caminhão percorre em média 3 quilômetros por litro de combustível e está carregado para toda a distribuição;
- 5) Sobre a ausência de força maior: o problema não considera a situação de eventos extremos, como, por exemplo, chuvas fortes/catástrofes que interrompem ou parem a distribuição, afetando assim o tempo de entrega da carga;
- 6) Sobre as condições da distribuição: foi considerada situação que avalia aspectos como congestionamento, trânsito intenso, engarrafamento, chuvas e condições das estradas, condições climáticas, desvios que o motorista pode fazer durante determinado percurso e tempo para descarregar a carga na região especificada; além das condições citadas anteriormente, a distribuição não é terceirizada;
- 7) Sobre a análise: a análise da roteirização mais eficaz será apresentada através dos tempos de distribuição, custos e quilometragem, respectivamente, a cada destino;
- 8) Sobre os custos: os custos envolvidos na distribuição de carga do presente problema referem-se somente a custos com combustível (diesel);
- 9) Sobre a ausência de repetições: não pode haver repetição de localidade; uma vez escolhida uma região, ela não pode ser selecionada novamente;
- 10) Sobre o término do processo: se a distribuição tem início em determinado local, a mesma deve terminar o processo nessa mesma localidade, ou seja, a distribuição começa e termina no mesmo ponto. Isso faz com que seja possível atender ao conceito do Problema do Caixeiro Viajante.

## 5.2 Dados considerados para o desenvolvimento do modelo

Conforme descrito no capítulo da metodologia, os dados considerados para o desenvolvimento do modelo foram obtidos de diversas fontes e encontram-se discriminados na Tabela constante do Apêndice 2.

Nessa Tabela estão discriminados os seguintes dados:

Tabela 3: Dados considerados para a estruturação do modelo

DE	PARA	CAMINHO	Distância Máxima (km/h para veículos pesados)	DISTÂNCIA - CONVERSÃO EM MINUTOS	TEMPO EM MINUTOS	Velocidade Virtual	Distância Virtual (km)	Custo
----	------	---------	---	--	---------------------	-----------------------	------------------------	-------

Fonte: Elaboração própria

Onde:

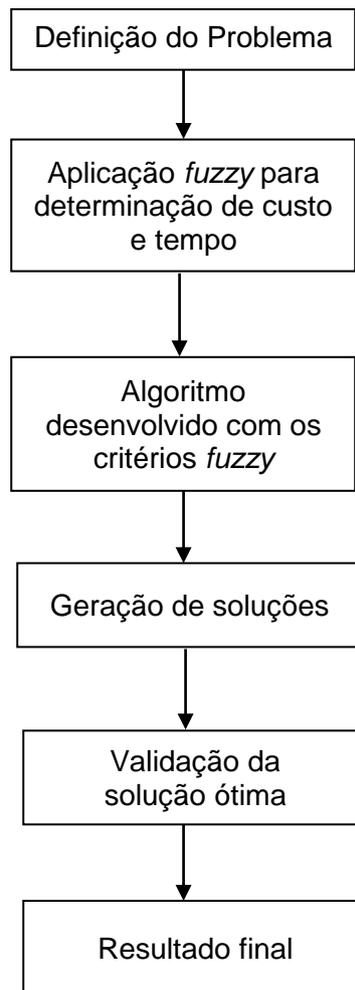
- De: representa a origem;
- Para: representa o destino;
- Caminho: representa a via percorrida.

## 5.3 Desenvolvimento do Algoritmo Multicritério/Fuzzy

Objetivando gerar uma análise eficaz para suporte à tomada de decisão em uma distribuição de cargas, foi desenvolvido um algoritmo multicritério que atenda às delimitações do estudo (apresentadas no capítulo 1) e ao PCV (Problema do Caixeiro Viajante) – SRDC (Sistema Regional de Distribuição de Cargas).

A estrutura será delineada da seguinte forma:

Figura 8: Estrutura adotada para desenvolvimento do algoritmo multicritério

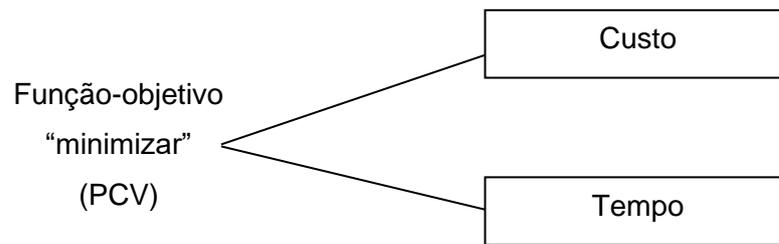


Fonte: Elaboração própria

Definido o problema, o passo seguinte é a aplicação de critérios subjetivos para a entrada das informações (critérios de entrada); o algoritmo então vai gerar soluções baseado nesses critérios, que precisam, entretanto ser validados, para obtenção de um resultado final que atenda de forma eficaz ao problema.

Com interferência da lógica *fuzzy* no PCV e buscando uma solução/rota ótima para o modelo que reduza os custos inerentes, a função-objetivo “minimizar” atende tal necessidade no âmbito literaturas estudadas para o problema; propõe-se, assim, a maior redução possível de tempo e custo na roteirização, como apresentado na figura a seguir:

Figura 9: Função-objetivo para o PCV



Fonte: Elaboração própria

Dentre as formulações na literatura encontradas para o PCV, como por exemplo, Dantzig-Fulkerson-Johnson (DFJ), Miller-Tucker-Zemlin, Fox-Gavish-Graves e Claus, será abordada nesta tese a formulação de Dantzig, Fulkerson e Johnson devido a sua larga aplicabilidade e aderência ao quantitativo de localidades contempladas na formulação [75].

Em 1954, foi publicado por Dantzig, Fulkerson e Johnson um artigo que propôs uma “Solução de larga escala do problema do caixeiro-viajante”; a formulação desenvolvida encontrou soluções ótimas para problemas com até 49 (quarenta e nove cidades), estruturando o PCV como um problema de programação 0-1 sobre um grafo  $G = (N, A)$ . Como as condições do problema exigem, essa formulação possui restrições tanto de controle de fluxo nos nós, como de eliminação de possíveis sub rotas. Em suma, tal formulação atende ao problema desta tese, visto que foram mapeadas 9 (nove) localidades, não havendo repetições na roteirização.

A forma geral da formulação matemática de Dantzig, Fulkerson-Johnson é dada por [75]:

$$\text{Minimizar } z = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

sujeito a:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{i,j \in S} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N \quad (4)$$

Onde:

- $x_{ij}=1$ , se o arco  $(i,j) \in A$  for escolhido para integrar a solução;
- $x_{ij}=0$ , caso contrário;
- $S$  é um subgrafo de  $G$ ;
- $|S|$ : número de vértices do subgrafo  $S$ .

Nessa formulação, é assumido que:

- $x_{ii}$  não existe, pois é sem aceção sair de um nó e retornar para ele mesmo;
- $n(n-1)$  é o número de variáveis;
- as variáveis são inteiras e binárias;
- o problema possui número de restrições na ordem  $(2^n)$ .

O conjunto de restrições indicados por (1) determina os fluxos de chegada dos nós; o conjunto de restrições indicados por (2) determina os fluxos de saída dos nós; o conjunto de restrições indicados por (3) evita os ciclos desconexos entre os nós, ou seja, evita os circuitos pré-hamiltonianos; o conjunto de restrições indicados por (4) determina que as variáveis sejam binárias, ou seja, podem assumir apenas os valores 0 ou 1.

Essa formulação destaca um importante aspecto do PCV que é sua natureza combinatória (combinação de caminhos possíveis). Pela formulação, solucionar um PCV é determinar uma certa permutação de custo mínimo.

Em relação às localidades, foram mapeadas 9 (nove) cidades, todas as distâncias (km) tempos, custos entre as cidades origem-destino (de-para), onde:

- $C_{xy}$  – custo do deslocamento da cidade X para a cidade Y;
- $\Delta T$  – tempo de deslocamento da cidade X para a cidade Y;
- $\Delta S$  – deslocamento (km) da cidade X para a cidade Y.

O algoritmo então define a programação computacional, suportado pela formulação matemática estabelecida para auxílio à tomada de decisão.

#### **5.4 Desenvolvimento do algoritmo do Método da Análise Hierárquica (AHP/FUZZY)**

Devido a sua consistência lógica para o tratamento de variáveis não determinísticas, tais como, juízos de valor, o método AHP/FUZZY foi selecionado. Seu conceito é a decomposição do problema de decisão em critérios e subcritérios por hierarquias, seguido da comparação par a par a fim de ponderar tais critérios, levando a uma escolha consciente.

O problema se apresenta de forma a encontrar uma metodologia que permita, de forma efetiva e eficiente, esboçar uma representação das preferências dos fatores externos que influenciam a distribuição de cargas. Ao final da estruturação nesse modelo de hierarquia, através da comparação par a par dos elementos de cada nível a pergunta a ser respondida é da forma “Qual a relação de importância entre o critério 1 em relação ao critério 2?”; adequando-se ao problema do PCV: “o quanto uma cidade é mais viável para a distribuição que outra?”. Entrementes, propõe-se uma análise da realidade logística de distribuição de cargas, elencando o quanto uma cidade é mais propensa para redução a nível de distância, custo e tempo e se destacando o fato de que rota considerada ótima deve percorrer as cidades somente 1 (uma) vez e terminar a distribuição onde foi iniciada.

O julgamento dos especialistas é realizado em escala qualitativa. Posteriormente, suas respostas são convertidas em dados, empregando-se uma escala quantitativa. Por lógica é consolidada em uma matriz de julgamentos e a medição dos julgamentos é feita utilizando uma escala numérica, que varia de 1 a 9. Para cada critério considerado, os subcritérios apresentados devem ser submetidos a uma comparação com as demais, em que “pesos” relativos de cada um deles deverão ser declarados por “*experts*”, abalizados em juízos de valor, e submetidas à verificação de consistência lógica.

O quadro a seguir demonstra como é utilizada essa hierarquia:

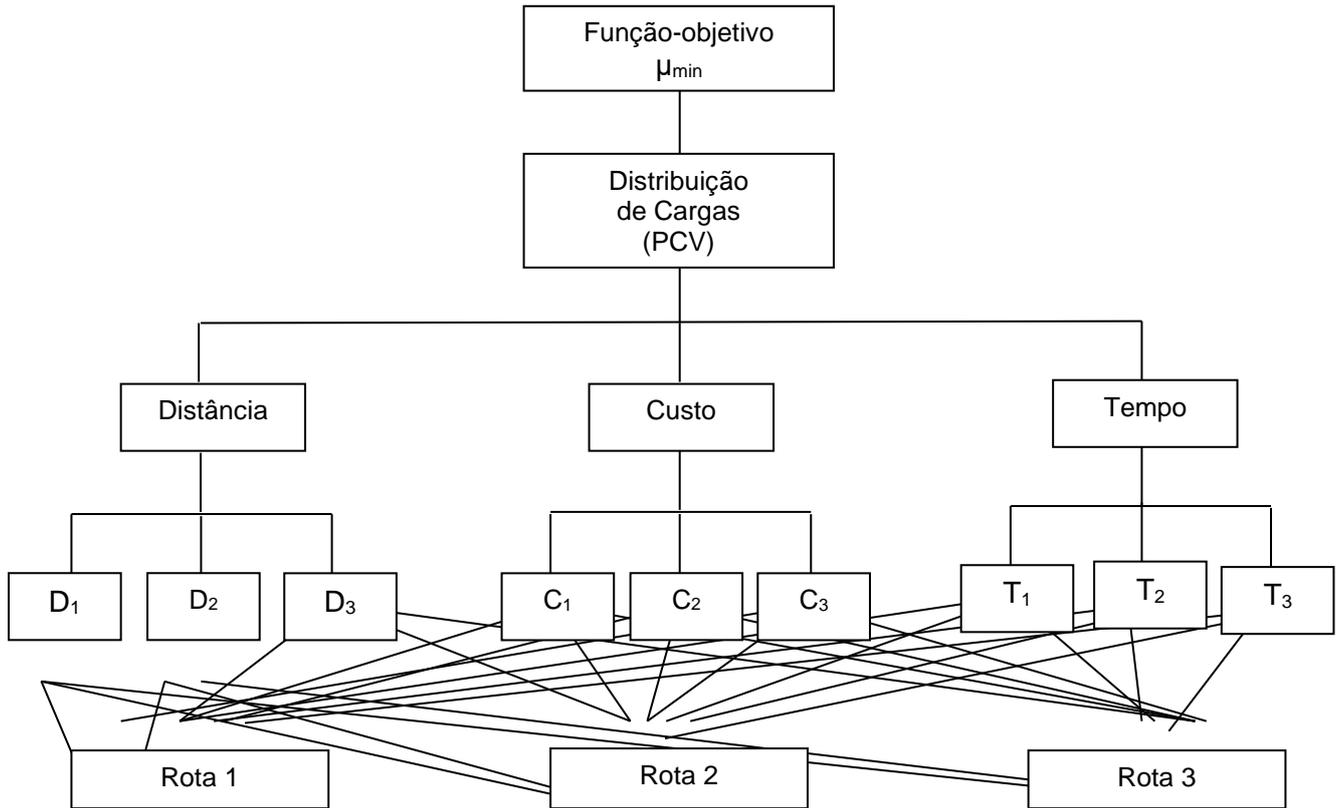
Quadro 3: Escala de Saaty

Intensidade de importância	Escala verbal	Explicação
1	Alternativas iguais	As duas alternativas contribuem igualmente
3	Uma é pouco melhor que a outra	O julgamento favorece levemente uma atividade em relação à outra
5	Uma é melhor que a outra	O julgamento favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Uma é muito melhor que a outra	O julgamento favorece mais fortemente uma atividade em relação à outra
9	Uma importância absoluta melhor que a outra	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições

Fonte: Saaty, 1991

Para o experimento, uma representação será estruturada hierarquicamente conforme ilustra a figura a seguir:

Figura 10: Estrutura Hierárquica AHP

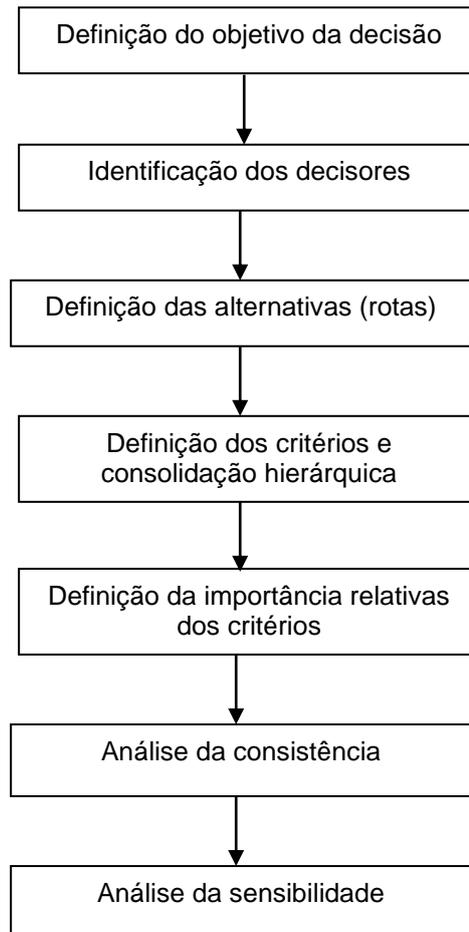


Fonte: Elaboração própria

Na figura 10, a estrutura é definida considerando os critérios (variáveis) que impactam na resolução e, conseqüentemente, serão analisados na função-objetivo para o problema do caixeiro viajante. O critério de mais alto nível é decomposto em níveis mais detalhados.

Em relação à metodologia para definição do método, tem-se:

Figura 11: Modelo matemático adotado para desenvolvimento da análise hierárquica



Fonte: Adaptado de Vieira (2006)

A metodologia está fundamentada no problema do caixeiro viajante, que busca dentre todas as alternativas a rota ótima. Importante destacar as análises de consistência e sensibilidade, visto que a primeira pode ser definida como a consistência do julgamento do decisor, enquanto que a segunda verifica se o modelo criado para o problema é condizente com a realidade (esta análise é importante porque contribui para a compreensão da abrangência e limitações do problema por parte do decisor).

Os resultados serão comentados no próximo capítulo.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo apresenta-se a compilação dos resultados obtidos através do uso do algoritmo multicritério e da ferramenta AHP/*FUZZY* para auxílio à tomada de decisão. É oportuno salientar que ambas as metodologias utilizaram lógica *fuzzy* em sua estruturação, gerando, assim, oportunidades para que critérios subjetivos fossem contemplados, refletindo ainda mais a realidade logística.

O que se busca através das 2 (duas) metodologias é compará-las em um primeiro momento. Logo após, selecionar a que melhor evidencia a distribuição de cargas e, ao mesmo tempo, gera um resultado mais eficaz em termos tempo, custo e distância para o problema do caixeiro viajante (PCV). A base de cálculo estruturada é encontrada no apêndice.

### 6.1 Resultados

#### 6.1.1 Determinação rota ótima – Algoritmo multicritério

Foram consideradas como *inputas* variáveis *fuzzy* de tempo, custo e distância, suportada pela formulação matemática de Dantzig, Fulkerson-Johnson para obtenção do resultado.

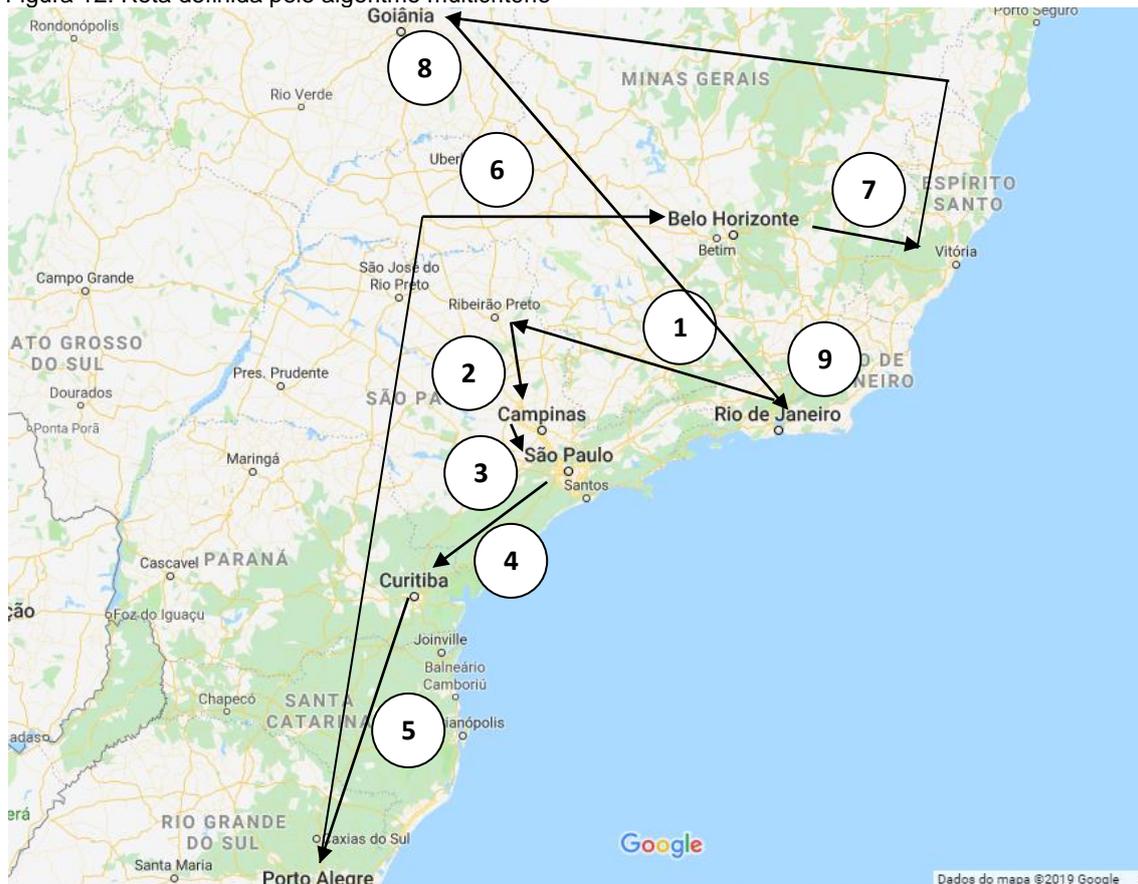
Foi selecionada 1 (uma) estrada para cada de/para distinto (origem-destino).

Para a seleção do ponto de partida da rota, considerou-se cada possibilidade de rota partindo e chegando ao Rio de Janeiro, obedecendo, assim, o PCV. Cabe ressaltar que qualquer uma das 9 (nove) cidades poderiam ser consideradas para o *input*.

O custo, tempo e a distância foram considerados como critérios com o mesmo peso. A base de cálculo encontra-se no Apêndice 2.

A rota ótima encontrada pelo algoritmo multicritério é apresentada a seguir:

Figura 12: Rota definida pelo algoritmo multicritério



Fonte: Elaboração própria a partir de mapa do Google

Onde foram definidos os seguintes percursos:

- Rio de Janeiro/Ribeirão Preto - BR-116 e BR-050
- Ribeirão Preto/Campinas - BR-262
- Campinas/São Paulo - Rodovia dos Bandeirantes e BR-050
- São Paulo/Curitiba - BR-116
- Curitiba/Porto Alegre - BR-267e BR-374
- Porto Alegre/Belo Horizonte - BR-381e BR-101
- Belo Horizonte/Vitória - BR-259 e BR-381
- Vitória/Goiânia - BR-040
- Goiânia/Rio de Janeiro - BR-364

Com as seguintes avaliações de tempo e custos:

Tabela 4: Avaliação de tempo e custo - multicritério

<b>TEMPO (em minutos)</b>	<b>CUSTO MÍNIMO</b>	<b>CUSTO MÁXIMO</b>
<b>5.426</b>	<b>R\$208.173,19</b>	<b>R\$ 260.216,49</b>

Fonte: Elaboração própria

Ao ser aplicado o algoritmo multicritério *fuzzy*, a distribuição levou 5.426 minutos para ser realizada, o que representa 90 horas de transporte ou 4 dias.

Diante dos resultados apresentados tem-se uma necessidade de avaliar se existe alguma outra possibilidade para otimizar o processo de distribuição de cargas.

#### 6.1.2 Determinação rota ótima - AHP/FUZZY

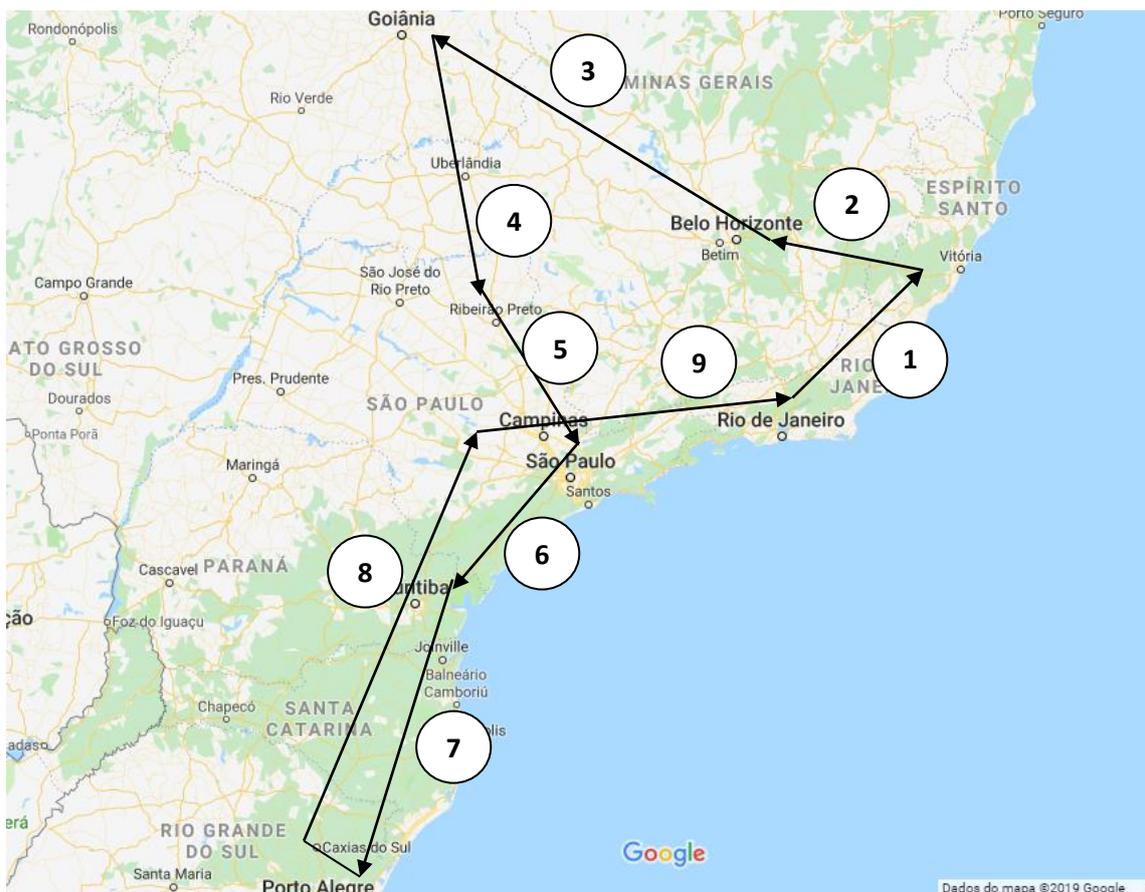
Para determinação do caminho ótimo, foram consideradas as rotas como alternativas. Primeiro foi feita uma seleção da melhor opção dentre as possibilidades disponíveis de/para, ficando assim com 1 (uma) estrada para cada de/para distinto (origem-destino). Um fato importante é que os *experts* (decisores) são professores e estudiosos no assunto.

Considerou-se cada possibilidade de rota partindo e chegando no Rio de Janeiro como uma alternativa, gerando assim, 40.320 possibilidades. A base de cálculo encontra-se no Apêndice 2.

O custo, tempo e a distância foram considerados como critérios com o mesmo peso.

A rota ótima encontrada é apresentada abaixo:

Figura 13: Rota definida pela AHP/ FUZZY



Fonte: Elaboração própria a partir de mapa do Google

Onde foram definidos os seguintes percursos:

- RJ/Vitória -BR-393
- Vitória/Belo Horizonte -BR-262
- Belo Horizonte/Goiânia -BR-040
- Goiânia/Ribeirão Preto -BR-050 e BR-153
- Ribeirão Preto/São Paulo -Rodovia dos Bandeirantes e BR-050
- São Paulo/Curitiba -BR-116
- Curitiba/Porto Alegre -BR-267 e Rod. Eng. Ângelo Lopes
- Porto Alegre/Campinas-BR-116 e BR-101
- Campinas/RJ-BR-116

Com as seguintes avaliações de tempo e custos:

Tabela 5: Avaliação de tempo e custo – multicritério AHP/fuzzy

TEMPO (em minutos)	CUSTO MÍNIMO	CUSTO MÁXIMO
4.128	R\$ 160.190,08	R\$ 197.989,45

Ao ser aplicado o algoritmo multicritério AHP/fuzzy, a distribuição levou 4.128 minutos pra ser realizada, o que representa 69 horas de transporte ou 3 dias.

Os resultados obtidos conseguiram gerar uma eficiência significativa para a o processo.

## 6.2 Discussões

Diante do exposto apresentado pelos 2 (dois) métodos e objetivando gerar maior realidade ao problema, são trazidas algumas reflexões:

- O que se busca?
- Como se busca?
- Qual a contribuição científica?

Os questionamentos acima estão relacionados ao que é apresentado nas hipóteses do problema (capítulo 2), ou seja:

- Gerar uma distribuição de cargas eficaz que atenda ao problema do caixeiro viajante (PCV).
- Suportado por 2 (duas) metodologias para auxílio à tomada de decisão.

Tanto no algoritmo multicritério quanto em AHP/ Fuzzy a rota considerada ótima foi encontrada, porém para uma análise mais crítica sobre os resultados, o que se discute é: qual das metodologias encontradas se apresentou mais eficaz?

Em um primeiro momento e sob um olhar mais “prático”, pode-se observar que ambas geraram um resultado condizente com as restrições e características do problema.

Porém o escalonamento da viabilidade para distribuição de uma cidade em relação à outra traz uma reflexão de níveis de prioridade e eficiência do processo para obtenção

de um resultado mais eficaz, mais detalhado e aderente às complexidades que o transporte rodoviário apresenta no país – o quanto é mais viável em termos de distância, tempo e custo distribuir a carga em uma cidade do que em outra.

Comparação dos tempos de distribuição e custos de transporte:

- Sobre o tempo: redução de 24% ao ser utilizado o método AHP/fuzzy na distribuição.

Tabela 6: Avaliação de tempo ao ser utilizado o método AHP/fuzzy na distribuição

<b>TEMPO (em minutos)</b>	<b>%</b>
<b>-1.298</b>	<b>24%</b>

Fonte: Elaboração própria

Redução de 22 (vinte e duas) horas no tempo de distribuição ou aproximadamente 1 (um) dia de diferença.

- Sobre os custos: redução de 23% no custo mínimo e de 24% no custo máximo ao ser utilizado o método AHP/fuzzy na distribuição.

Tabela 7: Avaliação de custo ao ser utilizado o método AHP/fuzzy na distribuição

<b>CUSTO MÍNIMO</b>	<b>%</b>
<b>- R\$ 47.983,11</b>	<b>23%</b>
<b>CUSTO MÁXIMO</b>	<b>%</b>
<b>- R\$ 62.227,04</b>	<b>24%</b>

Fonte: Elaboração própria

Isto posto, o método AHP/fuzzy foi considerado nesta tese como o método recomendado para auxílio à tomada de decisão na distribuição de cargas devido à sua redução no tempo e custos de transporte, mostrando ser o algoritmo mais eficiente para a distribuição de cargas em questão.

Não será desconsiderada a importância do algoritmo multicritério, visto que o mesmo também está suportado por uma formulação matemática aderente ao problema do caixeiro viajante (PCV), buscando minimizar tempo, custo e distância.

## 7 CONCLUSÕES, SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

A presente tese mostrou a logística como setor estratégico, como também sua contribuição para vantagem competitiva e economia do país através alguns de indicadores econômicos.

A proposta deste trabalho é a determinação de uma rota ótima através da comparação entre algoritmos desenvolvidos para a tese. Foram estruturados 2 (dois) métodos, ambos utilizando lógica *fuzzy*: um suportado por um algoritmo multicritério e outro utilizando a metodologia AHP/ *FUZZY*.

Muitas soluções seriam possíveis para resolver o problema, porém para obtenção da solução ótima era preciso atender as restrições, assim como refletir o máximo possível a realidade do transporte rodoviário.

Outro ponto de extrema importância a ser considerado numa tese é seu caráter inovador. Nesta tese buscou-se ao máximo desenvolver metodologias que gerassem resultados consistentes (validados). Esta tese gera diferencial por apresentar 2 (duas) resultados viáveis, 2 (duas) soluções ótimas para suporte à tomada de decisão; o que norteia a tomada de decisão é o grau de detalhe e complexidade que se quer dar ao resultado.

Verifica-se, em face à pesquisa realizada, que o uso do método AHP/*FUZZY* pode constituir-se em admirável instrumento balizador da tomada de decisão no processo de distribuição de cargas, modelo esse selecionado para determinação da rota ótima.

O fato de tomar decisões sempre se apresenta como difícil. Importante destacar neste contexto, porém, que nunca uma ferramenta de suporte à decisão poderá suprir o bom senso, criticidade e experiência de um decisor. O que se quer ressaltar é a contribuição para o suporte à tomada de decisão dos métodos apresentados.

Sob a ótica de flexibilidade dos modelos, esta tese não se propõe a lançar uma ferramenta que possa modelar de forma definitiva/fixa a distribuição de cargas; pelo contrário, devido às mudanças na legislação, tendências do mercado, novos estudos na área, etc. é importante elaborar novos modelos de decisão, atendendo ao novo cenário logístico.

Destaca-se como sugestão inicial, uma pesquisa a fim de comparar julgamentos de *experts* da logística em outras áreas de atuação que não a acadêmica. Outro fato relevante é intensificar os estudos para o transporte rodoviário aplicados ao método AHP/FUZZY.

Outro ponto de grande destaque seria a aplicação prática, ou seja, agregar ao processo de distribuição de cargas os algoritmos desenvolvidos e analisar qual foi o resultado em campo.

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] MAGALHÃES, Marcos Felipe de Sá. **Excelência competitiva a execução das estratégias nas empresas que visam durar**. Tese de doutorado. COPPE/UFRJ. Programa de Engenharia de Produção. 2010.

Disponível em: <<http://www.producao.ufrj.br/index.php/br/teses-e-dissertacoes/teses-e-dissertacoes/doutorado/2010/268--233/file>>.

[2] ZUCATTO, Luis Carlos; VEIGA, Cristiano Henrique Antonelli da; EVANGELISTA, Mário Luiz Santos. **Estudo comparativo entre as abordagens de supplychain management e de greensupplychain management na perspectiva da sustentabilidade**. Rio de Janeiro. 2008. Disponível em:

<[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008\\_tn\\_sto\\_088\\_562\\_11812.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_tn_sto_088_562_11812.pdf)>,

acesso em 03 de junho de 2018.

[3] WANKE, Peter. **O papel do transporte na estratégia logística**. ILOS. Instituto de Logística e Supply Chain. Rio de Janeiro. 2000. Disponível em:

<<http://www.ilos.com.br/web/o-papel-do-transporte-na-estrategia-logistica/>>, acesso

em 10 de abril de 2018.

[4] LI, Jiabin; CHEN, Xumei; XIN, Li; XIUCHENG, Guo. **Evaluation of Public Transportation Operation Based on Data Envelopment Analysis**. Procedia Social and Behavioral Sciences. China. 2013.

[5] BAUDEL, Thomas; DABLANC, Laetitia; ALGUIAR-MELGAREJO, Penelope; ASHTON, Jean. **Optimizing urban freight deliveries: from designing and testing a prototype system to addressing real life challenges**. Procedia Transport Research. França. 2016.

[6] C.A., SILVA; J.M.C., SOUSA; RUNKLER, T.; PALM, R. **Soft computing optimization methods applied to logistic processes**. International Journal of Approximate Reasoning. Alemanha. 2005.

[7] RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrósio. **Introdução aos Sistemas de Transporte no Brasil e à Logística Internacional**. 4ª Edição, revista e amplificada. ADUAN – Informações sem fronteiras. São Paulo, 2006.

[8] ALENCAR, Charliany Ferreira de; MACEDO, Emerson Raniere de; SOARES, Adeliane Marques; Souza, Fadja D`julia Cavalcanti. **Estudo de roteirização de veículos: aplicação da técnica de varredura em uma indústria de artigos de sono**. ENEGEP 2015. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_206\\_222\\_28320.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_206_222_28320.pdf). Rio de Janeiro, acesso em 20 de abril de 2019.

[9] CNT. Confederação Nacional do Transporte. **Transporte Rodoviário: desempenho do setor, infraestrutura e investimentos**. 2017. Brasília. Disponível em: [http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo\\_transporte\\_rodoviario\\_infraestrutura.pdf](http://cms.cnt.org.br/Imagens%20CNT/PDFs%20CNT/Estudos%20CNT/estudo_transporte_rodoviario_infraestrutura.pdf). Rio de Janeiro, acesso em 20 de abril de 2018.

[10] MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da Produção**. Segunda Edição. São Paulo. Editora Saraiva, 2005.

[11] BARRROS, Monica. **Desafios da logística na América Latina**. ILOS. Instituto de Logística e Supply Chain. 2015.

Disponível em: <https://www.ilos.com.br/web/desafios-da-logistica-na-america-latina/>.

[12] LIMA, Maurício. **Custo de transporte no Brasil: a conta não fecha em 2015!**  
. ILOS. Instituto de Logística e Supply Chain. 2015.

Disponível em: <<https://www.ilos.com.br/web/custo-de-transporte-no-brasil-a-conta-nao-fecha-em-2015/>>.

[13] FLEURY, Paulo. **Evolução do desempenho das ferrovias brasileiras privatizadas – 1997 a 2010 – parte 2.** ILOS. Instituto de Logística e Supply Chain. 2012.

Disponível em:<<https://www.ilos.com.br/web/evolucao-do-desempenho-das-ferrovias-brasileiras-privatizadas-1997-a-2010-parte-2/>>.

[14] CRIŞAN, Gloria Cerasela; IANTOVICS, Laszlo Barna; NECHITA, Elena. **Computational Intelligence for Solving Difficult Transportation Problems**  
Procedia Computer Science. Romênia. 2019.

[15] Hacizade, U.; Kaya; I. **GA Based Traveling Salesman Problem Solution and its Application to Transport Routes Optimization.** IFAC Papers on line. Turquia. 2018.

[16]LEKSAKUL, Komgrit; SMUTKUPT, Uttapol; JINTAWIWAT, Raweeroj; PHONGMOO, Suriya. **Heuristic approach for solving employee bus routes in a large-scale industrial factory.** Advanced Engineering Informatics. 2017.

[17] IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Gargalos e Demandas da Infraestrutura Rodoviária e os Investimentos do PAC: Mapeamento IPEA de Obras Rodoviárias.** 2011. Disponível em:  
<[http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td\\_1592.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1592.pdf)>.  
[Rio de Janeiro, acesso em 20 de abril de 2018.](#)

[18]BACEN, Balança Comercial do Brasil. **Indicadores Econômicos**. Rio de Janeiro, acesso em 07 de janeiro de 2018. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/pec/Indeco/Port/indeco.asp>>.

[19] MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, PORTOS E AVIAÇÃO CIVIL. **Anuário Estatístico de Transportes 2010-2016**.<[http://www.transportes.gov.br/images/2017/Sum%C3%A1rio\\_Executivo\\_AET\\_-\\_2010\\_-\\_2016.pdf](http://www.transportes.gov.br/images/2017/Sum%C3%A1rio_Executivo_AET_-_2010_-_2016.pdf)>.Brasília.2017.Acesso em 20 de abril de 2018.

[20] COPPEAD, Instituto de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração; CNT, Confederação Nacional do Transportes. **Transporte de cargas no Brasil: Ameaças e oportunidades para o desenvolvimento do país – diagnóstico e plano de ação**. 2008. Rio de Janeiro.

[21] MORIOKA, Sandra Naomi; CARVALHO, Marly Monteiro de. **Sustentabilidade e gestão de projetos: um estudo bibliométrico**. Revista Production. 2016

[22] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Segunda Edição. São Paulo. 2002. Editora Atlas.

[23] COUNCIL OF SUPPLY CHAIN MANAGEMENT PROFESSIONALS. Rio de Janeiro, acesso em 22 de abril de 2018.Disponível em: <<https://cscmp.org/>>.

[24] BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. 5ª ed. São Paulo. Editora Bookman, 2004. p. 33 e 50.

[25] JUNIOR, Carlos Alberto de Matos; NUNES, Rosângela Venâncio; ASSIS, Charles Washington Costa de; FONSECA, Rita de Cássia; ADRIANO, Nayana de Almeida; SANTOS, Greyciane Passos dos. **O papel da roteirização na redução de custos logísticos e melhoria do nível de serviço em uma empresa do segmento alimentício no Ceará.** XX Congresso Brasileiro de Custos. Uberlândia. 2013.

Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/186/186>>.

Rio de Janeiro, acesso em 25 de abril de 2019.

[26] BOWERSOX, Donald J.; COOPER, M. Bixby; CLOSS, David J. **Gestão Logística de Cadeias de Suprimentos.** São Paulo. Editora Bookman, 2002. p.43.

[27] BONENTE, Luciana Aires Imbiriba Di Maio. **Apoio à tomada de decisão em gestão de estoques: estudo de caso para a logística de abastecimento de GLP no Brasil.** Dissertação de mestrado. 2012. COPPE/UFRJ.

Disponível em:

<[http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe\\_m/LucianaAiresImbiribaDiMaioBonente.pdf](http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/LucianaAiresImbiribaDiMaioBonente.pdf)>.

Rio de Janeiro, acesso em 29 de abril de 2019.

[28] BECK, Tais; ANZANELLO, Michel José. **Análise da gestão de estoques utilizando simulação de Monte Carlo.** LUME – Repositório Digital. UFRGS. 2014.

Disponível em:

<<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/103735/000937165.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[29] LIMA, Fernando Rodrigues; COSENZA, Carlos Alberto Nunes; NEVES, César das. **Modelos de Localização em Engenharia Urbana**. Simpósio de Pós-Graduação em Engenharia Urbana. 2009. Maringá.

Disponível em:

<[http://www.dec.uem.br/eventos/ii\\_simpgeu/arquivos/Trabalhos/131.pdf](http://www.dec.uem.br/eventos/ii_simpgeu/arquivos/Trabalhos/131.pdf)>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[30] PEREIRA, Ruan Carlos; BARROS, Carlos Frederico O. **Modelo de localização hierárquica para usinas de pirólise**. ENEGEP. 2014.

Disponível em:<[http://www.klam.com.br/labrisk/arquivos/modelo\\_1.pdf](http://www.klam.com.br/labrisk/arquivos/modelo_1.pdf)>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[31] PEREIRA, Ruan Carlos; BARROS, Carlos Frederico O; PEREIRA, Valdecy. **Aplicação e análise do modelo fuzzy hierárquico COPPE-COSENZA em uma decisão de localização**. ENGEVISTA. ESCOLA DE ENGENHARIA UFF. 2018.

Disponível em: <<http://www.engenharia.uff.br/files/docs/Engevista20x01/06.pdf>>.

Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[32] SANTOS, Monique da Silva dos; ARANDA, Donato Alexandre Gomes; COSENZA, Carlos Alberto Nunes. **Avaliação da localização de usinas de biodiesel com o uso de lógica fuzzy**. 6º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel. Volume 2. Anais – artigos científicos. 2016. Rio Grande do Norte.

Disponível em: <<https://ubrabio.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Livro-2-OFICIAL-Extrato-155-156.pdf>>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[33] MOURA, Luis Claudio Bernardo; COSENZA, Harvey José Santos Ribeiro. **Método fuzzy para determinação e mensuração da avaliação da confiabilidade dos consultores no desempenho da implementação dos sistemas de gerenciamento da cadeia de suprimento no município do rio de janeiro. Simpósio de excelência em gestão e tecnologia.** SEGET. 2016.

Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/632431.pdf>>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[34] Niño, Laura Marina Valencia. **Interface para um sistema de apoio a decisão de termos internacionais comerciais – incoterms® 2010 nas operações de comércio exterior utilizando lógica difusa.** Tese de doutorado. COPPE/UFRJ. 2015.

Disponível em:

<<http://www.producao.ufrj.br/index.php/br/teses-e-dissertacoes/teses-e-dissertacoes/doutorado/2015-1/137--126/file>>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[35] SIQUEIRA, Paulo Henrique. **Uma nova abordagem na resolução do problema do caixeiro viajante.** Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná. 2005.

Disponível

em:<[http://www.exatas.ufpr.br/portal/docs\\_degraf/paulo/paulohsTese.pdf](http://www.exatas.ufpr.br/portal/docs_degraf/paulo/paulohsTese.pdf)>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[36] OLIVEIRA, André Filipe Maurício de Araújo. **Extensões do Problema do Caixeiro Viajante.** Dissertação de Mestrado. Departamento de Matemática. Universidade de Coimbra. 2015.

Disponível em:<[https://eg.uc.pt/bitstream/10316/31684/1/Tese\\_AndreOliveira.pdf](https://eg.uc.pt/bitstream/10316/31684/1/Tese_AndreOliveira.pdf)>.

Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[37] PEDRO, Odivaney Ramos. **Uma abordagem de Busca Tabu para o Problema do Caixeiro Viajante com Coleta de Prêmios**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais.2013.

Disponível em:<<https://www.ppgge.ufmg.br/defesas/962M.PDF>>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[38]BOAVENTURA NETTO, Paulo Oswaldo. **Grafos – Teoria, Modelos, Algoritmos**. São Paulo. Editora Edgard Blucher, 2006.

[39] CALHEIROS, Zailton Sachas Amorim. **O problema do caixeiro viajante com passageiros**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2017.

[40] CONTE, Nelson. **O problema do caixeiro viajante – teoria e aplicações**. Dissertação de mestrado. Instituto de Matemática. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2002.

Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/118198>>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[41] MELO, Gildson Soares de Melo. **Introdução à teoria dos grafos**. Dissertação de mestrado. Departamento de matemática. Universidade Federal da Paraíba. 2014.

[42] CORMEN, Thomas H.; LEISERSON, Charles E.; RIVEST, Ronald L.; STEIN, Clifford. **Algoritmos – Teoria e Prática**. Tradução da segunda edição americana. São Paulo. Editora Elsevier, 2002. p.03, 04, 417, 773, 774.

[43] SOTO, Andrea Rosario Pari. **Algoritmos aproximados para o problema do Caixeiro Viajante**. Tese de doutorado. Engenharia de Sistemas e Computação. UFRJ. 1999.

Disponível em: <<https://www.cos.ufrj.br/uploadfile/publicacao/775.pdf>>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[44] DORIA, F.A. “**El Aleph, or a Monster Lurks in the Belly of Computer Science**,” in S.Wuppuluri e F. A. Doria, eds., *The Map and the Territory*, Springer (2018).

[45] VLIEGER, Maira Tanise de. **Desenvolvimento de um modelo matemático aplicado ao problema de cobertura de área em redes sem fio**. Dissertação de mestrado. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

[46] MORAES, Anderson Judio. **Meta-heurísticas para o problema de empacotamento 2D e 3D**. Instituto de Matemática e Estatística. UERJ. Rio de Janeiro. 2017.

[47] PORTO, Maria Alice Guedes; BANDEIRA, Anselmo Alves. **O processo decisório nas organizações**. XIII SIMPEP. Bauru. 2006.

Disponível

em:<[http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/980.pdf](http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/980.pdf)>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[48] BEKMAN, O. R. e NETO, P.L.O.C. **Análise Estatística da Decisão**. 2ª ed. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

[49] OLIVEIRA, D de P. R. de. **Sistemas de informações gerenciais: estratégicas, táticas e operacionais**. 9 ed São Paulo: Atlas, 2004.

[50] CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003. 630 p.

[51] CHIAVENATO, Idalberto. **Comportamento organizacional: a dinâmica do sucesso das organizações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 539 p.

[53] PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva – Técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 18ª Edição. São Paulo-SP: Campus, 1986.

[54] MORITZ, G. de O.; PEREIRA, M. F. P. **Processo decisório**. Florianópolis: SEAD/UFSC, 2006.

[55] CHIAVENATO, Idalberto. **Administração nos novos tempos**. 2 ed, Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

[56] PENIWATI, K., 2006. **Criteria for evaluating group decision-making methods** , Mathematical and Computer Modelling, Vol. 46, pp. 935-947.

[57] WIERZBICKI, A.1997. **On the role of intuition in decision-making and some ways of multicriteria aid of intuition** , Journal of Multi-Criteria Decisions Analysis, Vol.6, pp. 65-76.

[58] PRÉVE, Altamiro Damian; MORITZ, Gilberto de Oliveira; PEREIRA, Maurício Fernandes. **Organização, Processos e Tomada de Decisão**. Ministério da Educação. MEC. 2010.

[59] TURING, A.M. **On computable numbers, with an application to the entscheidungsproblem**. 1936.

Disponível em:<[https://www.cs.virginia.edu/~robins/Turing\\_Paper\\_1936.pdf](https://www.cs.virginia.edu/~robins/Turing_Paper_1936.pdf)>. Rio de Janeiro, acesso em 26 de abril de 2019.

[60] PUGA, Sandra; Rissetti, Gerson. **Lógica de programação e estrutura de dados**. Editora Prentice Hall. 2008.

[61] FORBELLONE, André Luiz Villar; EBERSPÄCHER, Henri Frederico. **Lógica de Programação - A construção de algoritmos e estrutura de dados**. 3ª edição. São Paulo.2005. Editora Pearson Prentice Hall.

[62] CAVALCANTE, Gustavo Araújo. **Otimização de modelos de predição da perda de propagação aplicáveis em 3,5 ghz utilizando algoritmos genéticos**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.2010.

[63] ROSA, Thatiane de Oliveira; LUZ, Hellen. **Conceitos básicos de algoritmos. Teoria e Prática**.

[64] BRAGA, EDGAR AUGUSTO SILVA. **Modelagem e otimização do problema docaixeiro viajante com restrições de tempo, distância e confiabilidade via algoritmos genéticos**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. 2007.

Disponível

em:<[https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5672/1/arquivo7291\\_1.pdf](https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/5672/1/arquivo7291_1.pdf)>.

[65] ZAMBRANO, Maria Elizabeth Vizhñay. **UMA PROPOSTA DE ROTEAMENTO EM REDES UTILIZANDO ALGORITMOS GENÉTICOS**. Dissertação de mestrado. UFRJ. 2007.

[66] TAVORA, Rogerio Carvalho Mendes; LEONI, Roberto Campos. **O uso da colônia de formigas no problema de visitação da AMAN**. SEGET 2013.

Disponível em:<<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos13/52718625.pdf>> .

[67] MARQUES, Mateus de P.; ANGÉLICO, Bruno; ABRÃO, Taufik. **Otimização Heurística por Colônia de formigas com Aplicações em Sistemas de Comunicações**. Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 35.

[68] ROSS, Timothy J. (2004) **Fuzzy Logic with Engineering applications** – 2nd ed. John Wiley & Sons.

[69] OLIVEIRA, C.A. BELDERRAIN, M.C.N. **Considerações sobre a obtenção de vetores no AHP**. Encontro Nacional de Docentes de Investigación Operativa, Posadas, Argentina, 2008.

[70] FONTANILLAS, Carlos Navarro. **Uma análise da cadeia produtiva do petróleo a partir da aplicação do método AHP/FUZZY ao modelo PESTAL sob a ótica dos experts do petróleo**. Engenharia de Produção. UFRJ. 2015.

[71] SAATY, T.L. How to Make a Decision: the Analytic Hierarchic Process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, pp. 9-26, 1990.

[72] GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[73] VERGARA, Silvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. – 6. ed. – São Paulo : Atlas, 2005.

[74] ECO, Umberto. **Como se faz uma tese**. São Paulo. Perspectiva,2005.

[75] MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª edição. 2003. São Paulo. Editora Atlas.  
Disponível:<[https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy\\_of\\_historia-i/historia-ii/china-e-india](https://docente.ifrn.edu.br/olivianeta/disciplinas/copy_of_historia-i/historia-ii/china-e-india)>. Acesso em 20 de abril de 2019.

# APÊNDICE 1

Telas do algoritmo

SRDC

Sistema de Regional de Distribuição de  
Cargas



**COPPE**  
UFRJ

**SRDC**  
SRDC

Sistema Regional de Distribuição de Cargas

Principal

IDENTIFIQUE-SE PARA TER ACESSO!

E-mail :

Senha :



[Esqueci minha senha](#)



**COPPE**  
UFRJ

**SRDC**  
SRDC

Sistema Regional de Distribuição de Cargas

Principal [Mudar senha](#) [Sair](#) izabel está conectado

 Melhor Rota

 Fluxograma

 Rotas por capitais

 Melhores rotas

 Melhor Estrada

 Usuários

## APÊNDICE 2

### BASE DE CÁLCULOS



DE	PARA	CAMINHO	Distância Máxima (km/h para veículos pesados)	DISTÂNCIA - CONVERSÃO EM MINUTOS	TEMPO EM MINUTOS	Velocidade Virtual	Distância Virtual (km)	Custo	
								mínima e máxima	custo mínimo
RJ	SP	BR-116	417,60	25760,00	322,00	64-80	20608-25760	R\$ 12.353,81	R\$ 15.442,26
							48-64	R\$ 9.265,36	R\$ 12.353,81
							32-48	R\$ 6.176,90	R\$ 9.265,36
							0-32	R\$ -	R\$ 6.176,90
RJ	Campinas	BR-116	437,60	27760,00	347,00	64-80	22208-27760	R\$ 13.312,96	R\$ 16.641,19
							48-64	R\$ 9.984,72	R\$ 13.312,96
							32-48	R\$ 6.654,68	R\$ 9.984,72
							0-32	R\$ -	R\$ 6.656,48
RJ	Campinas	Pres. Dutra e BR-116	493,60	30160,00	377,00	64-80	24128-30160	R\$ 14.463,93	R\$ 18.079,91
							48-64	R\$ 10.847,95	R\$ 14.463,93
							32-48	R\$ 7.231,97	R\$ 10.847,95
							0-32	R\$ -	R\$ 7.231,97
RJ	Campinas	BR-116 e BR- 381	560,00	33600,00	420,00	64-80	26880-33600	R\$ 16.113,66	R\$ 20.142,08
							48-64	R\$ 12.085,25	R\$ 16.113,66
							32-48	R\$ 8.056,83	R\$ 12.085,25
							0-32	R\$ -	R\$ 8.056,83
RJ	Vitória	BR-101	562,40	33840,00	423,00	64-80	27072-33840	R\$ 16.228,76	R\$ 20.285,95
							48-64	R\$ 12.171,57	R\$ 16.228,76
							32-48	R\$ 8.114,38	R\$ 12.171,57
							0-32	R\$ -	R\$ 8.114,38
RJ	Vitória	BR-393	596,00	33636,00	420,45	64-80	26909-33636	R\$ 17.929,45	R\$ 20.163,66
							48-64	R\$ 12.098,44	R\$ 16.131,05
							32-48	R\$ 8.065,22	R\$ 12.098,44
							0-32	R\$ -	R\$ 8.065,22
RJ	Vitória	-	601,60	37760,00	472,00	64-80	30208-37760	R\$ 18.108,69	R\$ 22.635,86
							48-64	R\$ 13.581,52	R\$ 18.108,69
							32-48	R\$ 9.054,34	R\$ 13.581,52
							0-32	R\$ -	R\$ -

RJ	Ribeirão Preto	BR-116 e BR-050	645,60	38960,00	487,00	64-80	31168-38960	R\$ 18.684,18	R\$ 23.355,22
						48-64	23376-31168	R\$ 14.013,13	R\$ 18.684,18
						32-48	15584-23376	R\$ 9.342,09	R\$ 14.013,13
						0-32	0-15584	R\$ -	R\$ 9.342,09
RJ	Ribeirão Preto	BR-116	723,20	43520,00	544,00	64-80	34816-43520	R\$ 20.871,03	R\$ 26.088,79
						48-64	26112-34816	R\$ 15.653,27	R\$ 20.871,03
						32-48	17048-26112	R\$ -	R\$ 15.653,27
						0-32	0-17408		
RJ	Ribeirão Preto	-	722,40	43440,00	543,00	64-80	34752-43440	R\$ 20.832,67	R\$ 26.040,83
						48-64	26064-34752	R\$ 15.624,50	R\$ 20.832,67
						32-48	17376-26064	R\$ 10.416,33	R\$ 15.624,50
						0-32	0-17376	R\$ -	R\$ 10.416,33
RJ	Belo Horizonte	BR-040	439,20	27920,00	349,00	64-80	22336-27920	R\$ 13.389,69	R\$ 16.737,11
						48-64	16752-22336	R\$ 10.042,27	R\$ 13.389,69
						32-48	11168-16752	R\$ 6.694,84	R\$ 10.042,27
						0-32	0-11168	R\$ -	R\$ 6.694,84
RJ	Belo Horizonte	-	592,80	36880,00	461,00	64-80	29504-36880	R\$ 17.686,66	R\$ 22.108,33
						48-64	22128-29504	R\$ 13.265,00	R\$ 17.686,66
						32-48	14752-22128	R\$ 8.843,33	R\$ 13.265,00
						0-32	0-14752	R\$ -	R\$ 8.843,33
RJ	Belo Horizonte	-	640,00	38400,00	480,00	64-80	30720-38400	R\$ 18.415,62	R\$ 23.019,52
						48-64	23040-30720	R\$ 13.811,71	R\$ 18.415,62
						32-48	15360-23040	R\$ 9.207,81	R\$ 13.811,71
						0-32	0-15360	R\$ -	R\$ 9.207,81
RJ	Porto Alegre	BR-116 e BR-101	1472,00	86720,00	1084,00	64-80	69376-86720	R\$ 41.588,60	R\$ 51.985,75
						48-64	52032-69376	R\$ 31.191,45	R\$ 41.588,60
						32-48	34688-52032	R\$ 20.794,30	R\$ 31.191,45
						0-32	0-34688	R\$ -	R\$ 20.794,30

RJ	Curitiba	BR-116	824,00	48240,00	603,00	64-80	38592-48240	R\$ 23.134,62	R\$ 28.918,27
						48-64	28944-38592	R\$ 17.350,96	R\$ 23.134,62
						32-48	19296-28944	R\$ 11.567,31	R\$ 17.350,96
						0-32	0-19296	R\$ -	R\$ 11.567,31
RJ	Curitiba	BR-116 e BR-116	1001,60	61760,00	772,00	64-80	49408-61760	R\$ 29.618,45	R\$ 37.023,06
		estava assim mesmo				48-64	37056-49408	R\$ 22.213,84	R\$ 29.618,45
						32-48	24704-37056	R\$ 14.809,22	R\$ 22.213,84
						0-32	0-24704	R\$ -	R\$ 14.809,22
RJ	Goiânia	BR-364	1201,60	72160,00	902,00	64-80	57728-72160	R\$ 34.606,01	R\$ 43.257,51
						48-64	43296-57728	R\$ 25.954,51	R\$ 34.606,01
						32-48	28864-43296	R\$ 17.303,01	R\$ 25.954,51
						0-32	0-28864	R\$ -	R\$ 17.303,01
RJ	Goiânia	BR-040	1207,20	72720,00	909,00	64-80	58176-72720	R\$ 34.874,57	R\$ 43.593,22
						48-64	43632-58176	R\$ 26.155,93	R\$ 34.874,57
						32-48	29088-43632	R\$ 17.437,29	R\$ 26.155,93
						0-32	0-29088	R\$ -	R\$ 17.437,29
RJ	Goiânia	BR-050	1226,40	74640,00	933,00	64-80	59712-74640	R\$ 35.795,35	R\$ 44.744,19
						48-64	44784-59712	R\$ 26.846,52	R\$ 35.795,35
						32-48	29856-44784	R\$ 17.897,68	R\$ 26.846,52
						0-32	0-29856	R\$ -	R\$ 17.897,68
SP	RJ	BR-116	469,80	28980,00	322,00	72-90	23184-28980	R\$ 13.898,04	R\$ 17.372,54
						54-72	17388-23184	R\$ 10.423,53	R\$ 13.898,04
						36-54	11592-17388	R\$ 6.949,02	R\$ 10.423,53
						0-36	0-11592	R\$ -	R\$ 6.949,02
SP	Campinas	Rodovia dos Bandeirantes e BR-050	96,80	6480,00	81,00	64-80	5184-6480	R\$ 3.107,64	R\$ 3.884,54
						48-64	3888-5184	R\$ 2.330,73	R\$ 3.107,64
						32-48	2592-3888	R\$ 1.553,82	R\$ 2.330,73
						0-32	0-2592	R\$ -	R\$ 1.553,82
SP	Campinas	-	106,40	7440,00	93,00	64-80	5952-7440	R\$ 3.568,03	R\$ 4.460,03

						48-64	4464-5952	R\$	2.676,02	R\$	3.568,03
						32-48	2976-4464	R\$	1.784,01	R\$	2.676,02
						0-32	0-2976	R\$	-	R\$	1.784,01
SP	Campinas	-	116,80	8480,00	106,00	64-80	6784-8480	R\$	4.066,78	R\$	5.083,48
						48-64	5088-6784	R\$	3.050,09	R\$	4.066,78
						32-48	3392-5088	R\$	2.033,39	R\$	3.050,09
						0-32	0-3392	R\$	-	R\$	2.033,39
SP	Vitória	BR-116 e BR-101	904,80	55280,00	691,00	64-80	44224-55280	R\$	26.510,81	R\$	33.138,52
						48-64	33168-44224	R\$	19.883,11	R\$	26.510,81
						32-48	22112-33168	R\$	13.255,41	R\$	19.883,11
						0-32	0-22112	R\$	-	R\$	13.255,41
SP	Ribeirão Preto	Rodovia dos Bandeirantes e BR-050	272,00	14720,00	184,00	64-80	11776-14720	R\$	7.059,32	R\$	8.824,15
						48-64	8832-11776	R\$	5.294,49	R\$	7.059,32
						32-48	5888-7732	R\$	3.529,66	R\$	4.635,08
						0-32	0-5888	R\$	-	R\$	3.529,66
SP	Ribeirão Preto	BR-364	272,80	17680,00	221,00	64-80	14144-17680	R\$	8.478,86	R\$	10.598,57
						48-64	10608-14144	R\$	6.359,14	R\$	8.478,86
						32-48	7072-10608	R\$	4.239,43	R\$	6.359,14
						0-32	0-7072	R\$	-	R\$	4.239,43
SP	Ribeirão Preto	BR-050	324,80	19680,00	246,00	64-80	15744-19680	R\$	9.438,00	R\$	11.797,50
						48-64	11808-15744	R\$	7.078,50	R\$	9.438,00
						32-48	7872-11808	R\$	4.719,00	R\$	7.078,50
						0-32	0-7872	R\$	-	R\$	4.719,00
SP	Belo Horizonte	BR-381	525,60	33360,00	417,00	64-80	26688-33360	R\$	15.998,57	R\$	19.998,21
						48-64	20016-26688	R\$	11.998,92	R\$	15.998,57
						32-48	13344-20016	R\$	7.999,28	R\$	11.998,92
						0-32	0-13344	R\$	-	R\$	7.999,28

SP	Belo Horizonte	SP-070 e BR-381	662,40	40640,00	508,00	64-80	32512-40640	R\$ 19.489,86	R\$ 24.362,33
						48-64	24384-32512	R\$ 14.617,40	R\$ 19.489,86
						32-48	16256-24384	R\$ 9.744,93	R\$ 14.617,40
						0-32	0-16256	R\$ -	R\$ 9.744,93
SP	Belo Horizonte	Rod. Dos Bandeirantes e BR-381	669,60	41360,00	517,00	64-80	33088-41360	R\$ 19.835,15	R\$ 24.793,94
						48-64	24816-33088	R\$ 14.876,36	R\$ 19.835,15
						32-48	16544-24816	R\$ 9.917,58	R\$ 14.876,36
						0-32	0-16544	R\$ -	R\$ 9.917,58
SP	Porto Alegre	BR-116 e BR-101	1066,40	65040,00	813,00	64-80	52032-65040	R\$ 31.191,45	R\$ 38.989,31
						48-64	39024-52032	R\$ 23.393,59	R\$ 31.191,45
						32-48	26016-39024	R\$ 15.595,72	R\$ 23.393,59
						0-32	0-26016	R\$ -	R\$ 15.595,72
SP	Porto Alegre	BR-101	1287,20	77520,00	969,00	64-80	62016-77520	R\$ 37.176,52	R\$ 46.470,66
						48-64	46512-62016	R\$ 27.882,39	R\$ 37.176,52
						32-48	31008-46512	R\$ 18.588,26	R\$ 27.882,39
						0-32	0-31008	R\$ -	R\$ 18.588,26
SP	Curitiba	BR-116	421,60	26160,00	327,00	64-80	20928-26160	R\$ 12.545,64	R\$ 15.682,05
						48-64	15696-20928	R\$ 9.409,23	R\$ 12.545,64
						32-48	10464-15696	R\$ 6.272,82	R\$ 9.409,23
						0-32	0-10464	R\$ -	R\$ 6.272,82
SP	Curitiba	BR-478 e BR-116	508,00	31600,00	395,00	64-80	25280-31600	R\$ 15.154,52	R\$ 18.943,15
						48-64	18960-25280	R\$ 11.365,89	R\$ 15.154,52
						32-48	12640-18960	R\$ 7.577,26	R\$ 11.365,89
						0-32	0-12640	R\$ -	R\$ 7.577,26
SP	Curitiba	-	584,80	36080,00	451,00	64-80	28864-36080	R\$ 17.303,01	R\$ 21.628,76
						48-64	21648-28864	R\$ 12.977,25	R\$ 17.303,01
						32-48	14432-21648	R\$ 8.651,50	R\$ 12.977,25
						0-32	0-14432	R\$ -	R\$ 8.651,50
SP	Goiânia	BR-364 e BR-153	831,20	51120,00	639,00	64-80	40896-51120	R\$ 24.515,79	R\$ 30.644,74

						48-64	30672-40896	R\$	18.386,84	R\$	24.515,79
						32-48	20448-30672	R\$	12.257,89	R\$	18.386,84
						0-32	0-20448	R\$	-	R\$	12.257,89
SP	Goiânia	BR-050	833,60	51360,00	642,00	64-80	41088-51360	R\$	24.630,89	R\$	30.788,61
						48-64	30816-41088	R\$	18.473,16	R\$	24.630,89
						32-48	20544-30816	R\$	12.315,44	R\$	18.473,16
						0-32	0-20544	R\$	-	R\$	12.315,44
SP	Goiânia	BR-153	882,40	53040,00	663,00	64-80	42432-53040	R\$	25.436,57	R\$	31.795,71
						48-64	31824-42432	R\$	19.077,43	R\$	25.436,57
						32-48	21216-31824	R\$	12.718,28	R\$	19.077,43
						0-32	0-21216	R\$	-	R\$	12.718,28
Vitória	RJ	BR-101	562,40	45040,00	563,00	64-80	36032-45040	R\$	21.599,98	R\$	26.999,98
						48-64	27024-36032	R\$	16.199,99	R\$	21.599,98
						32-48	18016-27024	R\$	10.799,99	R\$	16.199,99
						0-32	0-18016	R\$	-	R\$	10.799,99
Vitória	RJ	BR-393	596,00	37200,00	465,00	64-80	29760-37200	R\$	17.840,13	R\$	22.300,16
						48-64	22320-29760	R\$	13.380,10	R\$	17.840,13
						32-48	14880-22320	R\$	8.920,06	R\$	13.380,10
						0-32	0-14880	R\$	-	R\$	8.920,06
Vitória	RJ	-	601,60	37760,00	472,00	64-80	30208-37760	R\$	18.108,69	R\$	22.635,86
						48-64	22656-30208	R\$	13.581,52	R\$	18.108,69
						32-48	15104-22656	R\$	9.054,34	R\$	13.581,52
						0-32	0-15104	R\$	-	R\$	9.054,34
Vitória	SP	BR-116 e BR-101	904,80	55280,00	691,00	64-80	44224-55280	R\$	26.510,81	R\$	33.138,52
						48-64	33168-44224	R\$	19.883,11	R\$	26.510,81
						32-48	22112-33168	R\$	13.255,41	R\$	19.883,11
						0-32	0-22112	R\$	-	R\$	13.255,41
Vitória	Campinas	BR-101 e BR-116	924,80	57280,00	716,00	64-80	45824-57280	R\$	27.469,96	R\$	34.337,45
						48-64	34368-45824	R\$	20.602,47	R\$	27.469,96
						32-48	22912-34368	R\$	13.734,98	R\$	20.602,47
						0-32	0-22912	R\$	-	R\$	13.734,98
Vitória	Campinas	BR-267	1247,20	76720,00	959,00	64-80	61376-76720	R\$	36.792,87	R\$	45.991,08
						48-64	46032-61376	R\$	27.594,65	R\$	36.792,87

						32-48	30688-46032	R\$	18.396,43	R\$	27.594,65
						0-32	0-30688	R\$	-	R\$	18.396,43
Vitória	Ribeirão Preto	BR-262 e MG-050	1076,00	66000,00	825,00	64-80	52800-66000	R\$	31.651,84	R\$	39.564,80
						48-64	39600-52800	R\$	23.738,88	R\$	31.651,84
						32-48	26400-39600	R\$	15.825,92	R\$	23.738,88
						0-32	0-26400	R\$	-	R\$	15.825,92
Vitória	Ribeirão Preto	BR-267	1134,40	68640,00	858,00	64-80	54912-68640	R\$	32.917,91	R\$	41.147,39
						48-64	41184-54912	R\$	24.688,44	R\$	32.917,91
						32-48	27456-41184	R\$	16.458,96	R\$	24.688,44
						0-32	0-27456	R\$	-	R\$	16.458,96
Vitória	Ribeirão Preto	BR-101	1148,80	70080,00	876,00	64-80	56064-70080	R\$	33.608,50	R\$	42.010,62
						48-64	42048-56064	R\$	25.206,37	R\$	33.608,50
						32-48	28032-42048	R\$	16.804,25	R\$	25.206,37
						0-32	0-28032	R\$	-	R\$	16.804,25
Vitória	Belo Horizonte	BR-262	644,00	38800,00	485,00	64-80	31040-38800	R\$	18.607,45	R\$	23.259,31
						48-64	23280-31040	R\$	13.955,58	R\$	18.607,45
						32-48	15520-23280	R\$	9.303,72	R\$	13.955,58
						0-32	0-15520	R\$	-	R\$	9.303,72
Vitória	Belo Horizonte	BR-262/BR-381 e BR-262	659,20	40320,00	504,00	64-80	32256-40320	R\$	19.336,40	R\$	24.170,50
						48-64	24192-32256	R\$	14.502,30	R\$	19.336,40
						32-48	16128-24192	R\$	9.668,20	R\$	14.502,30
						0-32	0-16128	R\$	-	R\$	9.668,20
Vitória	Belo Horizonte	BR-259 e BR-381	746,40	45840,00	573,00	64-80	36672-45840	R\$	21.983,64	R\$	27.479,55
						48-64	27504-36672	R\$	16.487,73	R\$	21.983,64
						32-48	18336-27504	R\$	10.991,82	R\$	16.487,73
						0-32	0-18336	R\$	-	R\$	10.991,82
Vitória	Porto Alegre	BR-101	2080,00	124800,00	1560,00	64-80	99840-124800	R\$	59.850,75	R\$	74.813,44

						48-64	74880-99840	R\$	44.888,06	R\$	59.850,75
						32-48	49920-74880	R\$	29.925,38	R\$	44.888,06
						0-32	0-49920	R\$	-	R\$	29.925,38
Vitória	Curitiba	BR-101 e BR-116	1390,40	84640,00	1058,00	64-80	67712-84640	R\$	40.591,09	R\$	50.738,86
						48-64	50784-67712	R\$	30.443,32	R\$	40.591,09
						32-48	33856-50784	R\$	20.295,54	R\$	30.443,32
						0-32	0-33856	R\$	-	R\$	20.295,54
Vitória	Curitiba	BR-101	1560,80	95280,00	1191,00	64-80	76224-95280	R\$	45.693,75	R\$	57.117,18
						48-64	57168-76224	R\$	34.270,31	R\$	45.693,75
						32-48	38112-57168	R\$	22.846,87	R\$	34.270,31
						0-32	0-38112	R\$	-	R\$	22.846,87
Vitória	Goiânia	BR-040	1404,80	86080,00	1076,00	64-80	68864-86080	R\$	41.281,67	R\$	51.602,09
						48-64	51648-68864	R\$	30.960,06	R\$	41.281,67
						32-48	34432-51648	R\$	20.640,84	R\$	30.961,25
						0-32	0-34432	R\$	-	R\$	20.640,84
Vitória	Goiânia	BR-262	1452,00	87600,00	1095,00	64-80	70080-87600	R\$	42.010,62	R\$	52.513,28
						48-64	52560-70080	R\$	31.507,97	R\$	42.010,62
						32-48	35040-52560	R\$	21.005,31	R\$	31.507,97
						0-32	0-35040	R\$	-	R\$	21.005,31
Vitória	Goiânia	BR-262 e GO-139	1630,40	99040,00	1238,00	64-80	79232-99040	R\$	47.496,94	R\$	59.371,18
						48-64	59424-79232	R\$	35.622,71	R\$	47.496,94
						32-48	39616-59424	R\$	23.748,47	R\$	35.622,71
						0-32	0-39616	R\$	-	R\$	23.748,47
Campinas	RJ	BR-116	437,60	27760,00	347,00	64-80	22208-27760	R\$	13.312,96	R\$	16.641,19
						48-64	16656-22208	R\$	9.984,72	R\$	13.312,96
						32-48	11104-16656	R\$	6.656,48	R\$	9.984,72
						0-32	0-11104	R\$	-	R\$	6.656,48
Campinas	RJ	Pres. Dutra e BR-116	493,60	30160,00	377,00	64-80	24128-30160	R\$	14.463,93	R\$	18.079,91
						48-64	18096-24128	R\$	10.847,95	R\$	14.463,93
						32-48	12064-18096	R\$	7.231,97	R\$	10.847,95
						0-32	0-12064	R\$	-	R\$	7.231,97
Campinas	RJ	BR-116 e BR-381	560,80	33680,00	421,00	64-80	26944-33680	R\$	16.152,03	R\$	20.190,04



Campinas	Belo Horizonte	BR-381	518,40	32640,00	408,00	64-80	26112-32640	R\$ 15.653,27	R\$ 19.566,59
						48-64	19584-26112	R\$ 11.739,96	R\$ 15.653,27
						32-48	13056-19584	R\$ 7.826,64	R\$ 11.739,96
						0-32	0-13056	R\$ -	R\$ 7.826,64
Campinas	Belo Horizonte	MG-290 e BR-381	579,20	35520,00	444,00	64-80	28416-35520	R\$ 17.034,44	R\$ 21.293,06
						48-64	21312-28416	R\$ 12.775,83	R\$ 17.034,44
						32-48	14208-31312	R\$ 8.517,22	R\$ 18.770,50
						0-32	0-14208	R\$ -	R\$ 8.517,22
Campinas	Porto Alegre	BR-116 e BR-101	1080,00	62800,00	785,00	64-80	50240-62800	R\$ 30.117,21	R\$ 37.646,51
						48-64	37680-50240	R\$ 22.587,90	R\$ 30.117,21
						32-48	25120-37680	R\$ 15.058,60	R\$ 22.587,90
						0-32	0-25120	R\$ -	R\$ 15.058,60
Campinas	Porto Alegre	BR-116	1227,20	74720,00	934,00	64-80	59776-74720	R\$ 35.833,72	R\$ 44.792,15
						48-64	44832-59776	R\$ 26.875,29	R\$ 35.833,72
						32-48	29888-44832	R\$ 17.916,86	R\$ 26.875,29
						0-32	0-29888	R\$ -	R\$ 17.916,86
Campinas	Curitiba	BR-116	440,80	28080,00	351,00	64-80	22464-28080	R\$ 13.466,42	R\$ 16.833,02
						48-64	16848-22464	R\$ 10.099,81	R\$ 13.466,42
						32-48	11232-16848	R\$ 6.733,21	R\$ 10.099,81
						0-32	0-11232	R\$ -	R\$ 6.733,21
Campinas	Curitiba	BR-478 e BR-116	483,20	29120,00	364,00	64-80	23296-29120	R\$ 13.965,18	R\$ 17.456,47
						48-64	17472-23296	R\$ 10.473,88	R\$ 13.965,18
						32-48	11648-17472	R\$ 6.982,59	R\$ 10.473,88
						0-32	0-11648	R\$ -	R\$ 6.982,59
Campinas	Curitiba	-	585,60	36160,00	452,00	64-80	28928-36160	R\$ 17.341,37	R\$ 21.676,71
						48-64	21696-28928	R\$ 13.006,03	R\$ 17.341,37
						32-48	14464-21696	R\$ 8.670,69	R\$ 13.006,03
						0-32	0-14464	R\$ -	R\$ 8.670,69
Campinas	Goiânia	BR-364 e BR-153	742,40	45440,00	568,00	64-80	36352-45440	R\$ 21.791,81	R\$ 27.239,77

						48-64	27264-36352	R\$	16.343,86	R\$	21.791,81
						32-48	18176-27264	R\$	10.895,91	R\$	16.343,86
						0-32	0-18176	R\$	-	R\$	10.895,91
Campinas	Goiânia	BR-050	744,00	43440,00	543,00	64-80	34752-43440	R\$	20.832,67	R\$	26.040,83
						48-64	26064-34752	R\$	15.624,50	R\$	20.832,67
						32-48	17376-26064	R\$	10.416,33	R\$	15.624,50
						0-32	0-17376	R\$	-	R\$	10.416,33
Campinas	Goiânia	BR-153	761,60	47360,00	592,00	64-80	37888-47360	R\$	22.712,59	R\$	28.390,74
						48-64	28416-37888	R\$	17.034,44	R\$	22.712,59
						32-48	18944-28416	R\$	11.356,30	R\$	17.034,44
						0-32	0-18944	R\$	-	R\$	11.356,30
						64-80	31168-38960	R\$	18.684,18	R\$	23.355,22
						48-64	23376-31168	R\$	14.013,13	R\$	18.684,18
Ribeirão Preto	RJ	BR-116 e BR-050	645,60	38960,00	487,00	32-48	15584-23376	R\$	9.342,09	R\$	14.013,13
						0-32	0-15584	R\$	-	R\$	9.342,09
						64-80	34816-43520	R\$	20.871,03	R\$	26.088,79
Ribeirão Preto	RJ	BR-116	723,20	43520,00	544,00	48-64	26112-34816	R\$	15.653,27	R\$	20.871,03
						32-48	17408-26112	R\$	10.435,52	R\$	15.653,27
						0-32	0-17048	R\$	-	R\$	10.219,71
Ribeirão Preto	RJ	-	722,40	43440,00	543,00	64-80	34752-43440	R\$	20.832,67	R\$	26.040,83
						48-64	26064-34752	R\$	15.624,50	R\$	20.832,67
						32-48	17376-26064	R\$	10.416,33	R\$	15.624,50
						0-32	0-17376	R\$	-	R\$	10.416,33
Ribeirão Preto	SP	Rodovia dos Bandeirantes e BR-050	272,00	14720,00	184,00	64-80	11776-14720	R\$	7.059,32	R\$	8.824,15
						48-64	8832-11776	R\$	5.294,49	R\$	7.059,32
						32-48	5888-8832	R\$	3.529,66	R\$	5.294,49
						0-32	0-5888	R\$	-	R\$	3.529,66
Ribeirão Preto	SP	BR-364	272,80	17680,00	221,00	64-80	14144-17680	R\$	8.478,86	R\$	10.598,57
						48-64	10608-14144	R\$	6.359,14	R\$	8.478,86
						32-48	7072-10608	R\$	4.239,43	R\$	6.359,14
						0-32	0-7072	R\$	-	R\$	4.239,43
Ribeirão Preto	SP	BR-050	324,80	19680,00	246,00	64-80	15744-19680	R\$	9.438,00	R\$	11.797,50
						48-64	11808-15744	R\$	7.078,50	R\$	9.438,00
						32-48	7282-11808	R\$	4.365,32	R\$	7.078,50

						0-32	0-7872	R\$	-	R\$	4.719,00
Ribeirão Preto	Vitória	BR-262 e MG-050	1076,00	66000,00	825,00	64-80	52800-66000	R\$	31.651,84	R\$	39.564,80
						48-64	39600-52800	R\$	23.738,88	R\$	31.651,84
						32-48	26400-39600	R\$	15.825,92	R\$	23.738,88
						0-32	0-26400	R\$	-	R\$	15.825,92
Ribeirão Preto	Vitória	BR-267	1134,40	68640,00	858,00	64-80	54912-68640	R\$	32.917,91	R\$	41.147,39
						48-64	41184-54912	R\$	24.688,44	R\$	32.917,91
						32-48	27456-41184	R\$	16.458,96	R\$	24.688,44
						0-32	0-27456	R\$	-	R\$	16.458,96
Ribeirão Preto	Vitória	BR-101	1148,80	70080,00	876,00	64-80	56064-70080	R\$	33.608,50	R\$	42.010,62
						48-64	42048-56064	R\$	25.206,37	R\$	33.608,50
						32-48	28032-42048	R\$	16.804,25	R\$	25.206,37
						0-32	0-28032	R\$	-	R\$	16.804,25
Ribeirão Preto	Campinas	BR-050	187,20	12320,00	154,00	64-80	9856-12320	R\$	5.908,34	R\$	7.385,43
						48-64	7392-9856	R\$	4.431,26	R\$	5.908,34
						32-48	4928-7392	R\$	2.954,17	R\$	4.431,26
						0-32	0-4928	R\$	-	R\$	2.954,17
Ribeirão Preto	Campinas	BR-364	241,60	14560,00	182,00	64-80	11648-14560	R\$	6.982,59	R\$	8.728,23
						48-64	8736-11648	R\$	5.236,94	R\$	6.982,59
						32-48	5824-8736	R\$	3.491,29	R\$	5.236,94
						0-32	0-5824	R\$	-	R\$	3.491,29
Ribeirão Preto	Belo Horizonte	MG-050	564,80	34080,00	426,00	64-80	27264-34080	R\$	16.343,86	R\$	20.429,82
						48-64	20448-27264	R\$	12.257,89	R\$	16.343,86
						32-48	13632-20448	R\$	8.171,93	R\$	12.257,89
						0-32	0-13632	R\$	-	R\$	8.171,93
Ribeirão Preto	Belo Horizonte	BR-265	588,00	36400,00	455,00	64-80	29120-36400	R\$	17.456,47	R\$	21.820,59
						48-64	21840-29120	R\$	13.092,35	R\$	17.456,47
						32-48	14560-21840	R\$	8.728,23	R\$	13.092,35
						0-32	0-14560	R\$	-	R\$	8.728,23

Ribeirão Preto	Porto Alegre	BR-101	1297,60	78560,00	982,00	64-80	62848-78560	R\$ 37.675,28	R\$ 47.094,10
						48-64	47136-62848	R\$ 28.256,46	R\$ 37.675,28
						32-48	31424-47136	R\$ 18.837,64	R\$ 28.256,46
						0-32	0-31424	R\$ -	R\$ 18.837,64
Ribeirão Preto	Porto Alegre	SP-255 e BR-101	1373,60	82960,00	1037,00	64-80	66368-82960	R\$ 39.785,40	R\$ 49.731,75
						48-64	49776-66368	R\$ 29.839,05	R\$ 39.785,40
						32-48	33184-49776	R\$ 19.892,70	R\$ 29.839,05
						0-32	0-33184	R\$ -	R\$ 19.892,70
Ribeirão Preto	Curitiba	BR-050 e BR-116	651,20	39520,00	494,00	64-80	31616-39520	R\$ 18.952,74	R\$ 23.690,92
						48-64	23712-31616	R\$ 14.214,55	R\$ 18.952,74
						32-48	15808-23712	R\$ 9.476,37	R\$ 14.214,55
						0-32	0-15808	R\$ -	R\$ 9.476,37
Ribeirão Preto	Curitiba	BR-116	654,40	39840,00	498,00	64-80	31872-39840	R\$ 19.106,20	R\$ 23.882,75
						48-64	23904-31872	R\$ 14.329,65	R\$ 19.106,20
						32-48	15936-23904	R\$ 9.553,10	R\$ 14.329,65
						0-32	0-15936	R\$ -	R\$ 9.553,10
Ribeirão Preto	Curitiba	-	685,60	42960,00	537,00	64-80	34368-42960	R\$ 20.602,47	R\$ 25.753,09
						48-64	25776-34368	R\$ 15.451,85	R\$ 20.602,47
						32-48	17184-25776	R\$ 10.301,24	R\$ 15.451,85
						0-32	0-17184	R\$ -	R\$ 10.301,24
Ribeirão Preto	Goiânia	BR-153	565,60	34160,00	427,00	64-80	27328-34160	R\$ 16.382,23	R\$ 20.477,78
						48-64	20496-27328	R\$ 12.286,67	R\$ 16.382,23
						32-48	13664-20496	R\$ 8.191,11	R\$ 12.286,67
						0-32	0-13664	R\$ -	R\$ 8.191,11
Ribeirão Preto	Goiânia	BR-050 e BR-153	564,80	34080,00	426,00	64-80	27264-34080	R\$ 16.343,86	R\$ 20.429,82
						48-64	20448-27264	R\$ 12.257,89	R\$ 16.343,86
						32-48	13632-20448	R\$ 8.171,93	R\$ 12.257,89
						0-32	0-13632	R\$ -	R\$ 8.171,93
Ribeirão Preto	Goiânia	Rodovia Transbrasiliana e BR-153	583,20	35920,00	449,00	64-80	28736-35920	R\$ 17.226,27	R\$ 21.532,84
						48-64	21552-28736	R\$ 12.919,71	R\$ 17.226,27
						32-48	14368-21552	R\$ 8.613,14	R\$ 12.919,71

						0-32	0-14368	R\$	-	R\$	8.613,14
Belo Horizonte	RJ	BR-040	439,20	27920,00	349,00	64-80	22336-27920	R\$	13.389,69	R\$	16.737,11
						48-64	16752-22336	R\$	10.042,27	R\$	13.389,69
						32-48	11168-16752	R\$	6.694,84	R\$	10.042,27
						0-32	0-11168	R\$	-	R\$	6.694,84
Belo Horizonte	RJ	-	592,80	36880,00	461,00	64-80	29504-36880	R\$	17.686,66	R\$	22.108,33
						48-64	22128-29504	R\$	13.265,00	R\$	17.686,66
						32-48	14752-22128	R\$	8.843,33	R\$	13.265,00
						0-32	0-14752	R\$	-	R\$	8.843,33
Belo Horizonte	RJ	-	640,00	38400,00	480,00	64-80	30720-38400	R\$	18.415,62	R\$	23.019,52
						48-64	23040-30720	R\$	13.811,71	R\$	18.415,62
						32-48	15360-23040	R\$	9.207,81	R\$	13.811,71
						0-32	0-15360	R\$	-	R\$	9.207,81
Belo Horizonte	SP	BR-381	525,60	33360,00	417,00	64-80	26688-33360	R\$	15.998,57	R\$	19.998,21
						48-64	20016-26688	R\$	11.998,92	R\$	15.998,57
						32-48	13344-20016	R\$	7.999,28	R\$	11.998,92
						0-32	0-13344	R\$	-	R\$	7.999,28
Belo Horizonte	SP	SP-070 e BR-381	662,40	40640,00	508,00	64-80	32512-40640	R\$	19.489,86	R\$	24.362,33
						48-64	24384-32512	R\$	14.617,40	R\$	19.489,86
						32-48	16256-24384	R\$	9.744,93	R\$	14.617,40
						0-32	0-16256	R\$	-	R\$	9.744,93
Belo Horizonte	SP	Rod. Dos Bandeirantes e BR-381	669,60	41360,00	517,00	64-80	33088-41360	R\$	19.835,15	R\$	24.793,94
						48-64	24816-33088	R\$	14.876,36	R\$	19.835,15
						32-48	16544-24816	R\$	9.917,58	R\$	14.876,36
						0-32	0-16544	R\$	-	R\$	9.917,58
Belo Horizonte	Vitória	BR-262	644,00	38800,00	485,00	64-80	31040-38800	R\$	18.607,45	R\$	23.259,31
						48-64	23280-31040	R\$	13.955,58	R\$	18.607,45
						32-48	15520-23280	R\$	9.303,72	R\$	13.955,58
						0-32	0-15520	R\$	-	R\$	9.303,72
Belo Horizonte	Vitória	BR-262/BR-381 e BR-262	659,20	40320,00	504,00	64-80	32256-40320	R\$	19.336,40	R\$	24.170,50
						48-64	24192-32256	R\$	14.502,30	R\$	19.336,40
						32-48	16128-24192	R\$	9.668,20	R\$	14.502,30
						0-32	0-16128	R\$	-	R\$	9.668,20

Belo Horizonte	Vitória	BR-259 e BR-381	746,40	45840,00	573,00	64-80	36672-45840	R\$ 21.983,64	R\$ 27.479,55
						48-64	27504-36672	R\$ 16.487,73	R\$ 21.983,64
						32-48	18336-27504	R\$ 10.991,82	R\$ 16.487,73
						0-32	0-18336	R\$ -	R\$ 10.991,82
Belo Horizonte	Campinas	BR-381	518,40	32640,00	408,00	64-80	26112-32640	R\$ 15.653,27	R\$ 19.566,59
						48-64	19584-26112	R\$ 11.739,96	R\$ 15.653,27
						32-48	13056-19584	R\$ 7.826,64	R\$ 11.739,96
						0-32	0-13056	R\$ -	R\$ 7.826,64
Belo Horizonte	Campinas	MG-290 e BR-381	579,20	35520,00	444,00	64-80	28416-35520	R\$ 17.034,44	R\$ 21.293,06
						48-64	21312-28416	R\$ 12.775,83	R\$ 17.034,44
						32-48	14208-21312	R\$ 8.517,22	R\$ 12.775,83
						0-32	0-14208	R\$ -	R\$ 8.517,22
Belo Horizonte	Ribeirão Preto	MG-050	564,80	34080,00	426,00	64-80	27264-34080	R\$ 16.343,86	R\$ 20.429,82
						48-64	20448-27264	R\$ 12.257,89	R\$ 16.343,86
						32-48	13632-20448	R\$ 8.171,93	R\$ 12.257,89
						0-32	0-13632	R\$ -	R\$ 8.171,93
Belo Horizonte	Ribeirão Preto	BR-265	588,00	36400,00	455,00	64-80	29120-36400	R\$ 17.456,47	R\$ 21.820,59
						48-64	21840-29120	R\$ 13.092,35	R\$ 17.456,47
						32-48	14560-21840	R\$ 8.728,23	R\$ 13.092,35
						0-32	0-14560	R\$ -	R\$ 8.728,23
Belo Horizonte	Porto Alegre	BR-381 e BR-101	1566,40	95840,00	1198,00	64-80	76672-95840	R\$ 45.962,31	R\$ 57.452,89
						48-64	57504-76672	R\$ 34.471,73	R\$ 45.962,31
						32-48	38336-57504	R\$ 22.981,15	R\$ 34.471,73
						0-32	0-38336	R\$ -	R\$ 22.981,15
Belo Horizonte	Curitiba	BR-381 e BR-116	926,40	57440,00	718,00	64-80	45952-57440	R\$ 27.546,69	R\$ 34.433,37
						48-64	34464-45952	R\$ 20.660,02	R\$ 27.546,69
						32-48	22976-34464	R\$ 13.773,35	R\$ 20.660,02
						0-32	0-22976	R\$ -	R\$ 13.773,35

Belo Horizonte	Curitiba	MG-050 e BR-116	1127,20	67920,00	849,00	64-80	54336-67920	R\$	32.572,62	R\$	40.715,78
						48-64	40752-54336	R\$	24.429,47	R\$	32.572,62
						32-48	27168-40752	R\$	16.286,31	R\$	24.429,47
						0-32	0-27168	R\$	-	R\$	16.286,31
Belo Horizonte	Goiânia	BR-040	811,20	49120,00	614,00	64-80	39296-49120	R\$	23.556,64	R\$	29.445,80
						48-64	29472-39296	R\$	17.667,48	R\$	23.556,64
						32-48	19648-29472	R\$	11.778,32	R\$	17.667,48
						0-32	0-19648	R\$	-	R\$	11.778,32
Belo Horizonte	Goiânia	BR-262	822,40	50240,00	628,00	64-80	40192-50240	R\$	24.093,76	R\$	30.117,21
						48-64	30144-40192	R\$	18.070,32	R\$	24.093,76
						32-48	20096-30144	R\$	12.046,88	R\$	18.070,32
						0-32	0-20096	R\$	-	R\$	12.046,88
Belo Horizonte	Goiânia	BR-262 e BR-452	827,20	50720,00	634,00	64-80	40576-50720	R\$	24.323,96	R\$	30.404,95
						48-64	30432-40576	R\$	18.242,97	R\$	24.323,96
						32-48	20288-30432	R\$	12.161,98	R\$	18.242,97
						0-32	0-20288	R\$	-	R\$	12.161,98
Porto Alegre	RJ	BR-116 e BR-101	1472,00	86720,00	1084,00	64-80	69376-86720	R\$	41.588,60	R\$	51.985,75
						48-64	52032-69376	R\$	31.191,45	R\$	41.588,60
						32-48	34688-52032	R\$	20.794,30	R\$	31.191,45
						0-32	0-34688	R\$	-	R\$	20.794,30
Porto Alegre	SP	BR-116 e BR-101	1066,40	65040,00	813,00	64-80	52032-65040	R\$	31.191,45	R\$	38.989,31
						48-64	39024-52032	R\$	23.393,59	R\$	31.191,45
						32-48	26016-39024	R\$	15.595,72	R\$	23.393,59
						0-32	0-26016	R\$	-	R\$	15.595,72
Porto Alegre	SP	BR-101	1287,20	77520,00	969,00	64-80	62016-77520	R\$	37.176,52	R\$	46.470,66
						48-64	46512-62016	R\$	27.882,39	R\$	37.176,52
						32-48	31008-46512	R\$	18.588,26	R\$	27.882,39
						0-32	0-31008	R\$	-	R\$	18.588,26
Porto Alegre	Vitória	BR-101	2080,00	124800,00	1560,00	64-80	99840-124800	R\$	59.850,75	R\$	74.813,44
						48-64	74880-99840	R\$	44.888,06	R\$	59.850,75
						32-48	49920-74880	R\$	29.925,38	R\$	44.888,06
						0-32	0-49920	R\$	-	R\$	29.925,38

Porto Alegre	Campinas	BR-116 e BR-101	1080,00	62800,00	785,00	64-80	50240-62800	R\$ 30.117,21	R\$ 37.646,51
						48-64	37680-50240	R\$ 22.587,90	R\$ 30.117,21
						32-48	25120-37680	R\$ 15.058,60	R\$ 22.587,90
						0-32	0-25120	R\$ -	R\$ 15.058,60
Porto Alegre	Campinas	BR-116	1227,20	74720,00	934,00	64-80	59776-74720	R\$ 35.833,72	R\$ 44.792,15
						48-64	44832-59776	R\$ 26.875,29	R\$ 35.833,72
						32-48	29888-44832	R\$ 17.916,86	R\$ 26.875,29
						0-32	0-29888	R\$ -	R\$ 17.916,86
Porto Alegre	Ribeirão Preto	BR-101	1297,60	78560,00	982,00	64-80	62848-78560	R\$ 41.272,08	R\$ 47.094,10
						48-64	47136-62848	R\$ 28.256,46	R\$ 37.675,28
						32-48	31424-47136	R\$ 18.837,64	R\$ 28.256,46
						0-32	0-31424	R\$ -	R\$ 18.837,64
Porto Alegre	Ribeirão Preto	SP-255 e BR-101	1373,60	82960,00	1037,00	64-80	66368-82960	R\$ 39.785,40	R\$ 49.731,75
						48-64	49776-66368	R\$ 29.839,05	R\$ 39.785,40
						32-48	33184-49776	R\$ 19.892,70	R\$ 29.839,05
						0-32	0-33184	R\$ -	R\$ 19.892,70
Porto Alegre	Belo Horizonte	BR-381 e BR-101	1566,40	95840,00	1198,00	64-80	76672-95840	R\$ 45.962,31	R\$ 57.452,89
						48-64	57504-76672	R\$ 34.471,73	R\$ 45.962,31
						32-48	38336-57504	R\$ 22.981,15	R\$ 34.471,73
						0-32	0-38336	R\$ -	R\$ 22.981,15
Porto Alegre	Goiânia	BR-070	1920,00	115200,00	1440,00	64-80	92160-115200	R\$ 55.246,85	R\$ 69.058,56
						48-64	69120-92160	R\$ 41.435,14	R\$ 55.246,85
						32-48	46080-69120	R\$ 27.623,42	R\$ 41.435,14
						0-32	0-46080	R\$ -	R\$ 27.623,42
Porto Alegre	Goiânia	BR-364 e BR-060	2000,00	120000,00	1500,00	64-80	96000-120000	R\$ 57.548,80	R\$ 71.936,00
						48-64	72000-96000	R\$ 43.161,60	R\$ 57.548,80
						32-48	48000-72000	R\$ 28.774,40	R\$ 43.161,60
						0-32	0-48000	R\$ -	R\$ 28.774,40
Curitiba	RJ	BR-116	824,00	48240,00	603,00	64-80	38592-48240	R\$ 23.134,62	R\$ 28.918,27
						48-64	28944-38592	R\$ 17.350,96	R\$ 23.134,62

						32-48	19296-28944	R\$	11.567,31	R\$	17.350,96
						0-32	0-19296	R\$	-	R\$	11.567,31
Curitiba	RJ	BR-116 e BR-116	1001,60	61760,00	772,00	64-80	49408-61760	R\$	29.618,45	R\$	37.023,06
		estava assim mesmo				48-64	37056-49408	R\$	22.213,84	R\$	29.618,45
						32-48	24704-37056	R\$	14.809,22	R\$	22.213,84
						0-32	0-24704	R\$	-	R\$	14.809,22
Curitiba	SP	BR-116	421,60	26160,00	327,00	64-80	20928-26160	R\$	12.545,64	R\$	15.682,05
						48-64	15696-20928	R\$	9.409,23	R\$	12.545,64
						32-48	10464-15696	R\$	6.272,82	R\$	9.409,23
						0-32	0-10464	R\$	-	R\$	6.272,82
Curitiba	SP	BR-478 e BR-116	508,00	31600,00	395,00	64-80	25280-31600	R\$	15.154,52	R\$	18.943,15
						48-64	18960-25280	R\$	11.365,89	R\$	15.154,52
						32-48	12640-18960	R\$	7.577,26	R\$	11.365,89
						0-32	0-12640	R\$	-	R\$	7.577,26
Curitiba	SP	-	584,80	36080,00	451,00	64-80	28864-36080	R\$	17.303,01	R\$	21.628,76
						48-64	21648-28864	R\$	12.977,25	R\$	17.303,01
						32-48	14432-21648	R\$	8.651,50	R\$	12.977,25
						0-32	0-14432	R\$	-	R\$	8.651,50
Curitiba	Vitória	BR-101 e BR-116	1390,40	84640,00	1058,00	64-80	67712-84640	R\$	40.591,09	R\$	50.738,86
						48-64	50784-67712	R\$	30.443,32	R\$	40.591,09
						32-48	33856-50784	R\$	20.295,54	R\$	30.443,32
						0-32	0-33856	R\$	-	R\$	20.295,54
Curitiba	Vitória	BR-101	1560,80	95280,00	1191,00	64-80	76224-95280	R\$	45.693,75	R\$	57.117,18
						48-64	57168-76224	R\$	34.270,31	R\$	45.693,75
						32-48	38112-57168	R\$	22.846,87	R\$	34.270,31
						0-32	0-38112	R\$	-	R\$	-
Curitiba	Campinas	BR-116	440,80	28080,00	351,00	64-80	22464-28080	R\$	13.466,42	R\$	16.833,02
						48-64	16848-22464	R\$	10.099,81	R\$	13.466,42
						32-48	11232-16848	R\$	6.733,21	R\$	10.099,81
						0-32	0-11232	R\$	-	R\$	6.733,21

Curitiba	Campinas	BR-478 e BR-116	483,20	29120,00	364,00	64-80	23296-29120	R\$ 13.965,18	R\$ 17.456,47
						48-64	17472-23296	R\$ 10.473,88	R\$ 13.965,18
						32-48	11648-17472	R\$ 6.982,59	R\$ 10.473,88
						0-32	0-11648	R\$ -	R\$ 6.982,59
Curitiba	Campinas	-	585,60	36160,00	452,00	64-80	28928-36160	R\$ 17.341,37	R\$ 21.676,71
						48-64	21696-28928	R\$ 13.006,03	R\$ 17.341,37
						32-48	14464-21696	R\$ 8.670,69	R\$ 13.006,03
						0-32	0-14464	R\$ -	R\$ 8.670,69
Curitiba	Ribeirão Preto	BR-050 e BR-116	651,20	39520,00	494,00	64-80	31616-39520	R\$ 18.952,74	R\$ 23.690,92
						48-64	23712-31616	R\$ 14.214,55	R\$ 18.952,74
						32-48	15808-23712	R\$ 9.476,37	R\$ 14.214,55
						0-32	0-15808	R\$ -	R\$ 9.476,37
Curitiba	Ribeirão Preto	BR-116	654,40	39840,00	498,00	64-80	31872-39840	R\$ 19.106,20	R\$ 23.882,75
						48-64	23904-31872	R\$ 14.329,65	R\$ 19.106,20
						32-48	15936-23904	R\$ 9.553,10	R\$ 14.329,65
						0-32	0-15936	R\$ -	R\$ 9.553,10
Curitiba	Ribeirão Preto	-	685,60	42960,00	537,00	64-80	34368-42960	R\$ 20.602,47	R\$ 25.753,09
						48-64	25776-34368	R\$ 15.451,85	R\$ 20.602,47
						32-48	17184-25776	R\$ 10.301,24	R\$ 15.451,85
						0-32	0-17184	R\$ -	R\$ 10.301,24
Curitiba	Belo Horizonte	BR-381 e BR-116	926,40	57440,00	718,00	64-80	45959-57440	R\$ 27.550,89	R\$ 34.433,37
						48-64	34464-45952	R\$ 20.660,02	R\$ 27.546,69
						32-48	22976-34464	R\$ 13.773,35	R\$ 20.660,02
						0-32	0-22976	R\$ -	R\$ 13.773,35
Curitiba	Belo Horizonte	MG-050 e BR-116	1127,20	67920,00	849,00	64-80	54336-67920	R\$ 32.572,62	R\$ 40.715,78
						48-64	40752-54336	R\$ 24.429,47	R\$ 32.572,62
						32-48	27168-40752	R\$ 16.286,31	R\$ 24.429,47
						0-32	0-27168	R\$ -	R\$ 16.286,31

Curitiba	Porto Alegre	BR-267 e Rod. Eng. Ângelo Lopes	720,00	43200,00	540,00	64-80	34560-43200	R\$ 20.717,57	R\$ 25.896,96
						48-64	25920-34560	R\$ 15.538,18	R\$ 20.717,57
						32-48	17280-25920	R\$ 10.358,78	R\$ 15.538,18
						0-32	0-17280	R\$ -	R\$ 10.358,78
Curitiba	Porto Alegre	BR-267 e BR-374	800,00	48000,00	600,00	64-80	38400-48000	R\$ 23.019,52	R\$ 28.774,40
						48-64	28800-38400	R\$ 17.264,64	R\$ 23.019,52
						32-48	19200-28800	R\$ 11.509,76	R\$ 17.264,64
						0-32	0-19200	R\$ -	R\$ 11.509,76
Curitiba	Goiânia	Rod. Transbrasiliana e BR-153	1280,00	76800,00	960,00	64-80	61440-76800	R\$ 36.831,23	R\$ 46.039,04
						48-64	46080-61440	R\$ 27.623,42	R\$ 36.831,23
						32-48	30720-46080	R\$ 18.415,62	R\$ 27.623,42
						0-32	0-30720	R\$ -	R\$ 18.415,62
Curitiba	Goiânia	BR-116	1280,00	76800,00	960,00	64-80	61440-76800	R\$ 36.831,23	R\$ 46.039,04
						48-64	46080-61440	R\$ 27.623,42	R\$ 36.831,23
						32-48	30720-46080	R\$ 18.415,62	R\$ 27.623,42
						0-32	0-30720	R\$ -	R\$ 18.415,62
Goiânia	RJ	BR-364	1201,60	72160,00	902,00	64-80	57728-72160	R\$ 34.606,01	R\$ 43.257,51
						48-64	43296-57728	R\$ 25.954,51	R\$ 34.606,01
						32-48	28864-43296	R\$ 17.303,01	R\$ 25.954,51
						0-32	0-28864	R\$ -	R\$ 17.303,01
Goiânia	RJ	BR-040	1207,20	72720,00	909,00	64-80	58176-72720	R\$ 34.874,57	R\$ 43.593,22
						48-64	43632-58176	R\$ 26.155,93	R\$ 34.874,57
						32-48	29088-43632	R\$ 17.437,29	R\$ 26.155,93
						0-32	0-29088	R\$ -	R\$ 17.437,29
Goiânia	RJ	BR-050	1226,40	74640,00	933,00	64-80	59712-74640	R\$ 35.795,35	R\$ 44.744,19
						48-64	44784-59712	R\$ 26.846,52	R\$ 35.795,35
						32-48	29856-44784	R\$ 17.897,68	R\$ 26.846,52
						0-32	0-29856	R\$ -	R\$ 17.897,68
Goiânia	SP	BR-364 e BR-153	831,20	51120,00	639,00	64-80	40896-51120	R\$ 24.515,79	R\$ 30.644,74
						48-64	30672-40896	R\$ 18.386,84	R\$ 24.515,79

						32-48	20448-30672	R\$	12.257,89	R\$	18.386,84
						0-32	0-20448	R\$	-	R\$	12.257,89
Goiânia	SP	BR-050	833,60	51360,00	642,00	64-80	41088-51360	R\$	24.630,89	R\$	30.788,61
						48-64	30816-41088	R\$	18.473,16	R\$	24.630,89
						32-48	20544-30816	R\$	12.315,44	R\$	18.473,16
						0-32	0-20544	R\$	-	R\$	12.315,44
Goiânia	SP	BR-153	882,40	53040,00	663,00	64-80	42432-53040	R\$	25.436,57	R\$	31.795,71
						48-64	31824-42432	R\$	19.077,43	R\$	25.436,57
						32-48	21216-31824	R\$	12.718,28	R\$	19.077,43
						0-32	0-21216	R\$	-	R\$	12.718,28
Goiânia	Vitória	BR-040	1404,80	86080,00	1076,00	64-80	68864-86080	R\$	41.281,67	R\$	51.602,09
						48-64	51648-68864	R\$	30.961,25	R\$	41.281,67
						32-48	34432-51648	R\$	20.640,84	R\$	30.961,25
						0-32	0-34432	R\$	-	R\$	20.640,84
Goiânia	Vitória	BR-262	1452,00	87600,00	1095,00	64-80	70080-87600	R\$	419.674,62	R\$	52.513,28
						48-64	52560-70070	R\$	31.507,97	R\$	42.004,63
						32-48	35040-52560	R\$	21.005,31	R\$	31.507,97
						0-32	0-35040	R\$	-	R\$	21.005,31
Goiânia	Vitória	BR-262 e GO-139	1630,40	99040,00	1238,00	64-80	79232-99040	R\$	47.496,94	R\$	59.371,18
						48-64	59424-79232	R\$	35.622,71	R\$	47.496,94
						32-48	39616-59424	R\$	23.748,47	R\$	35.622,71
						0-32	0-39616	R\$	-	R\$	23.748,47
Goiânia	Campinas	BR-364 e BR-153	742,40	45440,00	568,00	64-80	36352-45440	R\$	21.791,81	R\$	27.239,77
						48-64	27264-36352	R\$	16.343,86	R\$	21.791,81
						32-48	18176-27264	R\$	10.895,91	R\$	16.343,86
						0-32	0-18176	R\$	-	R\$	10.895,91
Goiânia	Campinas	BR-050	744,00	43440,00	543,00	64-80	34752-43440	R\$	20.832,67	R\$	26.040,83
						48-64	26064-34752	R\$	15.624,50	R\$	20.832,67
						32-48	17376-26064	R\$	10.416,33	R\$	15.624,50
						0-32	0-17376	R\$	-	R\$	10.416,33
Goiânia	Campinas	BR-153	761,60	47360,00	592,00	64-80	37888-47360	R\$	22.712,59	R\$	28.390,74
						48-64	28416-37888	R\$	17.034,44	R\$	22.712,59

						32-48	18944-28416	R\$ 11.356,30	R\$ 17.034,44
						0-32	0-18944	R\$ -	R\$ 11.356,30
Goiânia	Ribeirão Preto	BR-153	565,60	34160,00	427,00	64-80	27328-34160	R\$ 16.382,23	R\$ 20.477,78
						48-64	20496-27238	R\$ 12.286,67	R\$ 16.328,27
						32-48	13664-20496	R\$ 8.191,11	R\$ 12.286,67
						0-32	0-13664	R\$ -	R\$ 8.191,11
Goiânia	Ribeirão Preto	BR-050 e BR-153	564,80	34080,00	426,00	64-80	27264-34080	R\$ 16.343,86	R\$ 20.429,82
						48-64	20448-27264	R\$ 12.257,89	R\$ 16.343,86
						32-48	13632-20448	R\$ 8.171,93	R\$ 12.257,89
						0-32	0-13632	R\$ -	R\$ 8.171,93
Goiânia	Ribeirão Preto	Rodovia Transbrasiliana e BR-153	583,20	35920,00	449,00	64-80	28736-35920	R\$ 17.226,27	R\$ 21.532,84
						48-64	21552-28736	R\$ 12.919,71	R\$ 17.226,27
						32-48	14368-21552	R\$ 8.613,14	R\$ 12.919,71
						0-32	0-14368	R\$ -	R\$ 8.613,14
Goiânia	Belo Horizonte	BR-040	811,20	49120,00	614,00	64-80	39296-49120	R\$ 23.556,64	R\$ 29.445,80
						48-64	29472-39296	R\$ 17.667,48	R\$ 23.556,64
						32-48	19648-29472	R\$ 11.778,32	R\$ 17.667,48
						0-32	0-19648	R\$ -	R\$ 11.778,32
Goiânia	Belo Horizonte	BR-262	822,40	50240,00	628,00	64-80	40192-50240	R\$ 24.093,76	R\$ 30.117,21
						48-64	30144-40192	R\$ 18.070,32	R\$ 24.093,76
						32-48	20096-30144	R\$ 12.046,88	R\$ 18.070,32
						0-32	0-20096	R\$ -	R\$ 12.046,88
Goiânia	Belo Horizonte	-	822,40	50240,00	628,00	64-80	40192-50240	R\$ 24.093,76	R\$ 30.117,21
						48-64	30144-40192	R\$ 18.070,32	R\$ 24.093,76
						32-48	20096-30144	R\$ 12.046,88	R\$ 18.070,32
						0-32	0-20096	R\$ -	R\$ 12.046,88

Goiânia	Belo Horizonte	-	827,20	50720,00	634,00	64-80	40576-50720	R\$ 24.323,96	R\$ 30.404,95
						48-64	30432-40576	R\$ 18.242,97	R\$ 24.323,96
						32-48	20288-30432	R\$ 12.161,98	R\$ 18.242,97
						0-32	0-20288	R\$ -	R\$ 12.161,98
Goiânia	Campo Grande	BR-060	740,80	45280,00	566,00	64-80	36224-45280	R\$ 21.715,08	R\$ 27.143,85
						48-64	27168-36224	R\$ 16.286,31	R\$ 21.715,08
						32-48	18112-27168	R\$ 10.857,54	R\$ 16.286,31
						0-32	0-18112	R\$ -	R\$ 10.857,54
Goiânia	Porto Alegre	BR-070	1920,00	115200,00	1440,00	64-80	92160-115200	R\$ 55.246,85	R\$ 69.058,56
						48-64	69120-92160	R\$ 41.435,14	R\$ 55.246,85
						32-48	46080-69120	R\$ 27.623,42	R\$ 41.435,14
						0-32	0-46080	R\$ -	R\$ 27.623,42
Goiânia	Porto Alegre	-	2000,00	120000,00	1500,00	64-80	96000-120000	R\$ 57.548,80	R\$ 71.936,00
						48-64	72000-96000	R\$ 43.161,60	R\$ 57.548,80
						32-48	48000-72000	R\$ 28.774,40	R\$ 43.161,60
						0-32	0-48000	R\$ -	R\$ 28.774,40
Goiânia	Curitiba	Rod. Transbrasiliana e BR-153	1280,00	76800,00	960,00	64-80	61440-76800	R\$ 36.831,23	R\$ 46.039,04
						48-64	46080-61440	R\$ 27.623,42	R\$ 36.831,23
						32-48	30720-46080	R\$ 18.415,62	R\$ 27.623,42
						0-32	0-30720	R\$ -	R\$ 18.415,62
Goiânia	Curitiba	BR-116	1280,00	76800,00	960,00	64-80	61440-76800	R\$ 36.831,23	R\$ 46.039,04
						48-64	46080-61440	R\$ 27.623,42	R\$ 36.831,23
						32-48	30720-46080	R\$ 18.415,62	R\$ 27.623,42
						0-32	0-30720	R\$ -	R\$ 18.415,62