

**UM SISTEMA GEORREFERENCIADO PARA  
ANÁLISE DE VIABILIDADE DE LINHAS DE  
TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL – PPGEC

**UM SISTEMA GEORREFERENCIADO PARA  
ANÁLISE DE VIABILIDADE DE LINHAS DE  
TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial exigido pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC, para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil.

**ANDRÉ DEMBOSKI PINTER**

Florianópolis, dezembro de 2007

**“UM SISTEMA GEORREFERENCIADO PARA ANÁLISE DE VIABILIDADE DE LINHAS  
DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS”**

**ANDRÉ DEMBOSKI PINTER**

Dissertação julgada adequada para a obtenção do Título de MESTRE em Engenharia Civil e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

---

Prof. Dr. Glicério Trichês - Coordenador do PPGEC

---

Prof. Dr. Amir Mattar Valente - Orientador

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Dr. Amir Mattar Valente - Moderador - ECV/UFSC

---

Dra. Lenise Grando Goldner - ECV/UFSC

---

Dra. Mirian Buss Gonçalves - EPS/UFSC

---

Dr. Glauber Acunha Gonçalves - FURG

*Dedico meus esforços a Deus; aos meus pais, Roseli e José Lourival, por serem meus exemplos de vida, e por tudo o que fizeram por mim; aos meus irmãos, Fernando e Rafael, pelo convívio familiar sempre fraterno, alegre e renovador; e aos meus amigos, por compartilharem dificuldades e alegrias nos mais diversos momentos de convivência.*

*Agradeço aos meus amigos do Laboratório de Transportes, por fazerem do local de pesquisa um ambiente alegre e motivador; aos colegas da ANTT, pela ajuda e colaboração no estudo; ao meu orientador, Prof<sup>ª</sup>. Dr. Amir Mattar Valente, pelo imenso apoio, amizade e paciência; e à Universidade Federal de Santa Catarina, por contribuir com o crescimento do conhecimento técnico e de valores humanos na sociedade, através de um ensino público, gratuito e de qualidade.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE SIMBOLOGIA.....</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivos Gerais.....	13
1.2 Objetivos Específicos.....	14
1.3 Metodologia.....	14
1.4 Estrutura do Trabalho.....	15
<b>2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....</b>	<b>17</b>
2.1 Definição.....	17
2.2 História e Evolução.....	20
2.3 Modelo de Dados.....	23
2.4 Funcionalidades e Aplicações.....	25
<b>3 O TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS.....</b>	<b>28</b>
3.1 Infra-Estrutura de Transportes no Brasil.....	28
3.2 Histórico do Ônibus no Transporte de Passageiros.....	33
3.3 Considerações sobre Regulamentação.....	36
3.4 O Mercado de Linhas Rodoviárias.....	38
3.5 Necessidades do Setor.....	41
<b>4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA.....</b>	<b>44</b>
4.1 Modelos de Viabilidade.....	44
4.1.1 Modelo Anterior.....	44

4.1.2 Novo Modelo Proposto .....	49
4.1.3 Comparativo Entre os Modelos.....	56
4.2 Necessidades Funcionais .....	57
4.2.1 Os Usuários .....	58
4.2.2 Requisitos Cartográficos e Visuais.....	58
4.2.3 Sistema Gerenciador de Banco de Dados.....	59
4.2.4 Configuração do Equipamento .....	59
4.3 Tecnologias Utilizadas e Modelagem .....	60
4.3.1 Modelagem Sistêmica .....	60
4.3.2 Modelagem Conceitual dos Dados .....	61
4.3.3 Tecnologias de Informática.....	63
4.4 Interface e Procedimentos .....	64
4.4.1 Janela Principal .....	64
4.4.2 Análise de Viabilidade.....	65
4.5 SIMOV.....	72
<b>5 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.....</b>	<b>74</b>
5.1 Linha Criciúma (SC) – Ponta Grossa (PR) via litoral .....	74
5.1.1 Caracterização Física da Linha.....	75
5.1.2 Estudos de Mercado .....	75
5.1.3 Parâmetros Operacionais .....	77
5.1.4 Indicativos de Viabilidade .....	78
5.2 Linha Criciúma (SC) – Ponta Grossa (PR) via interior.....	80
5.2.1 Caracterização Física da Linha.....	80
5.2.2 Estudos de Mercado .....	81
5.2.3 Parâmetros Operacionais .....	83
5.2.4 Indicativos de Viabilidade .....	84
5.3 Considerações Finais .....	86
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>87</b>
6.1 Resultados Esperados.....	89
6.2 Dificuldades e Sugestões para Trabalhos Futuros.....	89
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE 1 – Dicionário de Dados.....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO 1 – Cálculo da Frota Operante.....</b>	<b>104</b>

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 01 – Finalidade, objetivo e áreas de aplicação dos SIG .....</b>	<b>26</b>
<b>Quadro 02 – Transporte de cargas no Brasil .....</b>	<b>32</b>
<b>Quadro 03 – Situação das rodovias federais brasileiras .....</b>	<b>32</b>
<b>Quadro 04 – Custos básicos da atual planilha tarifária.....</b>	<b>54</b>
<b>Quadro 05 – Funções Básicas do Sistema.....</b>	<b>65</b>
<b>Quadro 06 – Itinerário descritivo da linha.....</b>	<b>75</b>
<b>Quadro 07 – Seções.....</b>	<b>75</b>
<b>Quadro 08 – Dados dos Municípios com Sedes Coincidentes com Pontos de Seção .....</b>	<b>76</b>
<b>Quadro 09 – Dados de demandas calculada por seção projetadas para a linha.....</b>	<b>76</b>
<b>Quadro 10 – Tempo de viagem em rodovia – TVR.....</b>	<b>77</b>
<b>Quadro 11 – Tempo em pontos de seção e de parada – TPS e TDA .....</b>	<b>77</b>
<b>Quadro 12 – Itinerário descritivo da linha.....</b>	<b>81</b>
<b>Quadro 13 – Seções.....</b>	<b>81</b>
<b>Quadro 14 – Acessos.....</b>	<b>81</b>
<b>Quadro 15 – Dados dos Municípios com Sedes Coincidentes com Pontos de Seção .....</b>	<b>82</b>
<b>Quadro 16 – Dados de demandas calculada por seção projetadas para a linha.....</b>	<b>82</b>
<b>Quadro 17 – Tempo de viagem em rodovia – TVR.....</b>	<b>83</b>
<b>Quadro 18 – Tempo de deslocamentos em acessos – TDA .....</b>	<b>83</b>
<b>Quadro 19 – Tempo em pontos de seção e de parada – TPS .....</b>	<b>83</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 01 – Componentes de um SIG</b> .....	18
<b>Figura 02 – Convergência das diversas áreas que resultaram no surgimento dos SIG.</b> .....	22
<b>Figura 03 – Comparação entre dados raster e vetorial.</b> .....	24
<b>Figura 04 – Matriz de Transporte no Brasil.</b> .....	32
<b>Figura 05 – Evolução dos investimentos da União, total e em transportes.</b> .....	33
<b>Figura 06 – Veículo construído por Karl Benz.</b> .....	34
<b>Figura 07 – Distribuição das linhas por região geográfica - 2001.</b> .....	39
<b>Figura 08 – Evolução do Transporte de Passageiros.</b> .....	39
<b>Figura 09 – Roteiro do modelo de viabilidade existente.</b> .....	45
<b>Figura 10 – Tempo de ciclo.</b> .....	48
<b>Figura 11 – Etapas do novo modelo proposto.</b> .....	49
<b>Figura 12 – Afastamento isométrico do coeficiente tarifário.</b> .....	55
<b>Figura 13 – Arquitetura Cliente/Servidor em 2 camadas.</b> .....	61
<b>Figura 14 – Modelo Entidade-Relacionamento do Protótipo.</b> .....	62
<b>Figura 15 – Janela Principal do Sistema.</b> .....	64
<b>Figura 16 – Tela de entrada de dados para simulação de viabilidade.</b> .....	66
<b>Figura 17 – Tela de manipulação dos dados do modelo.</b> .....	68
<b>Figura 18 – Tela de apresentação dos resultados da simulação de viabilidade.</b> .....	69
<b>Figura 19 – Gráfico do Custo Operacional da linha simulada.</b> .....	71
<b>Figura 20 – Gráfico do Afastamento Isométrico da linha simulada.</b> .....	71
<b>Figura 21 – Resultado do salvamento da simulação.</b> .....	72
<b>Figura 22 – Afastamento isométrico do coeficiente tarifário para a ligação.</b> .....	79
<b>Figura 23 – Simulação da linha Criciúma(SC) – Ponta Grossa(PR) via litoral.</b> .....	80
<b>Figura 24 – Afastamento isométrico do coeficiente tarifário para a ligação.</b> .....	85
<b>Figura 25 – Simulação da linha Criciúma(SC) – Ponta Grossa(PR) via interior.</b> .....	86

## LISTA DE SIMBOLOGIA

<b>AICT</b>	Afastamento Isométrico do Coeficiente Tarifário.
<b>CO</b>	Custo Operacional Real.
<b>CT</b>	Coeficiente Tarifário.
<b>D</b>	Demanda anual (passageiros/ano).
<b>DASS</b>	Demanda Anual Semanal por Sentido (passageiros).
<b>d<sub>ij</sub></b>	Distância entre as extremidades (Km).
<b>DSS</b>	Demanda Semanal por Sentido.
<b>dummy</b>	Variável que determina se o município é ou não um pólo turístico, atribuindo-se valores 2 e 1,2, respectivamente.
<b>Ext</b>	Extensão (Km).
<b>FA</b>	Frota de Apoio (ônibus).
<b>FO</b>	Frota Operante (ônibus).
<b>FR</b>	Frota de Reserva (ônibus).
<b>FSS</b>	Frequência Semanal por Sentido (viagens/semana.sentido).
<b>FT</b>	Frota Total (ônibus).
<b>IAP</b>	Índice de Aproveitamento Padrão.
<b>ITV</b>	Intervalo entre duas viagens consecutivas.
<b>KMA</b>	Quilometragem Anual Total.
<b>LOT</b>	Lotação do veículo (quantidade de assentos).
<b>M<sub>i</sub>, M<sub>j</sub></b>	Movimento total anual de embarques de passageiros nos terminais dos municípios i e j - fluxos interestaduais.
<b>migi e migj</b>	Taxa de habitantes que não são naturais dos Estados dos Municípios i e j.
<b>P<sub>i</sub> e P<sub>j</sub></b>	Populações dos municípios das extremidades da seção (habitantes).
<b>PMA</b>	Percurso Médio Anual.
<b>ri, rj</b>	Renda média per capita dos municípios i e j.
<b>TC</b>	Tempo de Ciclo.
<b>TDA</b>	Tempo Despendido nos Acessos e paradas (horas).
<b>Tij</b>	Fluxo anual total de passageiros entre os municípios i e j.
<b>TPS</b>	Tempo em Pontos de Seção.
<b>TVR</b>	Tempo da Viagem na Rodovia (horas).

## RESUMO

Este trabalho oferece uma proposta de utilização de conceitos de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), aliados à utilização de modelos de transporte, com intuito de desenvolver um sistema, em forma de protótipo, para dar suporte à análise de viabilidade de linhas de transporte rodoviário de passageiros. Os SIG propiciam diversas funcionalidades que aumentam a eficiência e a confiabilidade no processo de análise de dados, como a representação de objetos reais através de informação georreferenciada, o suporte para análise espacial de fenômenos e o armazenamento e recuperação de informações através de conceitos de banco de dados. Durante o desenvolvimento, aborda-se a situação da infra-estrutura de transportes do Brasil, elaborando uma contextualização histórica onde se apresenta a situação encontrada atualmente da matriz de transportes no país. Além disso, o foco direciona-se no mercado de linhas de transporte rodoviário de passageiros, apontando dificuldades, tendências e necessidades encontradas no setor. Em seguida, discorre-se sobre a elaboração do protótipo, com a descrição de alguns modelos de transporte estudados, requisitos e necessidades funcionais que devem ser cumpridas, bem como as tecnologias utilizadas e a modelagem conceitual dos dados. Em complemento, são expostos os procedimentos necessários para se realizar a simulação de viabilidade de uma nova ligação rodoviária, através de diálogos seqüenciais onde ocorre a interação com o usuário. Por fim, exemplifica-se a atuação do sistema com a simulação de duas linhas de transporte, detalhando-se os modelos estudados. Com os resultados obtidos, entende-se que a utilização do sistema para analisar a viabilidade de linhas de transporte rodoviário de passageiros alcança respostas de forma eficiente e, apesar de encontradas algumas dificuldades, espera-se difundir uma abordagem que contribua para o desenvolvimento do setor.

Palavras-chave: Sistemas de Informações Geográficas; Transporte de passageiros; Modelos de viabilidade.

## ABSTRACT

This paper proposes the usage of Geographic Information Systems (GIS) concepts, in relationship with transportation models, in order to develop a prototype system to support the process of viability analysis of passenger transportation lines by road. The GIS enables a lot of functionalities that improves the efficiency and trust of the data analysis process, such as real object representation by geospatial information, support of phenomenon's spatial analysis and the storage and retrieval of information using database concepts. Throughout the paper, the situation of the infra-structure of transportation in Brazil is described, from a historical analysis to the actual situation of the transportation matrix in the country. The passenger transportation lines market then becomes the focus of the work, presenting some difficulties, tendencies and needs of the sector. In continuation, the prototype elaboration phase is described, with an explanation of some transportation models, their requisites and functional needs, the technologies involved, as well as conceptual data modelling. In addition, the procedures needed to simulate the viability condition of a new transportation line are showed, through sequential dialogs for user interaction. Finally, the system's functionality is sampled simulating two transportation lines, detailing the models studied. With the results obtained, it is understood that using the system to examine the viability of passenger transportation lines by road reaches answers efficiently, and in spite of some difficulties encountered, it is hoped to disseminate an approach that contributes to the development of this sector.

**Keywords:** Geographic Information Systems; Passenger transportation; Viability models.

## 1 INTRODUÇÃO

O transporte rodoviário de passageiros, no Brasil, é considerado um serviço público essencial, tendo seu grau de importância afirmado quando se observa que essa é a principal modalidade na movimentação coletiva de usuários no país, nas viagens de âmbito interestadual e internacional.

Entretanto, apesar de ter sua importância firmada na maioria dos deslocamentos dos brasileiros, todos os que procuram analisar o enorme conjunto de dados acerca do tema provavelmente tenham uma reação inicial de desânimo. Pior ainda, talvez venham a considerar irracionais os usuários dessa modalidade de locomoção, face aos diversos matizes comportamentais encontrados.

Na verdade, o comportamento do usuário não é nada irracional, o que falta ao país é um esforço continuado de levantamento, análise, modelagem e monitoramento desses dados, o que no momento parece ser a preocupação do órgão regulador do setor, a ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres.

Apesar de toda a dificuldade, o serviço essencial oferecido pelas empresas permissionárias vem atendendo razoavelmente bem à população, necessitando, porém, de alguns instrumentos para aprimorar o planejamento e operação no setor. Além disso, considerando a representatividade do modal rodoviário na matriz de transportes, é estratégico, cada vez mais, ampliar o uso de recursos tecnológicos e de informação, visando não só preservar, como também ampliar suas potencialidades perante o referido mercado.

Nesse âmbito, a dinâmica do setor de transporte rodoviário de passageiros brasileiro tem demandado a implantação de uma sistemática ágil de planejamento dos serviços ao usuário. A

análise da viabilidade de linhas de transporte, bem como a geração de cenários com o volume de movimentações e o padrão de tarifação projetado para viagens entre pólos de transporte, são os aspectos mais relevantes a serem considerados em um aplicativo desse tipo. Afinal, é humanamente impossível, para uma Agência como a ANTT, planejar, acompanhar e monitorar as empresas permissionárias desses serviços sem instrumentos mais modernos de análise, que forneçam uma resposta rápida e justa às questões lançadas pelos usuários, operadores, órgãos do governo e pela sociedade em geral.

Há que se considerar, no entanto, que todo esse esforço deve ser um processo continuado de análise e aprimoramento. Afinal, não é necessário ser um profundo conhecedor do assunto para saber que os volumes transportados não representam efetivamente a demanda real, porém fornecem informações importantes para o órgão regulador, principalmente quando se dispõe de informações complementares, como estimativas de elasticidades, por exemplo. Assim, parte-se dos dados disponíveis para, após analisá-los, passar a investigar novos caminhos, que contemplem, inclusive, outras formas de levantamento de informações. Em segundo lugar, linhas de ônibus limítrofes, formalmente consideradas interestaduais, como é o caso de ligações entre o Distrito Federal e localidades suburbanas em Goiás, têm características muito próprias, mas têm seus dados elencados no mesmo conjunto que as demais. Há também as questões sobre confiabilidade das informações e a competição entre modalidades de transportes, pois em muitas ligações, o transporte aéreo vem atraindo parte significativa dos usuários de serviços de ônibus (LABTRANS, 2005).

## **1.1 Objetivos Gerais**

Com base nas necessidades apresentadas acima, o presente trabalho objetiva o desenvolvimento de um sistema georreferenciado, baseado em modelos matemáticos para determinação de demanda e da viabilidade de uma nova ligação, desenvolvidos no Laboratório de Transportes – ECV/UFSC, para auxiliar o gestor no processo decisório sobre a viabilidade de implantação de uma linha rodoviária interestadual de transporte de passageiros.

## 1.2 Objetivos Específicos

A análise sistemática para resolução de um determinado problema é uma abordagem que possibilita a obtenção de resultados mais eficientes e precisos em qualquer área de estudo. Nesse propósito, para se alcançar tais propriedades, foram definidos alguns objetivos específicos, conforme segue:

- Apresentar informações sobre indicadores e variáveis pertinentes à análise de viabilidade de uma linha de transporte rodoviário de passageiros;
- Permitir a simulação, visualização e armazenamento das ligações analisadas;
- Possibilitar a apresentação dos processos em cada etapa da análise de viabilidade, através de relatórios e gráficos;
- Disponibilizar, através dos conceitos de Sistemas de Informações Geográficas, informações sobre camadas básicas como cidades, estados, rodovias, etc, tanto graficamente como descritivamente;
- Permitir a criação de novas camadas temáticas, montadas com base em informações das camadas básicas pré-existentes;
- Prover meios de importação e exportação de dados para fins de atualização do sistema e interação com outros produtos;
- Representar o itinerário de uma linha simulada através de mapas e tabelas descritivas.

## 1.3 Metodologia

A pesquisa conduzida por este trabalho é de natureza aplicada, uma vez que objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais, como a viabilidade de linhas de transporte de passageiros.

Sob o ponto de vista de abordagem do problema, a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas, sendo o processo e seu significado os focos principais de abordagem. Dessa forma classifica-se como sendo qualitativa.

Como visa proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo explícito, a pesquisa define-se como exploratória, envolvendo levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulam a compreensão, assumindo a forma de uma pesquisa bibliográfica.

Cumprem-se, nesse trabalho, as etapas decorrentes do planejamento e execução de uma pesquisa. Iniciou-se com a escolha do tema, definido como a análise de viabilidade de linhas interestaduais de transporte rodoviário de passageiros. Elaborou-se uma revisão da literatura, contemplando assuntos como os Sistemas de Informações Geográficas e as condições de transporte no Brasil. Com base nas necessidades encontradas com a referida revisão, elaborou-se a formulação do problema e a determinação dos objetivos a serem alcançados. Em seguida apresenta-se a metodologia, coleta e tabulação dos dados.

Por fim, efetua-se uma análise baseada nos resultados encontrados, servindo de base para inferirem-se algumas conclusões, redigidas e apresentadas em forma de texto neste trabalho.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O trabalho consiste, inicialmente, de um embasamento teórico formulado através de dados levantados em pesquisa bibliográfica, que dará uma visão geral sobre os Sistemas de Informações Geográficas, abordando um histórico evolutivo, a modelagem das informações e as funcionalidades apresentadas, detalhados no capítulo dois.

O terceiro capítulo trata das condições acerca do setor de transportes no Brasil, sendo enfatizados assuntos como a infra-estrutura, o histórico dos veículos para transporte de passageiros, como também os aspectos regulatórios de mercado. Ainda nesse capítulo, são expostas as necessidades encontradas no setor de transporte de passageiros, expondo a justificativa para a realização do trabalho.

Por sua vez, o capítulo quatro tratará das fases de desenvolvimento do sistema, apresentando os modelos matemáticos de demanda e viabilidade que são o núcleo de sua formação. Além disso, descrevem-se as necessidades funcionais mapeadas, o modelo conceitual de dados e os diálogos de interação entre analista e sistema.

No capítulo seguinte, contempla-se a análise do desempenho do sistema, através de resultados obtidos com a execução de alguns exemplos de aplicação. São efetuadas análises de viabilidade para duas novas ligações rodoviárias com características distintas.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as considerações finais do estudo, onde se apontam alguns pontos positivos e negativos identificados, bem como as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

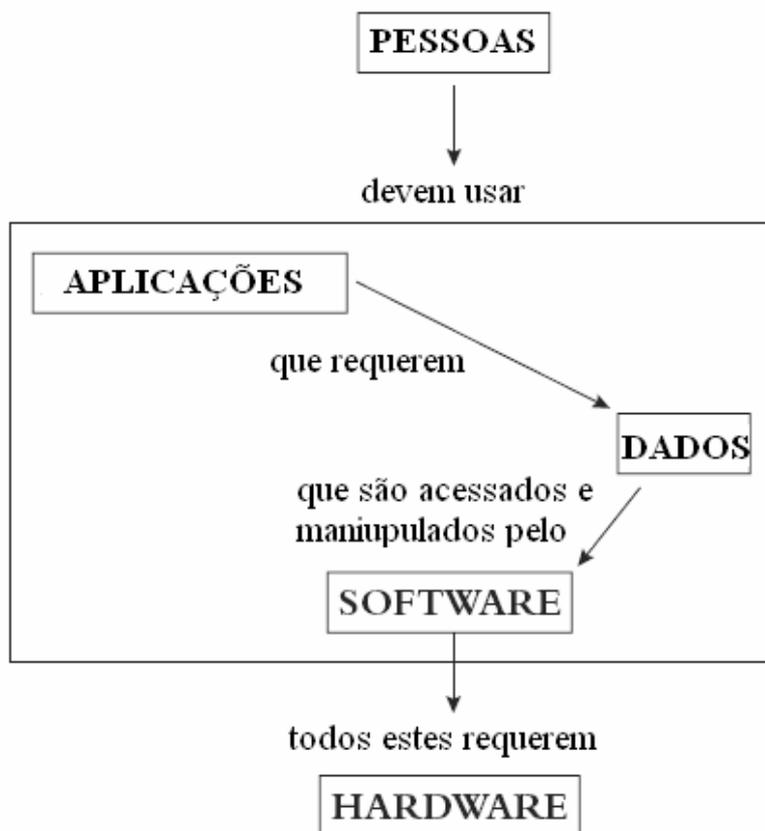
## 2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

### 2.1 Definição

Vive-se em um tempo onde a informação é a grande riqueza capaz de destacar um ser humano diante de sua sociedade. Assim a velocidade de obtenção e o nível de qualidade dessa informação deve ser o mais substancial possível, para possibilitar melhores resultados na execução de qualquer trabalho. Nas últimas décadas, diversas tecnologias surgiram como ferramentas de apoio ao executor, tornando mais alcançável a afirmação acima. Entre estas, a aplicação da referência geográfica da informação em sistemas computacionais – os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs) – possibilita dar uma melhor visualização do problema, facilitando a tomada de decisões (ALMEIDA, 2002).

De acordo com HARMON e ANDERSON (2003), os componentes integrantes de um SIG, assim como seus agentes, podem ser descritos como sendo:

- **Pessoas** – os usuários do sistema;
- **Aplicações** – os processos e programas que os usuários utilizam para realizarem seus trabalhos;
- **Dados** – a informação necessária como suporte ao funcionamento das aplicações;
- **Software** – o núcleo do *software* SIG;
- **Hardware** – os componentes físicos sobre os quais o sistema funciona.



**Figura 01 – Componentes de um SIG.**

Fonte: Adaptado de HARMON e ANDERSON (2003).

As pessoas são o componente de maior importância na estrutura, uma vez que qualquer sistema de informação, geográfico ou não, é construído para suprir as suas necessidades, tanto para utilização no emprego, na obtenção de resultados mais rápidos e precisos, quanto para o uso pessoal, como em roteirizadores de automóveis e etc.

Em seguida na hierarquia surgem as aplicações, pois são elas que definem o trabalho a ser realizado. Nas organizações as pessoas precisam emitir relatórios, tomar decisões e geralmente empenham todo o esforço e habilidade que possuem para alcançar um bom resultado. Desse modo, os processos por elas desenvolvidos, para executarem tais tarefas e atingirem determinadas metas, são as aplicações propriamente ditas.

As aplicações requerem os dados, uma vez que de nada servem os processos de geração de informação sem o acesso apropriado aos dados e informações corretas acerca do problema. Para

um SIG, essas informações são geralmente armazenadas em um banco de dados, necessitando de um *software* para acessar, manipular e gerenciar tal conteúdo.

A tríade no centro da figura 01 representa o núcleo do sistema de informação, uma vez que deve estar robusta o suficiente para resistir ao uso incorreto, por parte dos usuários, sem apresentar problemas e flexível o bastante para adequar-se às inovações tecnológicas, constantes e cada vez mais rápidas, dos computadores. Esse é o motivo do *hardware* aparecer abaixo na hierarquia esquemática apresentada.

Devido ao fato de ser aplicável em diversas áreas e contextos diferentes e abranger conceitos multidisciplinares, é muito difícil enunciar uma definição única e precisa do conceito de SIG. Dessa forma, o termo vem sendo objeto de várias definições por parte de diferentes autores, inclusive fugindo do escopo relacionado à informação georreferenciada.

MARBLE (1984 apud HIGASHI 2002) define Sistemas de Informações Geográficas como sendo “sistemas voltados à aquisição de dados, análise, armazenamento, manipulação e apresentação de informações referenciadas espacialmente”.

Ainda no estudo de HIGASHI (2002), TOMLIN (1990) é citado definindo SIG como sendo um recurso para preparar, apresentar e interpretar características relativas à superfície da Terra.

De acordo com BILL & FRISTCH (1991 apud MARTINS 2001), um Sistema de Informação Geográfica é definido como um sistema baseado no computador, consistindo de *hardware*, *software* e dados geográficos, que serve para capturar e atualizar dados espaciais, armazenando-os para análise e apresentação gráfica e alfanumérica.

Segundo EASTMAN (1998 apud SANTOS et al. 1998), a tecnologia desenvolvida em SIG tem afetado todos os profissionais que trabalham com dados espaciais em todos os campos do conhecimento das atividades humanas. Muito dos softwares desenvolvidos para SIG são erroneamente chamados de SIG, sendo apenas um dos componentes, necessitando de hardware e do analista. O sistema não tem respostas prontas, pois é apenas uma ferramenta, necessitando portanto da interação com o analista para produzir soluções desejadas, através da realização de análises complexas, integrando dados de diversas fontes.

Finalmente, pode-se dizer que a última definição apresentada acima foi a que melhor se adequou ao desenvolvimento deste trabalho, onde o termo pode ser definido de duas maneiras distintas.

A primeira diz respeito à utilização para se referir, de forma genérica, a um sistema de informação que contempla características relativas a localizações espaciais, definindo uma visão mais abrangente do termo.

Já a segunda utiliza o termo para referir-se a uma determinada classe de produto comercial, na forma de sistema computacional, especialmente direcionada para a realização de estudos que envolvem dados representando localizações geográficas.

Entretanto, é importante distinguir o conceito de Sistema de Informação incluindo dados relativos a características espaciais de entidades georreferenciadas do de produto tecnológico voltado para a sua realização. Neste trabalho ambos os conceitos são abordados, uma vez que a fundamentação teórica concentra-se na forma mais abstrata de definição, mencionada em primeiro lugar, dado que focar-se-á na perspectiva de sua informatização. E a segunda forma de definição encontra-se no objeto resultante, onde consiste de uma ferramenta que se utiliza dos conceitos da primeira, para apresentar os resultados esperados em um estudo específico, no caso, o transporte rodoviário de passageiros.

## **2.2 História e Evolução**

Efetivamente, a informação geográfica organizada por temas, tem sido tradicionalmente apresentada sob a forma de mapas desde as mais antigas civilizações. Recorrendo apenas a processos manuais, foi possível representar em folhas de papel o resultado das observações efetuadas sobre algumas características da superfície terrestre. Estas, por sua vez, eram representadas por meio de pontos, linhas e áreas aos quais eram associados símbolos, cores e padrões, cujo significado era explicado numa legenda ou num texto.

Com base nesses mapas era possível realizar-se diversas formas de análise. As primeiras operações de análise efetuadas tinham um caráter essencialmente qualitativo, uma vez que se baseavam na mera observação visual e na intuição do indivíduo que efetuava a análise. Utilizando algum artifício, como nos mapas baseados em uma escala, era também possível realizar algumas operações de análise quantitativa, basicamente relativas ao cálculo de distâncias e áreas (ABRANTES, 1998).

No entanto, é perceptível que tais mapas apresentavam diversas limitações, devido ao caráter manual que lhes era inerente. Eles eram pobres em seus detalhes, pois devido ao alto custo de produção adotavam-se escalas pequenas e, conseqüentemente, a informação era representada com um alto nível de generalização. Além disso, encontravam-se desatualizados com grande rapidez, e se atualmente sabe-se que é impraticável redesenhar a totalidade de um mapa sempre que a realidade é alterada, pode-se imaginar a imensa dificuldade de executar essa tarefa décadas atrás. Enfim, elaborar uma análise espacial sobre diversos temas distintos era um trabalho de elevada dificuldade na prática, sendo possível apenas para um volume pequeno de dados.

Desta forma, a utilização de meios computacionais para dar suporte à informação espacial tornou-se cada vez mais necessária no ambiente de pesquisa. Seu início ocorreu no princípio da década de 60, com a codificação digital da informação que, tradicionalmente, apenas era representada sob a forma de mapas em papel. Contudo, com os avanços no campo da tecnologia de informática alcançados no início da década de 70, particularmente os relacionados com o acesso direto a discos e a evolução dos sistemas gráficos, permitiram obter resultados significativos. Posteriormente, o enorme aumento de eficiência do processamento computacional permitiu o recurso a diferentes tipos de análise espacial, possibilitando enfim análises multicriteriais com resultados efetivos (ABRANTES, 1998).

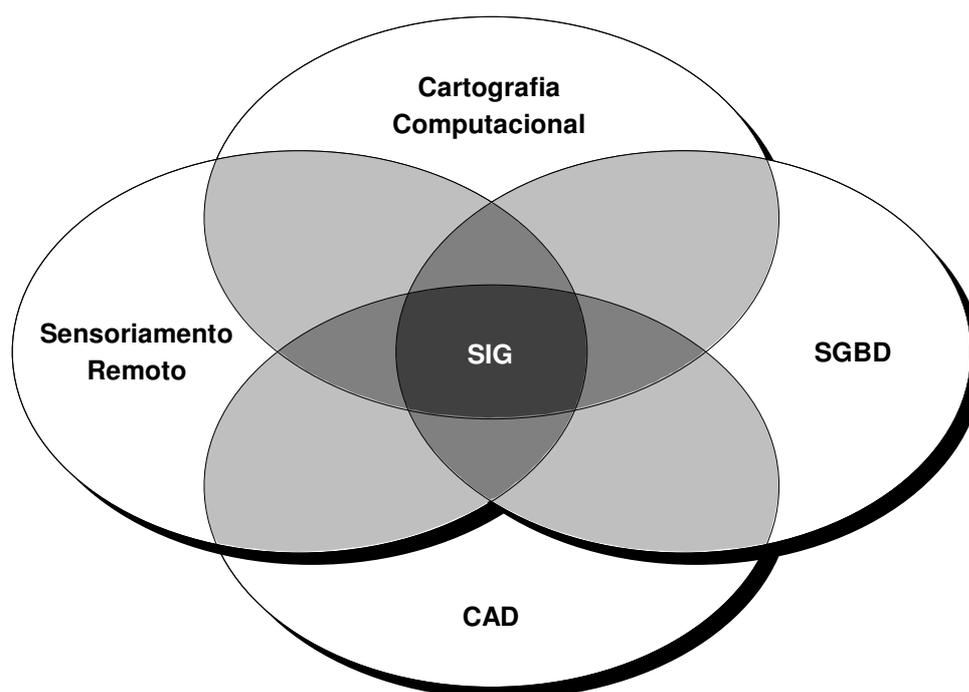
Inicialmente, os primeiros sistemas desenvolvidos tinham o objetivo de produção automática de cartografia, relacionada a temas da responsabilidade de alguns organismos oficiais dos EUA. Entretanto, o CGIS (*Canada Geographic Information System*) é freqüentemente citado como sendo o primeiro SIG verdadeiro em seu conceito pleno, pois além de produção de cartografia possibilitava também operações de análise espacial.

A utilização deste tipo de sistemas, permitindo interpretar os dados segundo diferentes perspectivas, possibilitou uma visão melhor da informação, bem como formas novas de proceder e de apresentar resultados. O sucesso obtido deveu-se, em grande parte, ao poder das representações no espaço para sugerir causas, explicações e relações.

Segundo BURROUGH (1994 apud SANTOS et al. 1998), a história do uso de computadores para mapeamento e análise espacial vem mostrando um desenvolvimento paralelo na automação da aquisição de dados, análise de dados e apresentação de informações em diferentes modelos de arquivos. Estes arquivos resultantes do mapeamento cadastral e topográfico, levantamentos da cartografia temática, da engenharia civil, da geografia, dos estudos matemáticos

de variações espaciais, dos levantamentos da ciência do solo, dos levantamentos fotogramétricos, do planejamento urbano e rural, utilizam sistemas de rede e análise de imagens.

A afirmação explica o porquê dos SIG serem utilizados como ferramentas de análise geográfica, por excelência, já que permitem a integração de grandes volumes de informação espacial e de outros tipos num mesmo sistema e o seu tratamento de forma conjunta. Esta integração tornou-se possível como resultado da convergência de várias disciplinas e técnicas tradicionais anteriores. Dentre estas podem citar-se como especialmente relevantes a Geografia, Cartografia, Fotogrametria, Sensoriamento Remoto, Agrimensão, Geodesia, Engenharia Civil, Matemática, Estatística, Investigação Operacional, Informática, e dentro desta as áreas de CAD (*Computer Aided Design*), Computação Gráfica, SGBD (Sistemas Gestores de Bases de Dados), Redes de Computadores e Inteligência Artificial (ABRANTES, 1998).



**Figura 02 – Convergência das diversas áreas que resultaram no surgimento dos SIG.**  
Fonte: Adaptado de XAVIER (2003).

## 2.3 Modelo de Dados

Durante toda a trajetória evolutiva já elencada, os especialistas na área de SIG vêm utilizando duas classes, ou modelos, para agrupar os dados geográficos: o modelo *raster* (também conhecido como matricial) e o modelo vetorial.

Na estrutura *raster*, o mundo real é representado por uma matriz  $M_{i,j}$ , composta por  $i$  colunas e  $j$  linhas que, ao se cruzarem, determinam uma grade de células. Cada célula, também denominada de *pixel*, possui largura e altura específicas e a grade formada por seu agrupamento cobre uma área retangular de interesse do estudo. Seu valor representa uma característica do mundo real na posição onde a célula está localizada. Como forma de representação, o elemento ponto pode ser determinado como uma única célula, o elemento linha como uma coleção de células conectadas em seqüência e o elemento área como um aglomerado de células vizinhas.

Neste modelo, a superfície é concebida como contínua, onde cada *pixel* representa uma área no terreno, definindo a resolução espacial. Em dois documentos visualizados na mesma escala, o de maior resolução espacial apresentará *pixels* de menor tamanho, já que discrimina objetos de menor tamanho. Por exemplo, um arquivo com a resolução espacial de um metro possui maior resolução do que um de vinte metros, pois o primeiro discrimina objetos com tamanho de até 1 m, enquanto o segundo de até 20 m. As medidas de área e distância serão mais exatas nos documentos de maior resolução, mas, por sua vez, eles demandam mais espaço para o seu armazenamento (FRANCISCO, 2007).

A estrutura vetorial representa as características do mundo real através de coordenadas cartesianas, que armazenam a informação espacial. Dependendo da sua forma e da escala cartográfica aplicada, os elementos podem ser representados pelas mesmas feições geométricas já citadas: pontos, linhas e áreas.

Os pontos são representados por um vértice, ou seja, por uma única coordenada e não possuem área nem comprimento. Em uma escala pequena eles podem representar uma cidade, uma escola numa escala intermediária ou um buraco na estrada em uma escala grande. A título de esclarecimento, podem-se exemplificar as escalas pequena, média e grande de maneira que uma unidade de medida no mapa represente 10.000.000, 250.000 e 25.000 dessa mesma unidade no mundo real, respectivamente.

As linhas podem ser representadas por dois ou mais pares de coordenadas conectados, de forma a gerar polígonos abertos, definindo elementos que possuem comprimento ou extensão linear. Podem-se citar as estradas, rios e dutos como exemplos dessa entidade.

Áreas são formadas por no mínimo três pares de coordenadas conectados, sendo que a primeira coordenada deve coincidir com a última, formando um polígono fechado, que por sua vez possui perímetro e área. Municípios, estados e áreas de reserva podem ser citados como exemplos.

	VETORIAL	RASTER	CONSIDERAÇÕES
<b>Ponto</b>			<b>Local indeterminado dentro do pixel (raster)</b>
<b>Linha</b>			<b>Degraus de escada, extensão calculada (raster)</b> <b>Arcos reais ou aproximações com linhas (vetorial)</b>
<b>Área</b>			<b>Tamanho da célula raster (resolução)</b>

**Figura 03 – Comparação entre dados raster e vetorial.**  
Fonte: Adaptado de HARMON e ANDERSON (2003).

Conceituar camadas e objetos também é de primordial importância na abordagem de SIG, uma vez que definem as principais estruturas de dados a serem manipuladas por essas ferramentas. Basicamente as camadas são estruturas que agrupam objetos de características semelhantes, os quais representam elementos do mundo real.

Antes do surgimento dos SIG, a separação dos elementos em camadas era uma forma segura de se produzir mapas. Atribuíam-se diferentes cores aos elementos de características semelhantes, como vermelho para áreas urbanas, verde para vegetação, etc. Ao final, a combinação de todas as camadas em uma única representava o resultado desejado. A segurança era maior uma

vez que se fossem construídas todas juntas, um erro na execução de uma etapa poderia levar todo o trabalho a perder. Dessa forma, apenas a etapa em questão era descartada e iniciada novamente, preservando todo o conteúdo gerado nos processos anteriores.

A separação do mundo em camadas foi então absorvida pelas ferramentas de CAD posteriores, das quais os Sistemas de Informações Geográficas derivaram. Entretanto, essa separação não levava em conta somente as cores dos elementos em estudo, mas teve sua aplicação entendida, onde um simples desenho pode consistir de uma dúzia de camadas e uma camada pode ser formada por objetos de diversas outras camadas.

A noção de estruturação de dados em camadas tem um histórico de vantagens na abordagem de SIG. De fato, tal abordagem possibilitou a superação de diversas dificuldades encontradas em um mapa topológico. Um exemplo era a análise dos padrões de drenagem de um local, onde as linha azuis, objetos da análise, eram ofuscadas pelas outras informações. Então, a facilidade de “ligar” ou “desligar” uma camada permitiu de forma simples uma análise antes penosa em tais mapas, pois se opta por visualizar apenas o conteúdo relevante.

Pode-se também controlar a ordem que as camadas são visualizadas na tela, movendo-as para baixo ou para cima na lista das que estejam disponíveis. Assim elementos de uma camada podem ocultar os contidos nas inferiores, permitindo uma composição interessante ao usuário. Um exemplo são as camadas de divisão política, onde os objetos que definem os países podem ser sobrepostos pelos que definem os estados do Brasil, permitindo uma visualização da composição sem a alteração das camadas originais.

## **2.4 Funcionalidades e Aplicações**

O termo Sistema de Informação Geográfica (SIG) é utilizado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos.

**Quadro 01 – Finalidade, objetivo e áreas de aplicação dos SIG.**

<b>Finalidade</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Área de aplicação</b>
Projetos	Definição das características do projeto	Projeto de loteamentos Projeto de irrigação
Planejamento territorial	Delimitação de zoneamentos e estabelecimento de normas e diretrizes de uso	Elaboração de planos de manejo de unidades de conservação Elaboração de planos diretores municipais
Modelagem	Estudo de processos e comportamento	Modelagem de processos hidrológicos
Gerenciamento	Gestão de serviços e de recursos naturais	Gerenciamento de serviços de utilidade pública Gerenciamento costeiro
Banco de Dados	Armazenamento e recuperação de dados	Cadastro urbano e rural
Avaliação de riscos e potenciais	Identificação de locais susceptíveis à ocorrência de um determinado evento ou fenômeno	Elaboração de mapas de risco Elaboração de mapas de potencial
Monitoramento	Acompanhamento da evolução dos fenômenos através da comparação de mapeamentos sucessivos no tempo	Monitoramento da cobertura florestal Monitoramento da expansão urbana
Logístico	Identificação de pontos e rotas	Definição da melhor rota Identificação de locais para implantação de atividades econômicas

Fonte: FRANCISCO, 2007.

Observando o quadro 01, encontra-se uma ampla gama de aplicações desse tipo de ferramenta, uma vez que a localização geográfica é um parâmetro fundamental na análise destes temas. Entretanto, apesar de ser usado em diversas áreas, THOMÉ (1998) define que há pelo menos três formas distintas de se utilizar um SIG:

- como ferramenta para produção de mapas;
- como suporte para análise espacial de fenômenos e
- como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamento e recuperação de informação espacial.

Como produtos da primeira forma de utilização pode-se citar a criação de mapas rodoviários para a orientação de motoristas, mapas escolares com divisão política, geológica, climática, entre outros. A segunda forma diz respeito aos diversos cálculos que se pode fazer com base no caráter geoespacial inerente ao SIG. Distância entre duas cidades, cálculo das áreas de um estado ou grupo de estados e extensão de uma rodovia são alguns exemplos. Já a terceira forma de

utilização tem enfoque na característica cadastral do SIG, assim como a recuperação de suas informações. Número de acidentes em um determinado trecho de rodovia, número de faixas da pista, população de uma cidade e sua renda per capita podem ser citados como exemplos desse foco.

Efetivamente, a diferenciação entre SIG e outros sistemas que podem trabalhar com mapas, como os de CAD ou de produção de cartografia, toma como base a funcionalidade que esses sistemas disponibilizam para o usuário.

Neste âmbito, a distinção mais importante está no fato de que um SIG é capaz de realizar a síntese de dados geográficos de diversas naturezas e de forma automatizada, considerando os calculados pelo próprio sistema. Ou seja, a capacidade de produzir informações novas, que podem ainda ser usadas para atualizar dados desse mesmo SIG, é a qualidade que o distingue de outros sistemas de acesso simples a dados previamente registrados.

Pela abrangência expressada acima, observa-se que estes tipos de sistema lidam com informações multidisciplinares, onde a heterogeneidade e complexidade dos diversos temas são tratadas como questões comuns.

Desta forma, os SIG têm uma característica básica de integração de informações, tornando-se uma ferramenta que procura agregar, em sua tecnologia, dados artificialmente separados pelo homem, de forma a manipulá-los e apresentá-los de outras maneiras, proporcionando uma nova visão ao usuário. Uma outra característica apresentada é a de suporte à decisão. Pela possibilidade de apresentar as informações existentes de uma outra maneira, resultante de manipulações e análises, esse tipo de sistema provê ao usuário um suporte à tomada de decisão, para melhor planejar o tema em estudo, por exemplo (THOMÉ, 1998).

Em resumo, mesmo sabendo das diferentes definições de SIG, podemos dizer que elas expressam visões de diferentes pesquisadores, porém convergem para um mesmo ponto em comum. Tal ponto de convergência está expresso na capacidade de integrar em um único banco de dados informações espaciais de diferentes áreas, oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, e para consultar, recuperar e visualizar, em ambiente gráfico adequado, o conteúdo da base de dados geográficos.

### **3 O TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE PASSAGEIROS**

#### **3.1 Infra-Estrutura de Transportes no Brasil**

A preocupação com a integração nacional é relatada desde as épocas mais remotas da história do Brasil, sendo observada inclusive no período colonial, onde as autoridades portuguesas tinham que enfrentar diversas tentativas de invasão por outras potências européias. Já naquele tempo, a construção de uma rede unificada de transporte era apresentada como uma forma única de assegurar-se a integridade do território nacional.

Além da preocupação com a garantia da terra, a proposta também era apresentada como solução para o isolamento das chamadas “ilhas econômicas”, que se desenvolviam de forma não sinérgica, o que era prejudicial para a economia do país como um todo.

Durante os governos do império e, igualmente, após a proclamação da república, diversos engenheiros brasileiros elaboraram ambiciosos planos de transportes para o Brasil, sempre com o intuito de acelerar o crescimento do país, que era contido pela ausência de um sistema nacional de comunicação e de um sistema de transporte unificado.

Segundo GALVÃO (1996), a elaboração do Plano Rebelo, submetido ao governo imperial no ano de 1838 pelo engenheiro José Silvestre Rebelo, foi um claro exemplo da preocupação da utilização do transporte como fator de desenvolvimento. Esse plano, essencialmente rodoviário e anterior a qualquer construção ferroviária, citava a criação de três estradas que partiriam da capital do império e alcançariam o sudeste, nordeste e norte do país. Apesar da proposta ser irreal para a época, já que havia escassa justificativa econômica para a construção das estradas, o

autor destaca que mais de um século depois o plano foi concretizado, observando-se a conformação com os principais troncos rodoviários que vieram a ser construídos.

Ultrapassada a metade do século XIX, uma seqüência de planos de viação foi apresentada ao governo, todos eles desconsiderando o modal rodoviário como principal fonte de integração nacional e destacando as vias férreas e a navegação como soluções para os problemas de isolamento ainda encontrados.

No que se refere especificamente à construção de ferrovias no Brasil, o Governo Imperial consubstanciou na Lei n.º 101, de 31 de outubro de 1835, a concessão, com privilégio pelo prazo de 40 anos, às empresas que se propusessem a construir estradas de ferro, interligando o Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. O incentivo não despertou o interesse desejado, pois as perspectivas de lucro não foram consideradas suficientes para atrair investimentos (DNIT, 2007).

Entretanto, com a promulgação da lei n.º 641 de 1852, vantagens e isenções foram prometidas às empresas nacionais ou estrangeiras que se interessassem em construir e explorar estradas de ferro em qualquer parte do País. No mesmo ano, foi concedido a Irineu Evangelista de Souza, mais tarde Barão de Mauá, a construção e exploração de uma linha férrea no Rio de Janeiro, que veio a se tornar a primeira ferrovia do Brasil, a estrada de ferro Mauá.

O Barão de Mauá, patrono do Ministério dos Transportes, colocou-se à frente de um ousado empreendimento, a construção dos estaleiros da Companhia Ponta de Areia, iniciando a indústria naval brasileira. A Estrada de Ferro Mauá permitiu então a integração das modalidades de transporte aquaviário e ferroviário, introduzindo a primeira operação intermodal do Brasil.

Outras propostas para o transporte fluvial foram apresentadas na época, como a do engenheiro Eduardo José de Moraes, que objetivava o aproveitamento de vários rios Brasileiros, prevendo a implantação de uma ampla rede de navegação fluvial, que facilitaria as comunicações dos mais remotos pontos do país entre si, por meio da construção de canais, eclusas e outras obras de engenharia, além de preconizar a integração do sistema fluvial com as ferrovias e com a navegação de cabotagem.

A implantação de ferrovias como instrumento para o desenvolvimento nos Estados Unidos inspirou os engenheiros brasileiros na produção de planos de transporte, predominado entre os anos de 1870 a 1930. Elas passaram a ser vistas como o elo necessário à interligação do país, ao

promover o aproveitamento de suas potencialidades diante da precariedade dos sistemas de navegação marítima e fluvial.

Entretanto, ao final do século XIX, percebia-se que apenas dotar o país de boas condições de transporte não era suficiente para promover o crescimento, mas que era necessário assegurar renda aos sistemas de transporte. Não é de surpreender, assim, que poucas décadas após o início da construção das primeiras linhas férreas no Brasil, a situação financeira das companhias ferroviárias em operação já constituísse séria preocupação dos governos, transformando-se, com o passar dos anos, em problema crônico que jamais veio a ser adequadamente resolvido (GALVÃO, 1996).

Chegado o século XX, o Brasil ainda se deparava com uma situação nada animadora em relação à criação de uma rede nacional de transportes e já no início da década de 1920, com o fracasso dos planos ferroviários, as atenções começaram a se voltar para as rodovias. Faziam-se presentes os primeiros indícios da época que estaria por vir, a chamada “Era Rodoviária”.

Nessa década, e na seguinte, esse modal foi o foco do desenvolvimento da maioria dos planos de transporte para o país, entretanto, diferentemente da época de ouro das ferrovias, esses planos não eram assinados apenas por indivíduos, mas também por instituições governamentais.

Em 1934, mesmo com o visível fracasso das ferrovias e a inevitável busca por modos alternativos de transporte, a rodovia ainda não liderava como via de transporte no plano geral de viação nacional, ficando atrás da cabotagem e da navegação fluvial. Por ser verdade, três anos mais tarde o primeiro Plano Rodoviário Nacional, elaborado pelo DNER, não conseguiu receber a aprovação do governo federal. Ademais, quando houve a aprovação de um plano rodoviário, estava definido como principal critério que “as estradas de rodagem a serem construídas deveriam evitar a concorrência e a superposição das rodovias com os principais troncos ferroviários existentes ou a concluir” (GALVÃO, 1996).

Essa tendência manteve-se em alta até o decorrer da década de 40, onde apesar de serem vistas como obviamente necessárias, as rodovias deviam ter um papel complementar, uma função supletiva às ferrovias e portos do país. A idéia de interligar as regiões através de vias rodoviárias era indesejável na época.

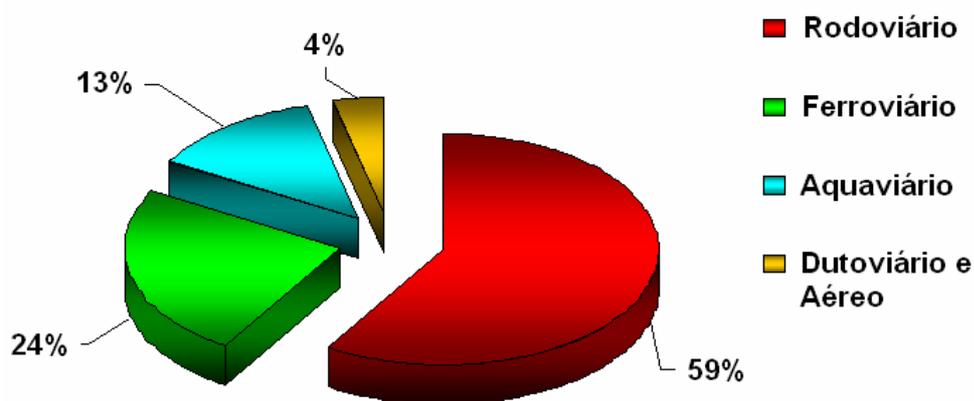
Logo após o término da segunda guerra mundial, as camadas técnicas já haviam mudado a visão acerca do modal mais importante para o país, fato que pode ser confirmado com a apresentação de um relatório de uma comissão do DNER criticando a política de evitar-se a

concorrência dos modais como vias de transporte. O principal argumento é que essa política fatalmente deixaria muitas regiões com apenas uma opção de transporte, o que dificultaria a criação de uma verdadeira e eficiente rede nacional no país. A transição dessas idéias das camadas técnicas para as políticas somente se deu no início dos anos 50, quando da aprovação de um novo plano nacional de viação.

O Plano Nacional de Viação de 1951 chegou então para acabar com as controvérsias sobre qual modal teria prioridade nos transportes do país. Com ele, as rodovias passaram a receber maior atenção nos investimentos, pois, segundo seu texto, elas assumiriam a função pioneira antes exclusiva das estradas de ferro e, em grande parte, o desenvolvimento já existente na rede ferroviária seria substituído pelas estradas de rodagem.

A evolução do transporte rodoviário, a partir dos anos 50, ocorreu em ritmo extraordinariamente rápido no Brasil. Entre 1945 e 1952, o número de caminhões e ônibus em circulação no país saltou de 103 mil para 265 mil, um crescimento de mais de 157% em apenas sete anos [Institute of Interamerican Affairs (1954a, p. 91)]. Na década de 60, a movimentação de cargas foi largamente transferida das ferrovias e da cabotagem para as rodovias: enquanto, em 1946, o volume de cargas transportadas por todas as modalidades não rodoviárias de transporte representava 92,4% [Wythe (1968, p. 186)], no ano de 1970 as estradas de rodagem já eram responsáveis por cerca de 73% de todo o movimento de cargas do país [Barat (1978, p.15)] (GALVÃO, 1996).

A partir da década de 70, com as atenções voltadas ao desenvolvimento das rodovias, a matriz de transporte do país começou a ser modificada, culminando com predominância desse modal perante os demais, fato que pode ser observado na atualidade, conforme a figura 04 e quadro 02 seguintes.



**Figura 04 – Matriz de Transporte no Brasil.**  
Fonte: COSTA, 2006.

**Quadro 02 – Transporte de cargas no Brasil.**

Modais	1970	1972	1985	1999
Rodoviário	70,0%	72,0%	53,6%	61,8%
Ferroviário	16,2%	15,8%	23,6%	19,5%
Hidroviário	12,1%	10,3%	18,3%	13,8%
Outros	1,7%	1,9%	4,5%	4,9%

Fonte: GUIALOG, 1999.

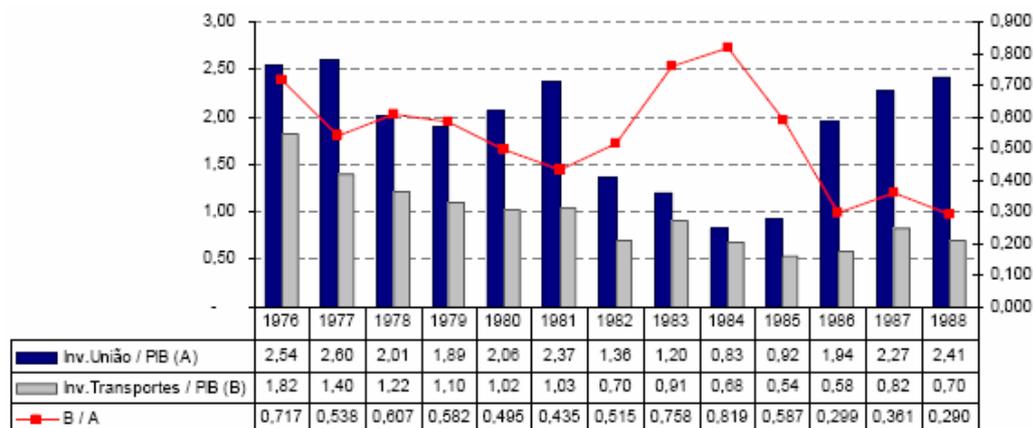
Entretanto, mesmo sendo o centro das atenções da matriz de transporte nacional desde os anos 70, a maioria das rodovias brasileiras é avaliada negativamente na atualidade, por não apresentarem boas condições de utilização, de acordo com algumas fontes pesquisadas. O quadro 03, abaixo, exemplifica uma avaliação nesse sentido.

**Quadro 03 – Situação das rodovias federais brasileiras.**

	Estado da Malha	
	%	Km
Mau ou Precário	46,4	26.448
Regular	35,4	20.178
Bom	18,2	10.374
Total	100,0	57.000

Fonte: FÓRUM NACIONAL, 2005.

A diminuição gradativa dos investimentos estatais no setor – onde o investimento em transporte teve uma queda em relação ao PIB de 1,82% em 1976 para 0,7% em 1988, chegando a 0,1% na atualidade – é um fator que possivelmente contribuiu para esta configuração apresentada na figura 05.



**Figura 05 – Evolução dos investimentos da União, total e em transportes.**  
Fonte: FÓRUM NACIONAL, 2005.

### 3.2 Histórico do Ônibus no Transporte de Passageiros

O serviço de transporte rodoviário de passageiros tem uma longa história na realidade brasileira. Em um país de dimensões continentais como o Brasil, que apresenta uma malha rodoviária de aproximadamente 1,8 milhões de quilômetros, sendo 146 mil asfaltados (rodovias federais e estaduais), a existência de um sólido sistema desse tipo de transporte torna-se vital para o desenvolvimento nacional. Além disso, pode-se dizer que é também um fator de integração regional do país, uma vez que interliga cidades, estados, municípios, não importando a distância.

O transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros é um serviço público responsável por uma movimentação superior a 140 milhões de usuários/ano. O grau de importância desse serviço pode ser medido quando se observa que o transporte rodoviário por ônibus é a principal modalidade na movimentação coletiva de usuários, nas viagens de âmbito interestadual e internacional. O serviço interestadual, em especial, é responsável por quase 95% do total dos deslocamentos realizados no País. Sua participação na economia brasileira é expressiva, assumindo

um faturamento anual superior a R\$ 2,5 bilhões na prestação dos serviços regulares prestados pelas empresas permissionárias, onde são utilizados 13.400 ônibus (ANTT, 2007).

Ao abordar-se tal tema, torna-se necessário um breve histórico sobre o principal veículo utilizado para a realização das viagens rodoviárias, o ônibus.

O surgimento do conceito do ônibus se deu na Europa, mais precisamente na França, por volta do ano de 1800. Na época eram diligências de tração animal, puxadas por seis cavalos, que transportavam um máximo de 18 a 24 passageiros.

Em 1876, o alemão Nikolas August Otto, desenvolveu as bases essenciais para a criação do primeiro motor de quatro tempos a gás. No mesmo ano, o engenheiro Karl Benz desenvolveu e apresentou publicamente, um carro sobre três rodas, impulsionado por motor de dois tempos à gasolina. Em 1893, o engenheiro começou a produção do primeiro modelo em série, desenvolvendo, em seguida, uma carruagem motorizada, entre elas, uma denominada Landau (FERNANDES, 2003).



**Figura 06 – Veículo construído por Karl Benz.**  
Fonte: MERCEDES-BENZ, 2007.

Nos primórdios da utilização do ônibus para o serviço de transporte regular de passageiros, as estradas eram praticamente inexistentes, limitando os veículos a trafegarem pelos traçados paralelos às linhas ferroviárias. Durante o trajeto, o ônibus efetuava paradas na maioria das vilas que não possuíam estações diretas nas estradas de ferro, demonstrando assim a flexibilidade desse veículo de transporte em relação ao trem de ferro.

Segundo FERNANDES (2003), no início do século XX apareceram os primeiros pneus para ônibus e já em 1909 surgiu o primeiro ônibus com transmissão por eixo cardan, substituindo o

modelo de transmissão anterior por corrente, tipo bicicleta. Um ano mais tarde, em 1910, surgiu o primeiro câmbio hidráulico, integrado ao eixo traseiro. No ano seguinte foi construída a primeira carroceria de ônibus motorizado no Brasil, pela Indústria de Carrocerias Luís Grassi & Irmão, que eram confeccionadas de início com madeira sobre um chassi de caminhão Dion Bouton.

No final da década de 20 e início da década de 30 foram constituídas as primeiras empresas de exploração comercial do transporte rodoviário de passageiros, sendo a Empresa Catharinense (hoje, Auto Viação Catarinense) a primeira empresa registrada no setor, fundada em Blumenau em 14 de abril de 1928. Nesta ocasião quase não havia estradas, sendo que as existentes eram de terra ou pavimentadas com pedras e os “auto-ônibus” eram conhecidos por “marinetes” ou “jardineiras”, tinham pequena capacidade e conforme a legislação deviam se deslocar no máximo a 30 km/h (GÔMARA, 1999 apud FERNANDES, 2003).

Com o andar da Segunda Guerra Mundial o sistema de bondes elétricos entrou em colapso, causado pela dificuldade de importação de peças, subestações e trilhos. Esse fato, aliado aos avanços tecnológicos surgidos na época, impulsionou o transporte por ônibus nas cidades. Na medida em que esses avanços foram surgindo, acabaram também sendo agregados ao ônibus, como a fixação do motor à parte traseira, suspensão pneumática, aumento do ângulo da direção facilitando as manobras, estrutura prensada (ônibus monobloco), que permitiu redução no peso dos veículos, aumentando sua estabilidade e capacidade de carga.

O ônibus começou a ocupar gradualmente seu espaço. Em 1945, fabricou-se o primeiro ônibus com carroceria metálica, desenvolvendo-se a indústria automotiva com um parque industrial pesado e eficiente, diferentemente de quando os chassis que se construía eram de caminhão, inapropriados para o transporte de passageiros.

A partir da década de 60, o sistema brasileiro de transporte rodoviário de passageiros foi marcado por uma contínua expansão e definitiva consolidação, especialmente com a abertura do mercado e com o crescimento da indústria automobilística, marcado pela instalação das empresas multinacionais como a Ford, a Mercedes Benz e a Scania.

Com a chegada da fábrica sueca VOLVO, em 1977, houve a colocação no mercado, de veículos cada vez mais evoluídos. As encarroçadoras como Ciferal, CAIO, Marcopolo (ex-Nicola) e Busscar (antes Nielson), hoje produzem no Brasil, ônibus que são exportados para o mercado externo, estando entre os melhores do mundo (FERNANDES, 2003).

### 3.3 Considerações sobre Regulamentação

No Brasil, para efeitos de regulamentação e fiscalização, o transporte de passageiros é tratado nas três esferas de governo, onde cada qual assume sua respectiva responsabilidade. O transporte urbano, realizado dentro da cidade, está sobre os cuidados das prefeituras municipais, enquanto os governos estaduais respondem pelas linhas intermunicipais dentro de seus próprios territórios, ligando municípios de um mesmo estado. Por sua vez, o Governo Federal zela pelo transporte interestadual - foco desse estudo - e internacional de passageiros, ditando as regras do transporte de um estado para outro ou que transpõe fronteiras terrestres com outros países.

Esse tipo de transporte teve a sua primeira regulamentação com a edição do Decreto n.º 68.961, de 20 de julho de 1971, que atribuiu ao Departamento Nacional de Estradas de Rodagem - DNER a competência para sua execução. Foram regularizados os serviços até então existentes e determinadas regras para a criação de novas linhas.

O regulamento inicial foi modificado pelos Decretos de n.os 90.958, de 14 de fevereiro de 1985 e 92.353, de 31 de janeiro de 1986, alterado pelo Decreto n.º 99.072, de 08 de março de 1990, porém sempre mantendo o DNER como gestor dos serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional coletivo de passageiros.

Com a edição da Lei n.º 8.028, de 12 de abril de 1990 que dispõe sobre a organização da presidência da república e dos ministérios, e do Decreto n.º 99.244, de 10 de maio de 1990, foram transferidas as competências para o então Ministério da Infra-Estrutura - MINFRA, criando-se o Departamento Nacional de Transportes Rodoviários – DNTR (ANTT, 2007).

No ano seguinte, por intermédio do decreto n.º 35 de 11 de fevereiro, extinguiu-se o DNTR, substituindo-o pela Coordenação Geral de Transportes, ainda na estrutura do MINFRA, com os mesmos objetivos.

Outro decreto, agora em 1992, criou o Departamento Nacional de Transportes Terrestres - DNTR, na estrutura do então Ministério dos Transportes e Comunicações que, em outubro do mesmo ano, foi transformado em Ministério dos Transportes. Em 1993 foi transferida a competência do DNTR para a Secretaria de Produção, que incluiu em sua organização o Departamento de Transportes Rodoviários - DTR.

O Ministério dos Transportes foi reestruturado com o Decreto n.º 1.642, de 25 de setembro de 1995, tendo sido criada a Secretaria de Transportes Terrestres - STT, cujo regimento

interno foi aprovado pela Portaria n.º 971, de 21 de dezembro de 1995 e, posteriormente, alterado pela Portaria n.º 21, de 28 de janeiro de 1999.

Assim o DTR passou a integrar a estrutura da STT e, por meio da Portaria n.º 100/GM/MT, de 27 de março de 1998, recebeu delegação de competência para praticar os atos relativos à organização, coordenação, controle, outorga e fiscalização dos serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional coletivo de passageiros, bem como aplicar o Acordo sobre o Transporte Internacional Terrestre – ATIT. Entretanto, em abril de 2000, foi publicada no Diário Oficial da União - DOU a Portaria n.º 92/MT, revogando a Portaria n.º 100/GM/MT/1998, e delegando ao Secretário de Transportes Terrestres a competência para, no âmbito do transporte rodoviário interestadual e internacional coletivo de passageiros de que trata o Decreto n.º 2.521, de 20 de março de 1998, responder pelos atos relativos supra citados (ANTT, 2007).

Por fim, a regulação e supervisão da prestação dos serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional coletivo de passageiros passou para a Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, com a publicação da Lei n.º 10.233, de 5 de junho de 2001, que determinou a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, criando o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT, determinando suas atribuições conforme segue:

**Art. 21.** Ficam instituídas a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT e a Agência Nacional de Transportes Aquaviários – ANTAQ, [...], nos termos desta Lei.

**Art. 22.** Constituem a esfera de atuação da ANTT:

[...]

III – o transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros

[...]

**Art. 26.** Cabe à ANTT, como atribuições específicas pertinentes ao Transporte Rodoviário:

I – publicar os editais, julgar as licitações e celebrar os contratos de permissão para prestação de serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros;

II – autorizar o transporte de passageiros, realizado por empresas de turismo, com a finalidade de turismo;

III – autorizar o transporte de passageiros, sob regime de fretamento;

[...]

VII – fiscalizar diretamente, com o apoio de suas unidades regionais, ou por meio de convênios de cooperação, o cumprimento das condições de outorga de autorização e das cláusulas contratuais de permissão para prestação de serviços ou de concessão para exploração da infra-estrutura.

Porém, a efetivação de tal fato só veio a ocorrer com a instalação da ANTT, em 13 de fevereiro de 2002.

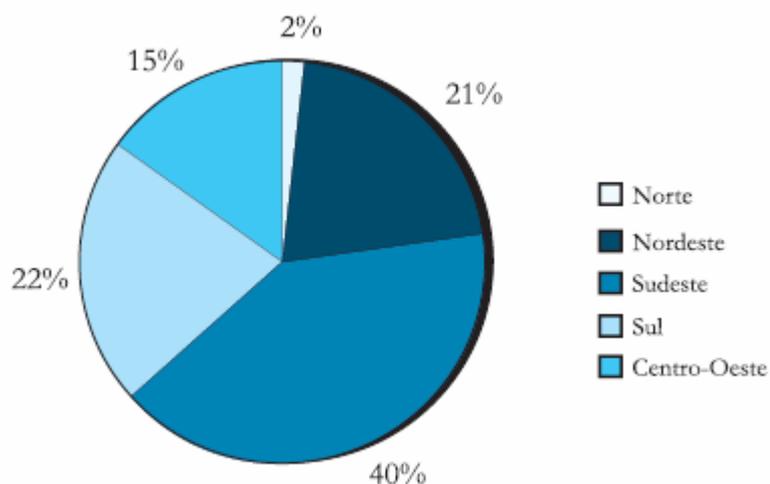
Hoje em dia no Brasil, a situação da regulamentação dos serviços de transporte rodoviário interestadual e internacional coletivo de passageiros, encontra-se regida pelas normas aprovadas em Resolução pela Diretoria Colegiada da ANTT e pelo Decreto nº 2.521/1998 , sob a égide da Lei n.º 10.233/2001 e da Lei n.º 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.

### **3.4 O Mercado de Linhas Rodoviárias**

Por ser a principal modalidade na movimentação coletiva de usuários, nas viagens de âmbito interestadual e internacional no Brasil, o transporte rodoviário de passageiros pode ser classificado como um serviço público essencial. Sendo mais específico, TCU (2005) afirma que “os serviços regulares de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros são os únicos que têm a natureza jurídica de serviços públicos, sendo classificados em convencional e semi-urbano”.

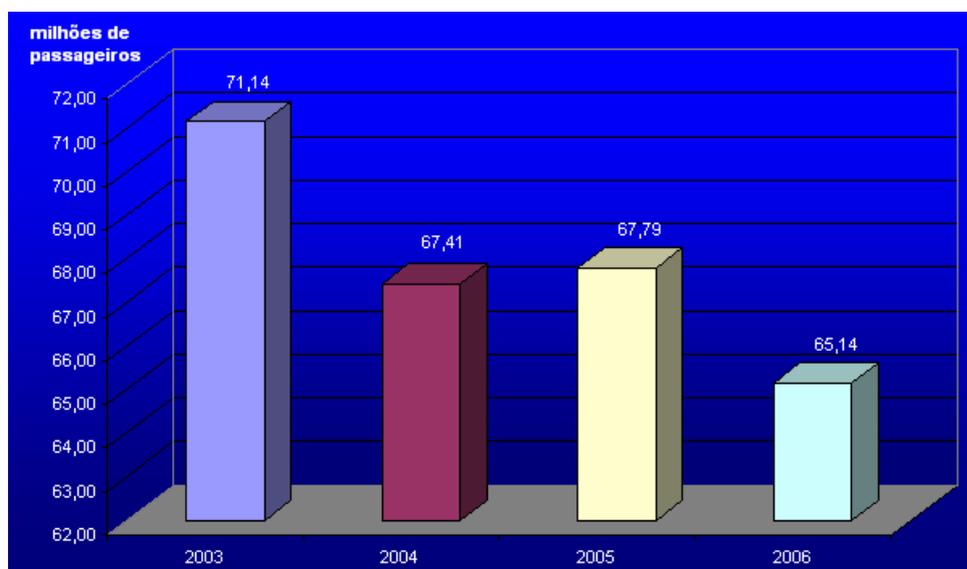
Além dos serviços regulares, também atuam no país os serviços diferenciados, que funcionam no mesmo itinerário das linhas regulares, porém com o uso de ônibus especiais como leito, semi-leito, executivo e misto. Entretanto, esses últimos não são o foco do trabalho, estando citados apenas para conhecimento.

O desenvolvimento econômico é um importante fator na determinação da atuação de uma linha rodoviária de transporte, devido à atratividade de passageiros que exerce perante outras regiões. Tal afirmação pode ser comprovada observando-se a concentração de linhas existentes na região sudeste, local das duas maiores metrópoles do Brasil, São Paulo e Rio de Janeiro. Outro fator determinante é a disponibilidade do acesso aos serviços públicos e também a densidade da malha rodoviária na região, o que explica maior concentração de linhas nas regiões sudeste e sul do que nas regiões nordeste e norte, conforme observado na figura 07.



**Figura 07 – Distribuição das linhas por região geográfica - 2001.**  
Fonte: TCU, 2005.

Apesar do ônibus de linha ser o transporte mais procurado no segmento de viagens superior a duzentos quilômetros, chamadas de domésticas, a figura 08 ilustra que sua utilização vem apresentando tendência de queda nos últimos anos, fato que também configura uma grande preocupação do setor.



**Figura 08 – Evolução do Transporte de Passageiros.**  
Fonte: ANTT, 2006.

Entre as causas que explicam a queda da demanda estão o crescimento do transporte clandestino, executado principalmente por empresas piratas atuando irregularmente no país e o maior uso do carro e do avião nas viagens, principalmente em trechos de longa distância.

Com a valorização do real e o aumento da facilidade de financiamentos, o automóvel tornou-se alternativa viável para um número cada vez maior de brasileiros, além de ser mais econômico quando transporta mais de duas pessoas. Entre 1998 e 2004, a frota de carros de passeio cresceu de 15,3 milhões para 18 milhões, segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes Automotivos. Outro setor que cresceu muito no período foi o do transporte aéreo que, segundo a Infraero, apresentou uma elevação de 40% no número de passageiros transportados. Em 1998 o volume de passageiros em vôos domésticos era de 53,7 milhões, número que saltou para 75,7 milhões de janeiro a novembro de 2005 (CAMPASSI; OLMOS, 2006).

Com o intuito de reverter a situação e reconquistar clientes perdidos, as empresas de transporte rodoviário têm apostado em ônibus mais modernos, serviços mais sofisticados, formas alternativas de pagamento e utilização de ônibus executivos e leitos, encontrando nesse último caso uma forma de poder cobrar mais pelas viagens.

Outra forma que elas encontraram para driblar a crise foi a diversificação econômica, onde se analisou que além de atuarem na indústria de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros, as empresas desenvolvem 46 outras atividades econômicas. Entre as atividades verificadas destacam-se: transporte rodoviário de cargas em geral, transporte de produtos perigosos, transporte rodoviário urbano e transporte turístico e de fretamento. Esse fato mostra a grande vantagem da indústria de transporte rodoviário de passageiros como opção de investimento, pois induz as empresas a um processo de diversificação rumo a outras atividades, representado por uma expansão lateral em direção a outros segmentos de transporte em geral, e até mesmo a outros setores da economia.

Por fim, pode-se citar como forma de proteção a avaliação sobre a interdependência econômica entre os operadores. Tal avaliação é uma tarefa essencial para se identificar os grupos societários e depende de informações sobre a composição acionária das empresas. Essas informações constam dos contratos sociais das empresas que são obrigatoriamente registrados nas juntas comerciais da Unidade da Federação da sede das permissionárias. Verificou-se que existem pelo menos 15 grupos societários constituídos, de acordo com os seguintes critérios:

- participação no capital social, uma das outras, acima de dez por cento;

- diretor, sócio-gerente, administrador ou sócios em comum, estes com mais de dez por cento do capital social e;
- controle pela mesma empresa holding.

Segundo o TCU (2005), a formação de grupos societários é uma forma de as empresas expandirem sua atuação para outros mercados, de garantirem mercados cativos, de obterem ganhos de escala, de aumentarem o retorno sobre o capital investido e de evitarem uma potencial concorrência entre as empresas. Frise-se que esse processo decorre, principalmente, de imposição de barreiras à entrada de novas empresas no setor, seja pelas normas adotadas ou pelo ritmo lento com que são realizadas as licitações, e, ainda, pelo modelo tarifário adotado.

### **3.5 Necessidades do Setor**

Analisando as empresas atuantes no setor, FERNANDES (2003) enumera algumas das preocupações acerca do transporte rodoviário de passageiros no país, as quais são:

- Qualidade e qualificação da mão-de-obra;
- Segurança nas viagens, em termos da direção defensiva e de formas de controle de assaltos aos ônibus, os quais vêm crescendo a cada dia;
- Investimento em treinamento da equipe de linha de frente, motoristas, vendedores, equipe de plataforma de embarque e desembarque;
- Cuidado e atenção ao motorista, suas condições de saúde, psicológicas e familiares, bem como condições de descanso e alimentação;
- Políticas de Recursos Humanos voltadas para a melhoria da qualidade de vida dos funcionários;
- Rapidez dos avanços tecnológicos, levando à necessidade de uma evolução contínua e comprometimento maior na relação empresa/passageiro, como por exemplo: pontos de vendas informatizados, revistas de bordo, rodomoça, refeições, som ambiente, cinema a bordo etc.;

- Utilizar como benchmarking a aviação, no que se refere ao conforto e rapidez, e o automóvel, pensando na versatilidade ponto a ponto;
- Veículos mais rápidos e silenciosos, conforto na suspensão, maior eficiência dos freios, motores de tecnologia avançada, menor nível de emissão de poluentes;
- Infra-estrutura adequada em termos de veículos, logística, pontos de apoio, programação das paradas ou seccionamentos nas viagens;
- Cartões fidelidade;
- Busca de diferencial no mercado: observar, pesquisar, compreender e oferecer ao cliente o que ele mais deseja, atendendo aos seus requisitos;
- Aumento das exigências do cliente, em nível de conforto, segurança, rapidez e preço justo.

Entretanto, para que as empresas dêem atenção aos itens mencionados, é necessário que haja livre concorrência entre elas, forçando-as a prestarem melhores serviços para que possam atrair mais passageiros. Porém, segundo a ANTT, não surgiram novas companhias de transporte permissionárias nos últimos anos, ou seja, que operam linhas fixas e não de fretamento, sendo comum encontrar trechos ainda operados por duas ou apenas uma empresa.

Em 2003 o senador Augusto Botelho pedia que os parlamentares se mobilizassem no sentido de serem realizadas licitações para novas empresas de ônibus de transporte interestadual de passageiros no país, em virtude de "omissão do Ministério dos Transportes e da Agência Nacional de Transportes Terrestres" (JORNAL DO SENADO, 2003). No episódio, citava-se que no estado de Roraima não havia licitação dessa natureza a mais de vinte anos.

Desde então, as pressões sobre a ANTT caminham nesse sentido. Nesse ano de 2007 as discussões acerca do tema aumentaram, pois até outubro de 2008, todas as linhas interestaduais e internacionais do país terão que ser licitadas. Assim, segundo IGLESIAS (2007), a ANTT que, desde a sua criação em 2001 não promoveu nenhum processo de permissão para linhas regulares de passageiros - as mais antigas remontam à década de 50 - deve preparar-se para um choque no sistema viário.

O papel da agência, entretanto, é o de realizar estudos de viabilidade técnica quando uma empresa, ou outra instituição, solicita a concessão de uma linha de transporte rodoviário. Feita a

análise, a proposta e um parecer são enviados ao Ministério dos Transportes, que avalia os pontos estratégicos e políticos e abre ou não a concorrência.

Nesse sentido, é de fundamental importância que a ANTT disponha de processos e ferramentas que agilizem e tornem eficiente a elaboração de tais relatórios técnicos, observando-se a massa de dados e informações que necessitará analisar, em um espaço relativamente curto de tempo.

## **4 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA**

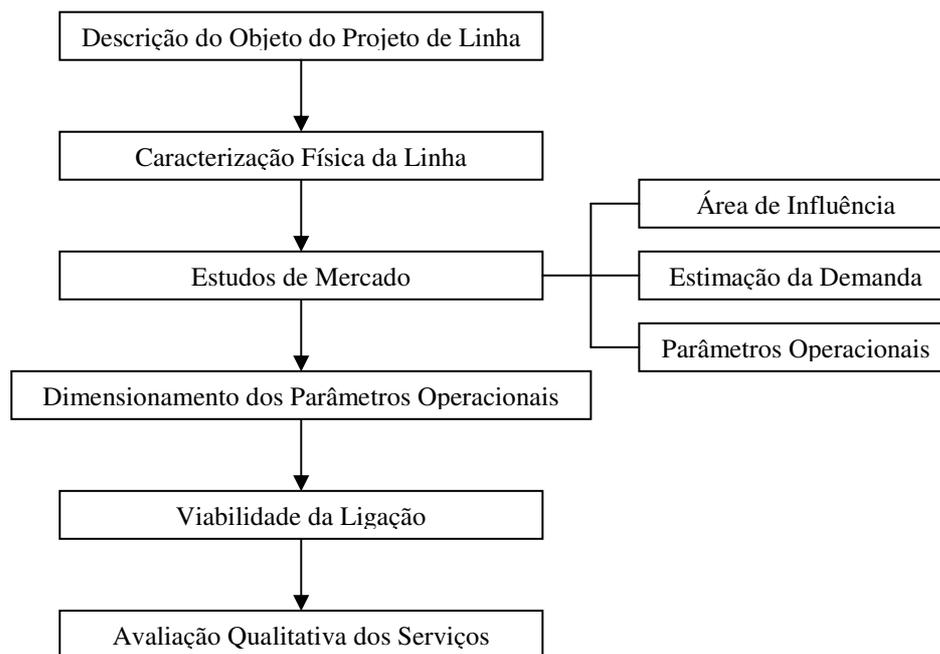
### **4.1 Modelos de Viabilidade**

Conforme já exposto no capítulo anterior, o modal rodoviário apresenta a maior representatividade na matriz de transportes no Brasil. Visando preservar e, até mesmo, ampliar as potencialidades desse modal no mercado de transportes, torna-se estratégico a utilização de recursos tecnológicos e de informação, para fazê-lo de forma mais eficiente possível. Além disso, existe uma demanda, na Agência Nacional de Transportes Terrestres, pela execução do plano de outorgas de linhas de transporte rodoviário de passageiros, com data limite para 2008, o que motiva ainda mais a utilização desses tipos de recursos.

Nesse intuito, LABTRANS (2005), por solicitação da ANTT, elaborou um estudo buscando aprimorar o planejamento do transporte rodoviário de passageiros. No referido estudo foram feitas diversas análises acerca de um modelo de viabilidade previamente existente e também se descreveu uma nova metodologia para determinação de indicadores de viabilidade operacional de uma linha de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros.

#### **4.1.1 Modelo Anterior**

O modelo previamente utilizado, desenvolvido pela Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT, é apresentado na forma de um projeto básico composto por diversos módulos, conforme o esquema seguinte.



**Figura 09 – Roteiro do modelo de viabilidade existente.**  
 Fonte: LABTRANS, 2005.

Na descrição do objeto do projeto de linha, são listados a origem e o destino da ligação, sua extensão (em quilômetros), seus principais pontos de seccionamento e o respectivo mapa da ligação. Já a caracterização física da linha, apresenta quadros com o seu percurso (localidade, estado, rodovias e extensão de cada trecho - pavimentada, implantada ou leito natural), com as seções (origem, destino e extensão de cada seção) e com os acessos (localidade, estado e extensão).

Os estudos de mercado compreendem a descrição da área de influência da linha – composta pela descrição das características de ocupação, das atividades econômicas da ligação e um quadro com as informações sócio-econômicas dos municípios envolvidos – além da estimativa da demanda – onde se utiliza modelo de previsão do tipo gravitacional, que utiliza, como fatores determinantes da geração de viagens, as populações dos municípios das extremidades da seção (em habitantes), a distância entre elas (em quilômetros) como impedância, e ainda fatores regionais – e a determinação dos parâmetros operacionais decorrentes.

O modelo utilizado para a estimativa da demanda é expresso pela seguinte fórmula:

$$D = \exp[b_o + b_1 \cdot \ln(P_i) + b_2 \cdot \ln(P_j) + b_3 \cdot \ln(d_{ij}) + b_4 \cdot reg] \quad (1)$$

Sendo:  $P_i > P_j$

Onde:

**D** = Demanda anual (passageiros/ano);

**P<sub>i</sub>** e **P<sub>j</sub>** = Populações (habitantes) dos municípios das extremidades da seção;

**d<sub>ij</sub>** = Distância (km) entre as extremidades;

**reg** = Fatores regionais;

**b<sub>0</sub>..b<sub>4</sub>** = Coeficientes de calibração.

Os fatores regionais de influência na demanda e os coeficientes de calibração estão definidos na documentação do modelo da ANTT, descritos por LABTRANS (2005), baseados em estudos conduzidos pelo consórcio contratado pela Secretaria de Transportes Terrestres do Ministério dos Transportes.

Depois de efetuado o cálculo da demanda anual para uma seção, esta é então corrigida, ponderando-se pela sua extensão em relação à extensão total da linha, da seguinte maneira:

$$D_{\text{corrigida}} = D_{\text{calculada}} \times \frac{Ext_{\text{seção}}}{Ext_{\text{linha}}} \quad (2)$$

Por fim, para a obtenção da demanda anual corrigida da linha, por completo, basta efetuar o somatório das demandas anuais corrigidas de suas seções. Assim, desta etapa em diante, a demanda anual **D** considerada será sempre a corrigida.

Os parâmetros operacionais considerados para o dimensionamento da linha são três, a frequência semanal de viagens, a frota necessária para a sua operação e o percurso médio anual.

Para a determinação da frequência semanal, utilizam-se algumas variáveis da planilha tarifária da ANTT, como **LOT** – Lotação do Veículo e o **IAP** – Índice de Aproveitamento Padrão, para se atingir uma lotação de referência (**lot<sub>ref</sub>**). Além disso, é necessário também se obter a demanda anual semanal por sentido, chamada de **DASS**.

De acordo com a resolução no 1627, de 13 de setembro de 2006, que “aprova a metodologia de reajuste por fórmula paramétrica e define a periodicidade das revisões ordinárias das tarifas do Serviço de Transporte Rodoviário Interestadual e Internacional de Passageiros em percursos superiores a 75km”, a ANTT (2006) define novos valores para tais variáveis, que são de

46 lugares para LOT e 61% da LOT para o IAP, que corresponde a uma lotação de referência de 28,06 passageiros/viagem.

Por sua vez, a determinação da demanda anual semanal por sentido é dada pela fórmula:

$$DASS = \frac{D_{\text{corrigida anual total}}}{52 \text{ semanas/ano} \times 2 \text{ sentidos}} = \frac{D_{\text{corrigida anual total}}}{104} \quad (3)$$

Tendo isso definido, pode-se finalmente determinar a frequência semanal por sentido FSS (viagens/semana.sentido), dada por:

$$FSS = \frac{DASS}{OC} = \frac{DASS}{61\% \times 46} = \frac{DASS}{28,06} \quad (4)$$

A determinação da frota total (FT) se dá pelo somatório da frota operante (FO) com 50% da soma da frota de reserva com a frota de apoio (FA), conforme a fórmula:

$$FT = FO + \frac{FR + FA}{2} \quad (5)$$

A frota reserva é calculada considerando-se 10% da frota operante. Já a frota de apoio é calculada considerando-se a necessidade de um veículo a cada 400km, ou seja<sup>1</sup>:

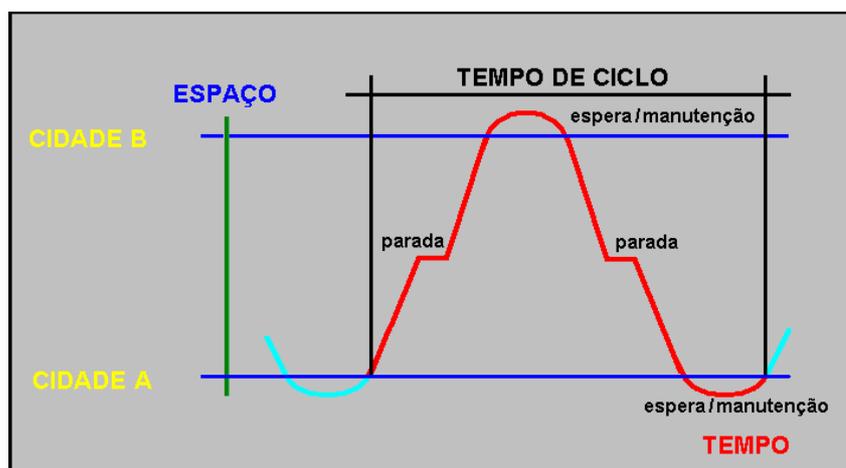
$$FA = \begin{cases} \left( \frac{Ext}{400} - 1 \right) & \text{se } \left( \frac{Ext}{400} - \left\langle \frac{Ext}{400} \right\rangle \right) = 0 \\ \left\langle \frac{Ext}{400} \right\rangle & \text{se } \left( \frac{Ext}{400} - \left\langle \frac{Ext}{400} \right\rangle \right) > 0 \end{cases} \quad (6)$$

Resta agora, para finalizar o cálculo da frota total, determinar a frota operante da ligação, que corresponde à relação entre a frequência semanal e a capacidade de viagens semanais por veículo. Essa capacidade, por sua vez, refere-se à quantidade de ciclos que um veículo pode realizar em uma semana. Assim, a fórmula resume-se da seguinte maneira:

$$FO = \frac{FSS * TC}{168} \quad (7)$$

<sup>1</sup> A notação  $\langle x \rangle$  representa o *maior valor inteiro menor do que x*.

O tempo de ciclo **TC** é aquele necessário para uma viagem completa, de ida e volta, incluindo, além da duração da viagem na rodovia - TVR (horas), os tempos despendidos nos acessos e nas paradas - TDA (horas)<sup>2</sup> e os tempos em pontos de seção - TPS, além de um acréscimo de quatro horas para manutenção ou preparo do veículo (2h em cada extremidade da linha).



**Figura 10 – Tempo de ciclo.**  
Fonte: LABTRANS, 2006.

Resumindo, o tempo de ciclo corresponde ao tempo no qual o veículo está comprometido com uma determinada viagem (ida + volta). A expressão considerada é a seguinte:

$$TC = 2 \times (TVR + TDA + TPS) + 4 \quad (8)$$

O percurso médio anual – **PMA**, terceiro parâmetro considerado no dimensionamento da linha, consiste na quantidade de quilômetros produzidos anualmente por veículo da frota total necessária para a operação da linha e é obtido a partir da expressão a seguir, sendo **KMA** a quilometragem anual total da linha:

$$PMA = \frac{KMA}{FT} = \frac{104 \times FSS \times Ext_{Linha}}{FT} \quad (9)$$

A próxima, e última, etapa do modelo é a determinação da viabilidade de exploração da linha. O PMA calculado é o indicativo utilizado para esse fim, e LABTRANS (2005) explica que

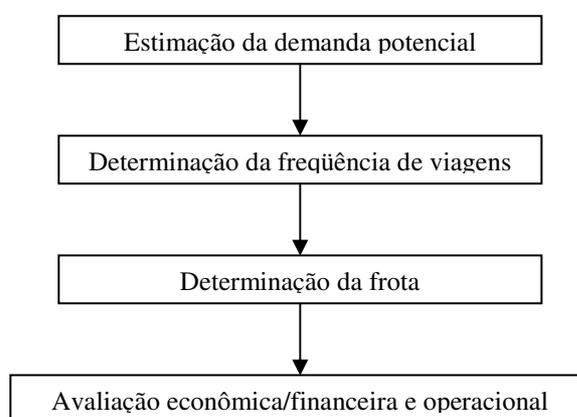
<sup>2</sup> Deve-se observar uma distância máxima de 400 km entre as paradas.

quando se percebe uma tendência de queda na demanda por transporte, diminui-se a frequência das viagens e o tamanho da frota, há uma redução no total de quilômetros percorridos, mas não, necessariamente, no percurso médio anual – PMA. A redução de receita é assim acompanhada de redução no custo, mantendo-se a rentabilidade da ligação. Inversamente, havendo uma tendência de aumento da demanda, aumenta-se a frequência das viagens e o tamanho da frota, o que gera um aumento no total de quilômetros percorridos, mas, novamente, não aumenta necessariamente o PMA. Há maior receita, mas também maior custo.

Por fim, A viabilidade é alcançada se o PMA calculado for superior ao PMA de referência, determinado no cálculo tarifário e que representa o equilíbrio econômico-financeiro da ligação, definido atualmente com o valor de 133.672,80 km/veículo.ano.

#### 4.1.2 Novo Modelo Proposto

O estudo de LABTRANS (2005) também propõe um novo modelo de avaliação econômica e financeira de projetos de ligações de transporte rodoviário em função de indicadores de eficiência, composto de, basicamente, quatro etapas.



**Figura 11 – Etapas do novo modelo proposto.**  
Fonte: LABTRANS, 2005.

A estimativa da demanda potencial da ligação é obtida através da utilização de modelos do tipo gravitacional clássico, modificados de forma a incorporar diversas variáveis sócio-

econômicas, sem, no entanto, aumentar demasiadamente a complexidade dos mesmos. Sua especificação geral é expressa por:

$$T_{i,j} = \alpha_0 \frac{P_i^{\alpha_1} P_j^{\alpha_2} mig_i^{\alpha_3} mig_j^{\alpha_4} (M_i / P_i)^{\alpha_5} (M_j / P_j)^{\alpha_6} (r_i \cdot r_j)^{\alpha_7} dummy^{\alpha_8}}{d_{ij}^{\alpha_9}} \quad (10)$$

onde,

$T_{ij}$  = fluxo anual total de passageiros entre os municípios  $i$  e  $j$ ;

$P_i, P_j$  = populações dos municípios  $i$  e  $j$ , respectivamente;

$r_i, r_j$  = renda média per capita dos municípios  $i$  e  $j$ , respectivamente;

$M_i, M_j$  = movimento total anual de embarques de passageiros nos terminais dos municípios  $i$  e  $j$ , considerando tão somente fluxos interestaduais;

**dummy** = variável que determina se o município é ou não um pólo turístico;

**mig<sub>i</sub>** e **mig<sub>j</sub>** = correspondem à taxa de habitantes que não são naturais dos Estados dos Municípios de origem e destino, respectivamente;

**d<sub>ij</sub>** = uma medida da distância rodoviária entre os municípios  $i$  e  $j$ ;

**α<sub>0</sub>, α<sub>1</sub>, α<sub>2</sub>, α<sub>3</sub>, α<sub>4</sub>, α<sub>5</sub>, α<sub>6</sub>, α<sub>7</sub>, α<sub>8</sub>, α<sub>9</sub>** = coeficientes de calibração a serem determinados.

A renda anual média per capita foi adicionada ao modelo gravitacional clássico, pois pode explicar a geração de demanda ocasionada por fatores sócio-econômicos diversos. As variáveis  $mig_i$  e  $mig_j$  foram introduzidas para captar a influência de movimentos migratórios na formação dos fluxos e a variável *dummy*, para captar a atratividade própria dos pólos turísticos.

Devido à extensão do território brasileiro e suas acentuadas diferenças regionais, o universo de análise foi segmentado por distância e por agrupamentos das ligações regionais e inter-regionais. Dessa segmentação resultaram três grupos:

- GRUPO A: correspondendo a 67,43% da movimentação total, contendo viagens internas nas regiões sudeste, sul e nordeste;
- GRUPO B: correspondendo a 26,98% da movimentação total, contendo viagens sul – sudeste, sudeste – centro-oeste, sudeste – nordeste e internas no centro-oeste;

- GRUPO C: correspondendo a 5,59% da movimentação total, contendo viagens internas no norte e entre os pares centro-oeste – norte, sul – centro-oeste, centro-oeste – nordeste, norte – nordeste, sudeste – norte, sul – nordeste, sul – norte.

Além disso, cada um dos grupos A, B e C, foi segmentado por distância, considerando-se as faixas de viagens curtas (até 400Km), viagens médias (400 a 800Km) e viagens longas (mais de 800Km), sob o rótulo de grupos 1, 2 e 3, respectivamente. Gerou-se, por combinação, um total de nove grupos segmentados por agrupamentos regionais e inter-regionais e por distância, identificando-se, para cada um desses grupos, as variáveis explicativas significativas para estimar a movimentação de passageiros.

A equação 10 foi analisada na sua forma exponencial e multiplicativa, obtendo-se melhores resultados na forma exponencial para os grupos A1 a C1 e na multiplicativa para os grupos C2 e C3. Tanto as equações quanto os coeficientes de calibração podem ser encontrados no trabalho de GONÇALVES (2007).

Seguindo as etapas do modelo, a determinação da frequência de viagens e o cálculo da frota operante são os passos seguintes e aparecem juntos devido a estarem fortemente atrelados no modelo.

A frota operante é obtida, considerando o **ITV** - intervalo entre duas viagens consecutivas, e o tempo de ciclo **TC**, da seguinte maneira:

$$FO = \frac{TC}{ITV} \quad (11)$$

O tempo de ciclo **TC** é calculado da mesma forma que o modelo anterior, conforme a expressão 8. Já o intervalo entre viagens resulta do quadro de horários programado para a linha. Este último, no entanto, depende de critérios muitas vezes subjetivos e pode apresentar múltiplas configurações para uma mesma frequência semanal. Assim, simulou-se um quadro de horários representando a maioria das situações reais, a partir da frequência semanal por sentido – **FSS**.

Então, para o cálculo da frota, subdivide-se **FSS** em duas parcelas, onde a primeira corresponde às viagens com frequência diária e a segunda corresponde ao restante, alocadas durante a semana:

$$FSS = 7p + q \quad (12)$$

Denota-se a primeira parcela por  $FSS_{diária}$  e a segunda parcela por  $FSS_{nãodiária}$ .

Em seguida adota-se o seguinte procedimento:

**Passo 1:** Calcula-se a frota operante para a parcela de viagens com frequência diária ( $FSS_{diária}$ ):

$$FO|_{FSS_{diária}} = FO_{FSS=7p} = \frac{TC}{ITV_{diário}} \Big|_{c/\text{arredondamento a maior}} \quad (13)$$

$$ITV_{diário} = \frac{168}{FSS_{diária}} \quad (14)$$

Para  $p = 0$  tem-se que

$$FO|_{FSS_{diária}} = FO_{FSS=7p} = 0 \quad (15)$$

**Passo 2:** Calcula-se a frota operante para a parcela correspondente a  $FSS_{não diária}$ , observando-se que  $q$  deve ser um valor de 1 a 6 e que a obtenção do intervalo mínimo depende do quadro de horários simulado para a linha, ou seja:

- $FSS_{não diária} = 1 \Rightarrow ITV_{não diário} = 168h$  (pode ser escolhido qualquer dia e horário);
- $FSS_{não diária} = 2 \Rightarrow ITV_{não diário} = 72h$  (estabelecido um dia para a primeira viagem, a seguinte deverá ocorrer no máximo três dias após);
- $FSS_{não diária} = 3 \Rightarrow ITV_{não diário} = 48h$  (estabelecido um dia para a primeira viagem, as duas seguintes deverão guardar no máximo dois dias de intervalo);
- $FSS_{não diária} = 4$  a  $6 \Rightarrow ITV_{não diário} = 24h$  (neste caso, tem-se de um a seis intervalos consecutivos de um dia).

Se  $FSS_{não diária} = 1$ , para todos os valores de  $TC$  entre 0 e 168h, a frota mínima necessária é igual a 1 (um). Dessa forma, tem-se que a frota operacional não diária deve ser menor ou igual à  $FSS_{não diária}$ , o que leva a:

$$FO_{não diária} = \min \left\{ \frac{TC}{ITV_{não diário}} \Big|_{c/\text{arredondamento a maior}}, FSS_{não diária} \right\} \quad (16)$$

**Passo 3:** Calcula-se a frota operante total, considerando  $FSS_{diária}$  e  $FSS_{não diária}$  como processos independentes, ou seja, somando as duas parcelas anteriores. Obtém-se:

$$FO|_{FSS=7p+q} = FO|_{FSS_{diária}=7p} + FO|_{FSS_{não diária}=q} \quad (17)$$

**Passo 4:** Calcula-se a frota operante para  $FSS_{diária} = 7(p + 1)$ , definindo-se:

$$FO_{FSS=7(p+1)} \quad (18)$$

**Passo 5:** Obtém-se, finalmente, a FO total através do mínimo dos resultados obtidos nos passos 3 e 4, ou seja:

$$FO = \min \{ FO_{FSS=7(p+q)}, FO_{FSS=7(p+1)} \} \quad (19)$$

Ademais, é possível também incluir um critério de conveniência, importante para os passageiros, que é o horário diurno de partida. Para garantir que o horário de retorno seja sempre durante o dia, faz-se com que o tempo em um sentido ( $TC/2$ ) seja múltiplo de 6h, ou seja, que o tempo de ciclo seja múltiplo de 12h. Com isto, na pior hipótese, que é a viagem com partida à zero hora, garante-se que a viagem de retorno parta às seis horas.

O anexo 1 deste trabalho elucida o resultado de todo o processo para vários casos, através de um quadro com valores da frota operante.

A última etapa do modelo é a avaliação econômica, financeira e operacional da ligação, feita através da análise de indicadores de viabilidade.

Primeiramente, utilizando os custos básicos da planilha tarifária da ANTT, busca-se determinar o custo operacional real – **CO** de uma ligação, em R\$/pass.km, conforme segue:

$$CO_{real} = \left[ \frac{100 - fre}{100 - (pis + cofins + scr)} \right] \times \left[ \left( \sum_{i=1}^4 C_i \right) + \frac{\left( \sum_{i=5}^{13} C_i \right)}{P_{real}} \right] \times \left( \frac{1}{IAP_{real} \times LOT} \right) - reaj_{al}. \quad (20)$$

Onde:

$$P_{real} = \frac{PMA_{real}}{PMA_{referência}} = \frac{PMA_{real}}{133.672,80} \quad (21)$$

**PMA<sub>real</sub>**: percurso médio anual da linha;

**fre**: percentual de redução do custo total correspondente à receita proveniente do transporte de encomendas;

**pis, cofins e scr**: percentuais de acréscimos do custo total correspondente a contribuições de natureza fiscal: Programa de Integração Social, Contribuição para Financiamento e Seguridade Social e seguro contra riscos, respectivamente;

**IAP<sub>real</sub>**: índice de aproveitamento da linha, determinado por:

$$IAP_{real} = \frac{DSS}{FSS \times LOT} \quad (22)$$

**DSS**: Demanda semanal por sentido;

**LOT**: número de assentos do ônibus;

**reaj<sub>al</sub>**: constante de reajuste;

**C<sub>i</sub>**: custos básicos classificados, discriminados conforme o quadro:

**Quadro 04 – Custos básicos da atual planilha tarifária.**

<b>A - CUSTOS VARIÁVEIS COM A KM</b>
1 - Combustível
2 - Lubrificantes
3 - Rodagem
4 - Peças e Acessórios
<b>B - CUSTOS VARIÁVEIS COM A FROTA</b>
5 - Pessoal Operação
6 - Pessoal Manutenção
<b>C - CUSTOS FIXOS</b>
7 - Depreciação de Veículos
8 - Outros Ativos
9 - Pessoal Adm. Vendas
10 - Despesas Gerais
11 - Serviço de Terceiros
12 - Remuneração de Veículos
13 - Outros Ativos

Fonte: LABTRANS (2005)

Os valores vigentes para os tais custos básicos podem ser encontrados na resolução nº 1627, de 13 de setembro de 2006, referenciada nesse trabalho, entretanto eles são atualizados periodicamente.

Estando estimado o CO, é possível verificar se os custos decorrentes do plano operacional em análise são superiores ou inferiores ao valor vigente do coeficiente tarifário (receita unitária), o que indica situações deficitárias ou superavitárias, respectivamente. Este último, por sua vez, é

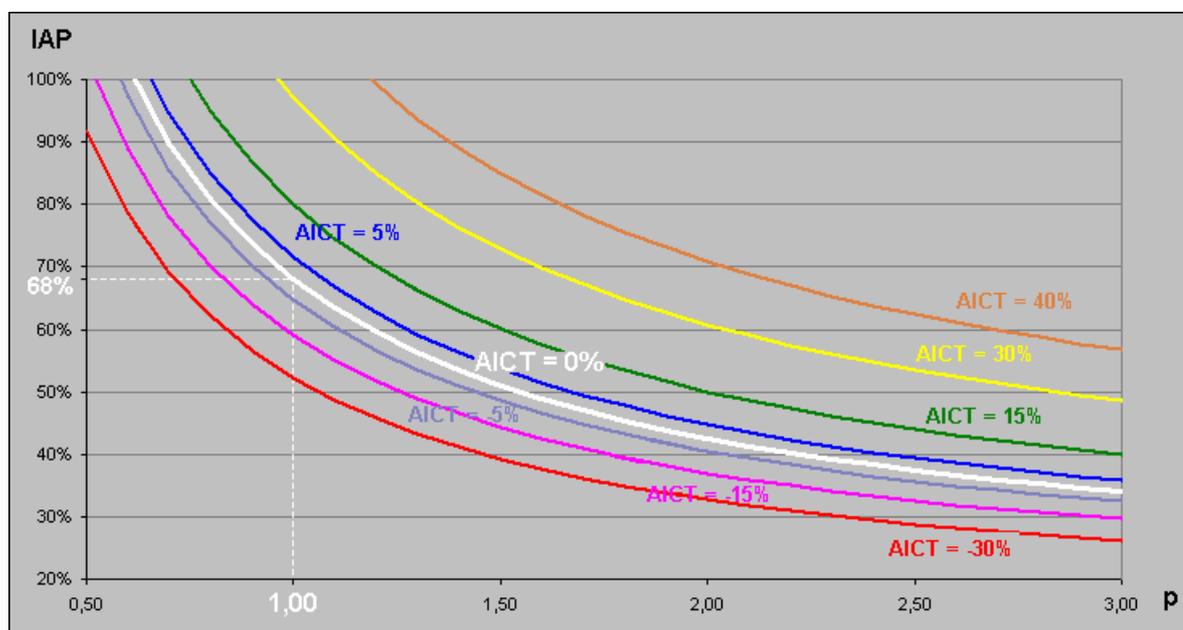
determinado pela mesma expressão utilizada no cálculo do CO, porém, utilizando-se valores de referência do PMA e do IAP, determinados pela ANTT.

Então o CO, como resultante de uma condição específica, pode se afastar muito ou pouco do CT de referência (ou de equilíbrio), o que leva à criação de uma medida de afastamento que indique o quanto esse custo se afasta da tarifa cobrada do passageiro. A questão que se forma então é determinar as diferentes circunstâncias (empresa operadora) x (tamanho e uso da frota) x (linha e demanda), refletidas em diferentes pares ( $p_{real}$ ,  $IAP_{real}$ ), levam a um CO igualmente afastado do CT vigente para o mesmo nível de serviço prestado.

A esse afastamento, deu-se o nome de afastamento isométrico do coeficiente tarifário – **AICT**, ou seja, o afastamento percentual do coeficiente tarifário de referência (vigente) para esses custos específicos. Este indicador mede quanto os custos desse plano se afastam do valor do coeficiente tarifário vigente, para mais ou para menos, e define-se pela seguinte expressão:

$$AICT_i = \frac{CT_{referência} - CO_{real_i}}{CT_{referência}} = 1 - \frac{CO_{real_i}}{CT_{referência}} \quad (23)$$

O gráfico a seguir elucida com mais clareza a informação trazida pelo indicador:



**Figura 12 – Afastamento isométrico do coeficiente tarifário.**  
Fonte: LABTRANS (2005)

A curva resultante de  $AICT = 0$ , em branco no gráfico, corresponde a todos os pares ( $p_i$ ,  $IAP_i$ ) que levam ao custo operacional igual ao coeficiente tarifário  $CT$ .

Por fim, a ligação é considerada com potencial para exploração autônoma se seu ponto do indicador AICT estiver localizado acima (afastamento positivo) da curva de referência calculada com os valores de referência da ANTT, definidos em resolução. De modo inverso, a ligação não apresenta o mesmo potencial se estiver abaixo dela. Além disso, a distância, ou valor, desse afastamento indica o quanto essa ligação apresenta, ou não, tal potencial.

Além dos indicadores econômicos apresentados, o estudo apresenta um indicador operacional, denominado Indicador de Eficiência – Modelo 2 (passageiros/veículo.viagem). Entretanto, não é revelado uma faixa de referência para ele, resultando em sua utilização apenas para termos comparativos.

#### **4.1.3 Comparativo Entre os Modelos**

De acordo com LABTRANS (2005), o primeiro modelo apresenta algumas deficiências, como apresentar a oferta anual de quilometragem (KMA) distribuída sobre a frota total, enquanto o correto seria considerar-se a frota operante, aquela efetivamente necessária para a operação da linha.

Outro ponto deficitário apresentado é a utilização isolada do PMA como indicativo de análise de viabilidade de uma linha. Um exemplo citado foi o de uma linha com a demanda de 1 (um) passageiro por semana, por sentido, em função da frota mínima calculada (1 veículo). Mesmo assim a linha apresentou viabilidade, pois o resultado do PMA calculado foi de 409.760 km/veículo.ano, bem superior ao PMA de referência, que é de 133.672,80 km/veículo.ano.

O novo modelo proposto, por outro lado, buscou corrigir os problemas referidos, utilizando a frota operante em lugar da total, nos cálculos para a análise da viabilidade. Além disso, adicionou o IAP junto ao PMA na indicação da viabilidade, corrigindo o problema apresentado no seu uso isolado.

A seguir o trabalho discorre sobre a implementação de um protótipo para a utilização do novo modelo, bem como um estudo de caso sobre sua aplicação.

## 4.2 Necessidades Funcionais

O objeto de desenvolvimento deste trabalho é um sistema georreferenciado em forma de protótipo, constituído por um conjunto de procedimentos e ferramentas, servindo como um instrumento para o planejamento de transportes. Esse sistema deve conter mecanismos para analisar a viabilidade de implantação de novas linhas de transporte rodoviário de passageiros, na forma de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), valendo-se das vantagens, já enumeradas no capítulo dois, que esse tipo de sistema apresenta e baseando-se no novo modelo de viabilidade, descrito no item 4.1.2.

O referido instrumento para o planejamento de transportes deve desenvolver-se de tal forma que sua operação permita, ao analista, efetuar os estudos de simulação da atuação de novas linhas de transporte rodoviário de passageiros no mercado, sob diferentes cenários tarifários e sob diferentes valores de demanda. A área de influência das linhas poderá envolver toda a área e a malha rodoviária do território nacional, respeitando as características inerentes às linhas interestaduais de passageiros.

O sistema concebe-se de forma que possa ser operado sem um treinamento muito elaborado, apresentando procedimentos intuitivos, e permitindo que seus dados possam ser periodicamente atualizados, de forma sistemática.

Os instrumentos, através das camadas básicas do sistema, devem contemplar o uso de mapas com georreferenciamento das informações, ou seja, com a vinculação de dados e informações à geografia, recurso que é fundamental para um eficiente planejamento das linhas de transporte. Adicionalmente, poderão gerar-se relatórios de saída, com a utilização desses mapas, além de outros dados e tabelas.

O mapeamento digital da malha rodoviária, bem como de outras entidades como municípios, estados e outros elementos, permitirá o desenvolvimento de tarefas sobre base cartográfica contínua, aonde deve permitir-se ao usuário movimentar-se, aproximar-se, visualizar com maior ou menor detalhe, eliminando a necessidade de confecção de mapas em diversas escalas e as dificuldades de manter cadastros de elementos e dados paralelos e simultaneamente atualizados. Essa característica permite o trabalho sobre bases mais simples e limpas, de forma a se conseguir a representação somente das informações necessárias para a atividade em execução.

Por fim, as ferramentas que integrarão o sistema deverão permitir o aprimoramento das atividades inerentes ao processo decisório sobre a concessão da exploração de uma nova linha rodoviária, para transporte de passageiros, dotando o órgão regulador de recursos técnicos mais avançados para melhoria da qualidade das atividades de planejamento de curto, médio e longo prazos.

#### **4.2.1 Os Usuários**

O sistema georreferenciado proposto é idealizado, basicamente, para dois perfis de usuário, o administrador do sistema e os usuários padrão, ou comuns. A permissão de edição, e algumas vezes até de acesso a determinadas informações, por parte dos usuários padrão, deverá ser controlada e, em determinados casos, restringida.

Basicamente, os usuários comuns podem efetuar simulações de implantação de novas linhas rodoviárias, podendo informar algumas variáveis em aberto no modelo, bem como gerar os relatórios de saída elaborados pelo sistema.

Por outro lado, cabe ao administrador a função de manter atualizado o banco de dados do sistema. Cada nova resolução da ANTT, que venha a definir novos valores de cálculo para a planilha tarifária, deve motivar esse usuário a atualizar tais valores no sistema, uma vez que eles são utilizados pelo modelo para definir os indicadores de viabilidade. Além disso, todas as funções permitidas aos usuários padrão também podem ser executadas pelo administrador do sistema.

#### **4.2.2 Requisitos Cartográficos e Visuais**

Atender aos preceitos de um bom projeto cartográfico deve ser uma meta adotada pelo sistema proposto. Além disso, a interface com o usuário deve apresentar uma boa usabilidade, com facilidade de ser entendida, permitindo uma fácil navegação espacial e a exploração de dados. Para tanto, o desenvolvimento deve respeitar alguns requisitos definidos.

O primeiro deles é o de permitir selecionar as características de apresentação dos objetos gráficos, o que melhora a aparência de apresentação do mapa. Exemplificando, o usuário pode escolher as cores e espessuras das linhas, textura de fundo dos polígonos, dentre outras características dos elementos das camadas do sistema.

Utilizar legenda para identificar as camadas também é de suma importância para a melhor compreensão dos objetos na tela, além da utilização de rótulos descritivos para os mesmos, opcionalmente mostrados ou não. Tal abordagem auxilia na otimização da informação gráfica apresentada em um ambiente com limitações de espaço, como as telas dos computadores.

Como as informações são georreferenciadas, devem ser apresentadas ao usuário as coordenadas referentes ao sistema de projeção utilizado pelo sistema para desenhar o mapa. Elas podem ser mostradas através de uma grade de coordenadas sobre todo o mapa ou em local específico, determinando a posição do *mouse* sobre a projeção.

Uma escala numérica deve também se disponibilizada, informando ao usuário as dimensões do mapa após cada ação de *zoom*.

Por último, o sistema deve prover um modo de gerenciar suas camadas, permitindo torná-las invisíveis quando apropriado, além de controlar a ordem em que são apresentadas, com o intuito de definir a sobreposição entre elas. Além disso, esse controle pode remover camadas geradas pelas simulações das linhas, porém nunca as camadas básicas do sistema.

#### **4.2.3 Sistema Gerenciador de Banco de Dados**

O sistema gerenciador de banco de dados deve ser escolhido baseado em algumas necessidades, tais como:

- Ser um banco de dados relacional, com os conceitos de chave primária, chave estrangeira, e etc;
- Suportar a execução de procedimentos;
- Permitir o armazenamento de tipos especiais de dados, como imagens e variáveis binárias longas ou dados espaciais;
- Suportar códigos padronizados como, por exemplo, o ANSI SQL.

#### **4.2.4 Configuração do Equipamento**

A máquina responsável por executar os procedimentos do sistema deve ser dotada, preferencialmente, das seguintes características:

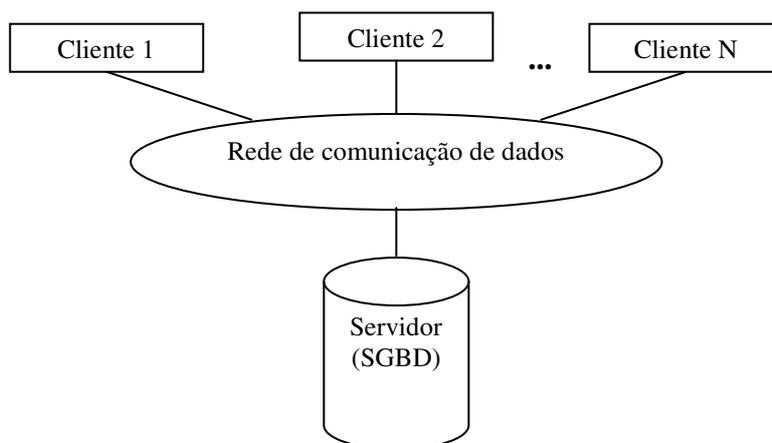
- Ofereça uma boa qualidade gráfica, permitindo alcançar uma resolução de vídeo de pelo menos 1024x768 *pixels*;
- Possua espaço para armazenagem em disco, com no mínimo 100 MB livres;
- Processador compatível com Pentium® III 1660MHz;
- 256MB de memória RAM instaladas, com o ideal de 512MB;
- Utilize o sistema operacional Windows® 98 ou superior;
- Exista permissão de escrita na pasta de instalação do sistema, por parte do usuário logado no sistema operacional.

### **4.3 Tecnologias Utilizadas e Modelagem**

#### **4.3.1 Modelagem Sistêmica**

A escolha das tecnologias utilizadas no desenvolvimento do sistema fundamenta-se na implementação para uma arquitetura cliente-servidor em duas camadas. Esse paradigma segue a seguinte premissa: entidades diferentes executam tarefas diferentes e cada uma pode ser otimizada para uma tarefa em particular.

Dessa forma, em um ambiente de rede, o sistema gerenciador de banco de dados fica hospedado em uma única máquina, que por sua vez é acessada por diversas máquinas clientes. Assim, na abordagem duas camadas, essas máquinas hospedam o sistema cliente, que contém toda a lógica do negócio sobre a qual o sistema atua.



**Figura 13 – Arquitetura Cliente/Servidor em 2 camadas.**

A primeira camada de um aplicativo cliente/servidor é a camada cliente, que contém o aplicativo o qual interage com o usuário. O aplicativo cliente solicita os dados a um banco de dados e, ao recebê-los, exibe-os em um ou mais formulários.

Uma vez que os dados estão no cliente, seu aplicativo pode processá-los sendo, a máquina cliente, inteiramente capaz de manipular os dados localmente sem que o servidor se envolva no processo. Após o processo, o aplicativo pode efetuar a gravação dos dados, já manipulados, de volta ao banco de dados, permitindo assim a chamada persistência das informações.

A segunda camada é o servidor de banco de dados, ou SGBD. Essa camada manipula um objeto muito complexo, o banco de dados, e oferece ao aplicativo cliente uma visão simplificada deste. O trabalho do servidor é extrair os dados solicitados das tabelas e fornecê-los ao cliente.

Dessa forma é possível executar as operações no lado do SGBD, com divisão de trabalho entre clientes e servidor, permitindo que cada aplicativo faça o melhor dentro da sua finalidade. O SGBD pode funcionar em uma máquina mais rápida da rede, por ter que atender às diversas solicitações dos clientes. Já os clientes não precisam estar em máquinas tão poderosas, uma vez que realizam procedimentos isolados no contexto do sistema.

#### **4.3.2 Modelagem Conceitual dos Dados**

Uma forma de capturar a semântica dos dados de um sistema, bem como modelar e especificar suas propriedades, é a utilização de modelos de dados conceituais.

O modelo de entidade-relacionamento (E-R) é um modelo de dados conceitual destinado a descrever a estrutura de um banco de dados, em um nível de abstração independente dos aspectos de implementação e das ferramentas utilizadas. Sua estrutura pode ser expressa graficamente por um diagrama composto pelos componentes: entidade, relacionamento e atributo (RODRIGUES, 2004).

Uma entidade representa, de forma abstrata, um objeto do mundo real, sobre o qual se deseja armazenar e recuperar informações. Porém, não basta definir quais entidades se deseja persistir, mas também quais informações sobre elas, ou quais são interessantes para o contexto. A essas informações define-se o nome de atributos. Por fim, os relacionamentos são associações entre duas ou mais entidades, representando a forma como elas estão logicamente relacionadas no modelo.

Assim, para a elaboração do protótipo, definiu-se o seguinte diagrama E-R abaixo, considerando-se somente as entidades criadas exclusivamente para o modelo, excluindo-se as dos demais agentes:

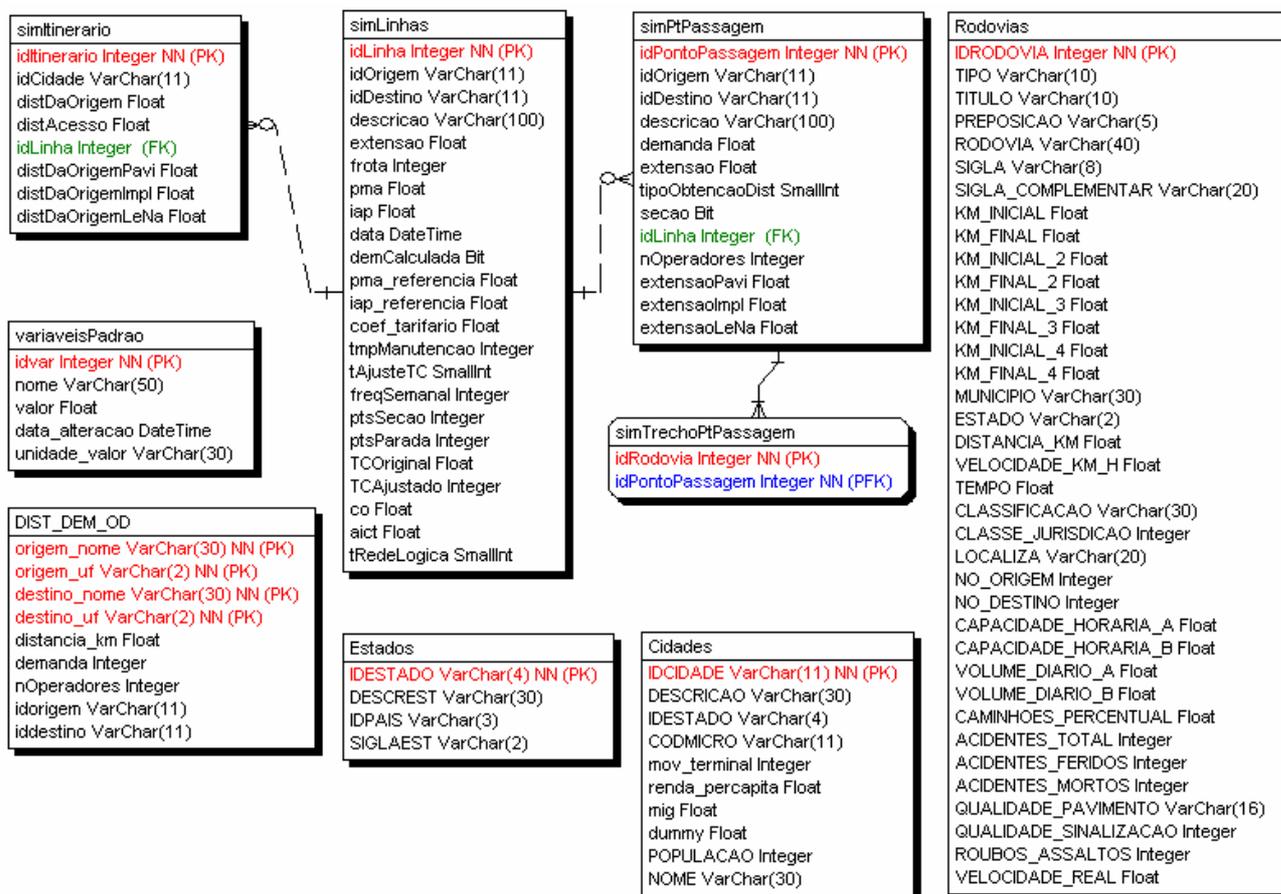


Figura 14 – Modelo Entidade-Relacionamento do Protótipo.

O apêndice 1 deste trabalho contempla o significado dos campos acima esquematizados, na forma de um dicionário de dados.

### **4.3.3 Tecnologias de Informática**

Para a implementação do protótipo, utilizou-se um artefato para desenvolvimento de SIG, de autoria do Laboratório de Transportes – ECV/UFSC, que consiste de um conjunto de bibliotecas de código-fonte, criadas para trabalhar com os conceitos descritos no capítulo dois desse trabalho. O referido conjunto possui características que atendem por completo os requisitos de sistema definidos anteriormente. Além disso, ele possui rotinas bem amadurecidas em seu código, fruto da experiência de mais de oito anos do laboratório em sistemas dessa natureza, sempre voltados para a área de transporte e logística.

Essa abordagem permite ao desenvolvedor focar-se nas regras de negócio do modelo, que é a análise da viabilidade de implantação de novas linhas de transporte rodoviário, aproveitando as funcionalidades prontas de acesso ao banco de dados, desenho, interface, e etc, necessitando, às vezes, apenas estendê-las.

Devido às bibliotecas estarem implementadas na ferramenta Borland Delphi® versão 7, o protótipo segue a mesma linha, aproveitando-se assim de todas as facilidades que essa ferramenta disponibiliza. Dentre as várias facilidades dessa IDE, pode-se destacar o acesso simples aos diversos bancos de dados existentes e o desenvolvimento de interfaces através de componentes visuais.

Utilizou-se também o SGBD denominado Microsoft SQL Server®, devido ao fato de atender aos requisitos determinados ao banco de dados, apresentar alto desempenho e confiabilidade no ambiente Windows® e prover ferramentas intuitivas para sua manipulação e configuração.

## 4.4 Interface e Procedimentos

### 4.4.1 Janela Principal

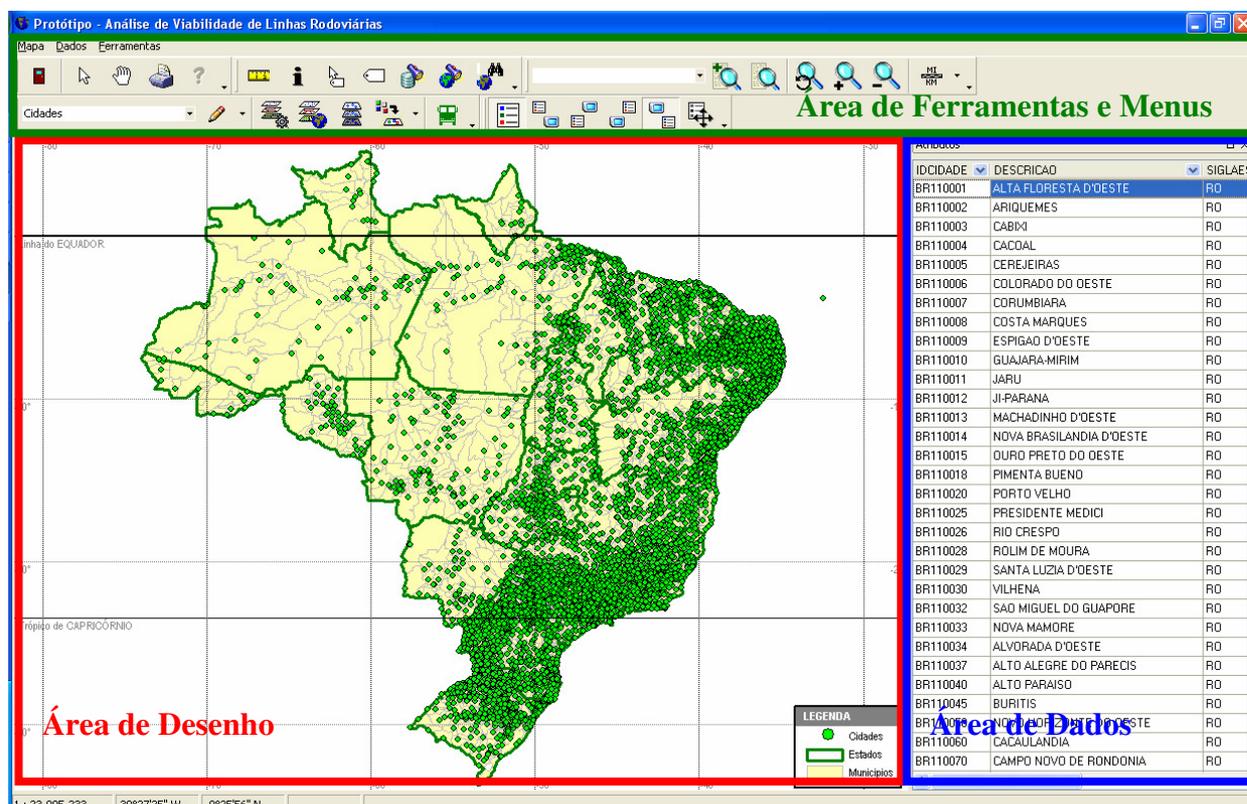


Figura 15 – Janela Principal do Sistema.

Conforme destacado na figura 15 acima, a janela principal do protótipo possui basicamente três áreas distintas, a área de dados, a área de desenho e a área de ferramentas e menus. As áreas de desenho e de dados servem para mostrar ao usuário os resultados de suas consultas e manipulações, estando fortemente vinculadas uma à outra, uma vez que a área de dados sempre mostra os dados alfanuméricos, contidos no banco de dados, de uma camada contida na área de desenho.

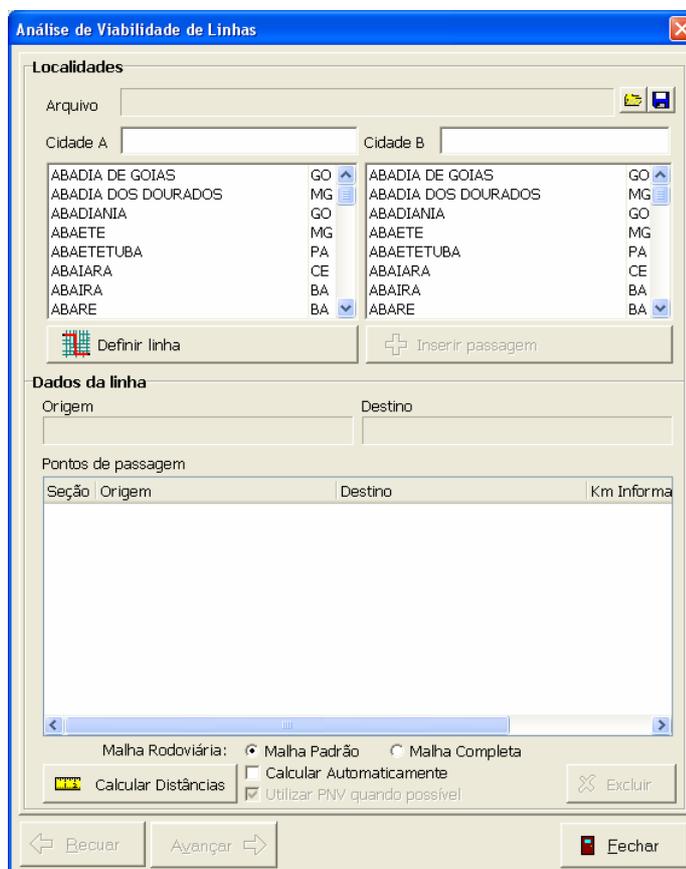
A área que restou, composta por uma barra de ferramentas e uma barra de menus, permite o acesso às principais funções do sistema, descritas no quadro 05, provendo controle ao usuário sobre o processo a ser realizado.

Quadro 05 – Funções Básicas do Sistema.

Botão	Descrição	Função
	Distância Geodésica	Calcular distâncias geodésicas de pontos selecionados na área de desenho.
	Informações de Objetos da camada	Permite selecionar um objeto na área de desenho, informando os dados referentes a ele na área de dados.
	Rotular/Retirar rotulação	Permite adição de rótulos aos elementos de desenho, a partir de seus dados alfanuméricos.
	Propriedades do rótulo	Configura a informação que deve ser apresentada no rótulo dos elementos de desenho.
	Localizar pela Base de Dados	Efetua busca de objetos das camadas de desenho, de acordo com valores informados.
	Localizar pelo Mapa	Efetua busca do objeto de desenho, de acordo com a seleção na área de dados.
	Localizar por Coordenadas	Centraliza o mapa em um determinado ponto, definido pelas suas coordenadas informadas.
	Adicionar Zoom Preferencial	Grava uma determinada configuração de zoom, para uma futura utilização com maior rapidez.
	Gerenciador de lista de Zoom Preferencial	Gerencia as gravações de zoom efetuadas, permitindo renomeá-las e excluí-las.
	Zoom Anterior	Retorna ao zoom anterior ao zoom atual.
	Aumenta Zoom	Efetua uma operação de aproximação (mais zoom).
	Diminuir Zoom	Efetua uma operação de afastamento (menos zoom).
	Escalas	Permite selecionar uma escala dentre as várias pré-definidas.
	Estilo da Camada	Configura as opções de desenho para os objetos de uma determinada camada.
	Estilo do Objeto Selecionado	Configura as opções de desenho para os objetos de uma determinada camada, no momento de sua seleção.
	Múltiplos Estilos da Camada	Permite atribuir múltiplos estilos de desenho aos objetos de uma camada, classificados por informações contidas no banco de dados.
	Classes Múltiplas	Acessa a interface de criação de camadas temáticas definidas por múltiplas classes.
	Classe Única	Acessa a interface de criação de camadas temáticas definidas por uma única classe.
	Simulação de Viabilidade de Linha	Acessa a interface de simulação de viabilidade de linhas rodoviárias.

#### 4.4.2 Análise de Viabilidade

Através desse procedimento percorrem-se todos os passos para efetuar-se a análise de viabilidade de uma nova linha de transporte rodoviário de passageiros. A seqüência a ser seguida percorre três telas principais, cada uma dividida por agrupadores de informação, a tela de entrada de dados (figura 16), a tela de manipulação dos dados (figura 17) e a tela de apresentação dos resultados (figura 18).



**Figura 16 – Tela de entrada de dados para simulação de viabilidade.**

O agrupador “Localidades” permite ao usuário selecionar os pares de cidades de origem e destino, que definirão as seções que farão parte da linha em análise. A linha será, então, composta por uma ou mais seções.

A primeira seção adicionada será a seção principal, a qual incumbe-se a função de definir a origem e o destino da própria linha, clicando-se para isso em “Definir linha”. Após essa escolha adicionam-se, um a um, os pares de cidades que formarão as seções seguintes da linha. Para tal fim utiliza-se o botão “Inserir passagem”, que estará habilitado após a escolha da primeira seção.

Além disso, o usuário pode otimizar a execução desses passos, importando os pares origem/destino da linha através de um arquivo com extensão .csv (separado por vírgulas), que pode ser gerado pelo aplicativo MS Excel®.

O segundo agrupador da tela é o “Dados da linha”. Nele são formatadas as seções inseridas no agrupador anterior, além de disponibilizar algumas funções para cálculo de distâncias e definição do itinerário da linha.

A tabela “Pontos de Passagem” provê uma forma de inserção manual dessas informações, onde o usuário pode entrar com dados adquiridos de fontes externas ao sistema, informando a demanda e a distância que compõem as seções da linha.

Não havendo informações externas, ou por opção do usuário, pode-se utilizar o próprio sistema para se obter esse tipo de informação.

O botão “Calcular Distâncias” inicia o módulo do sistema que calcula a distância entre cada cidade, para todas as seções. Para isso é utilizado o conceito de teoria dos grafos, onde se utiliza o algoritmo para caminhos de custo mínimo de *Dijkstra*, sendo a variável tempo o custo considerado. Nesse passo, o usuário pode escolher utilizar um conjunto de distâncias armazenadas previamente no banco de dados, através da opção “Utilizar PNV quando possível”.

Ainda nesse módulo, define-se o itinerário da linha, baseando-se na menor média entre as distâncias geodésica e cadastral (via algoritmo). O método parte da cidade de origem e busca a próxima cidade que possua essa menor média. Ao encontrá-la, repete-se o mesmo procedimento, até chegar à cidade de destino.

Estando definidos os valores contidos na tela, utiliza-se o botão “Avançar” para seguir o processo de análise de viabilidade, passando para a tela de manipulação dos dados.

**Análise de Viabilidade de Linhas**

**Demanda anual**

Utilizar modelo de previsão de demanda

Utilizar valores observados de demanda por seção

Demanda Utilizada

**Frequência de viagens**

DSS (Demanda Semanal por Sentido)  
 passageiros

FSS (Frequência Semanal por Sentido) padrão  
 viagens

**Parâmetros de definição da frota**

Tempo de Viagem  h  m

Tempo de Preparo do Veículo  h  m

Frequência Semanal por Sentido Utilizada  viagens

**Ajuste do tempo de ciclo**

Nenhum  Horários diurnos  Otimizado

**Estimativa da frota**

Frota Operacional Estimada  ônibus

**Figura 17 – Tela de manipulação dos dados do modelo.**

O agrupador “Demanda anual” permite configurar a informação de demanda utilizada no sistema. De acordo com a escolha do usuário, a demanda utilizada pode ser calculada pela soma das demandas das seções, informadas na tela anterior, ou calculada através do modelo de demanda incluído no sistema, demonstrado no item 4.1.2 deste trabalho. Após a seleção de como a demanda será gerada, deve-se utilizar o comando “Aplicar” para que seja efetivado o uso do valor obtido, resultante da citada escolha.

Definidos os parâmetros de geração da demanda, aplica-se esse valor ao modelo, a fim de dar continuidade ao processo de análise de viabilidade.

Os valores decorrentes do cálculo da demanda são apresentados no agrupador “Frequência de viagens”. Para se determinar esses valores, é levado em consideração o tempo de percurso da viagem e, para isso, utiliza-se a velocidade de 70Km/h em rodovias pavimentadas, 60Km/h para rodovias implantadas, 50Km/h para as de leito natural e 40Km/h para os trechos municipais de acesso às rodoviárias.

Em “Parâmetros de definição da frota” é informado o tempo de viagem calculado. Além disso, permite-se que o usuário determine um novo tempo de preparo do veículo e também, caso deseje, aumente a frequência semanal por sentido.

As opções constantes em “Ajuste do tempo de ciclo” são para a escolha do critério de conveniência tratado no item 4.1.2 deste trabalho. Já o agrupador “Estimativa da frota” apresenta o valor final decorrente do cálculo da frota, de acordo com os parâmetros escolhidos previamente.

Ao clicar-se no botão “Avançar”, segue-se para a última tela do processo de análise da viabilidade, que permite o sistema apresentar os resultados ao usuário.

The screenshot displays the 'Análise de Viabilidade de Linhas' window. It is divided into several sections:

- Parâmetros operacionais:**
  - Frota (ônibus): 1
  - PMA real: 92.296,88
  - PMA referência: 133.672,80
  - IAP real (%): 90,72
  - IAP referência (%): 61,00
- Indicativo econômico/financeiro de viabilidade:**
  - Custo operacional real (R\$/pass.Km): 0,0584
  - Coefficiente tarifário de referência (R\$/pass.Km): 0,0691
- Condição de viabilidade:**
  - Econômica/financeira:** AICT = 15,50%. Apresenta potencial para exploração autônoma: **SIM**.
  - Operacional:** Pass/veículo.viagem: 41,7308. Includes a 'Consultar/Ocultar' button.
- Salvar simulação:**
  - Camada: [input field]
  - Descrição: [input field]
  - Buttons: Salvar (with refresh icon), Extrato (with printer icon).
- Footer:** Recuar, Gráficos, Fechar.

Figura 18 – Tela de apresentação dos resultados da simulação de viabilidade.

O agrupador “Parâmetros operacionais” apresenta alguns valores de extrema importância no modelo, como a frota e as variáveis PMA e IAP, tanto da planilha tarifária quanto calculados pelo sistema, para a referida linha.

Em “Indicativo econômico/financeiro de viabilidade”, é informado o valor calculado do custo operacional da linha. Seu comparativo com o coeficiente tarifário de referência, outra variável apresentada, é de suma importância na determinação da viabilidade da linha.

O indicador econômico, denominado Afastamento Isométrico do Coeficiente Tarifário, e indicador operacional da linha são informados no agrupador “Condição de viabilidade”. Nesse momento o analista, usuário do sistema, recebe a indicação de que a linha simulada apresenta, ou não, potencial para exploração autônoma, determinando sua condição de viabilidade.

O agrupador “Salvar simulação”, por fim, oferece a opção de gravar as informações da simulação no banco de dados, através do botão “Salvar”. Além disso, esse procedimento cria uma nova camada georreferenciada no sistema, possibilitando observar o traçado da linha, as cidades definidas em seu itinerário, bem como as rodovias utilizadas na formação do trajeto.

Já o botão “Extrato” exibe um relatório resumido das características da simulação efetuada. São mostradas as informações sobre as seções, as variáveis de planilha consideradas e as calculadas para a linha, bem como os indicativos de viabilidade da mesma.

Por fim, utilizando o botão “Gráficos”, o usuário comanda o sistema de forma que apresente os gráficos do custo operacional e do afastamento isométrico para a linha simulada, ilustrados nas figuras 19 e 20, bem como outras curvas pré-definidas que servem de comparativo.

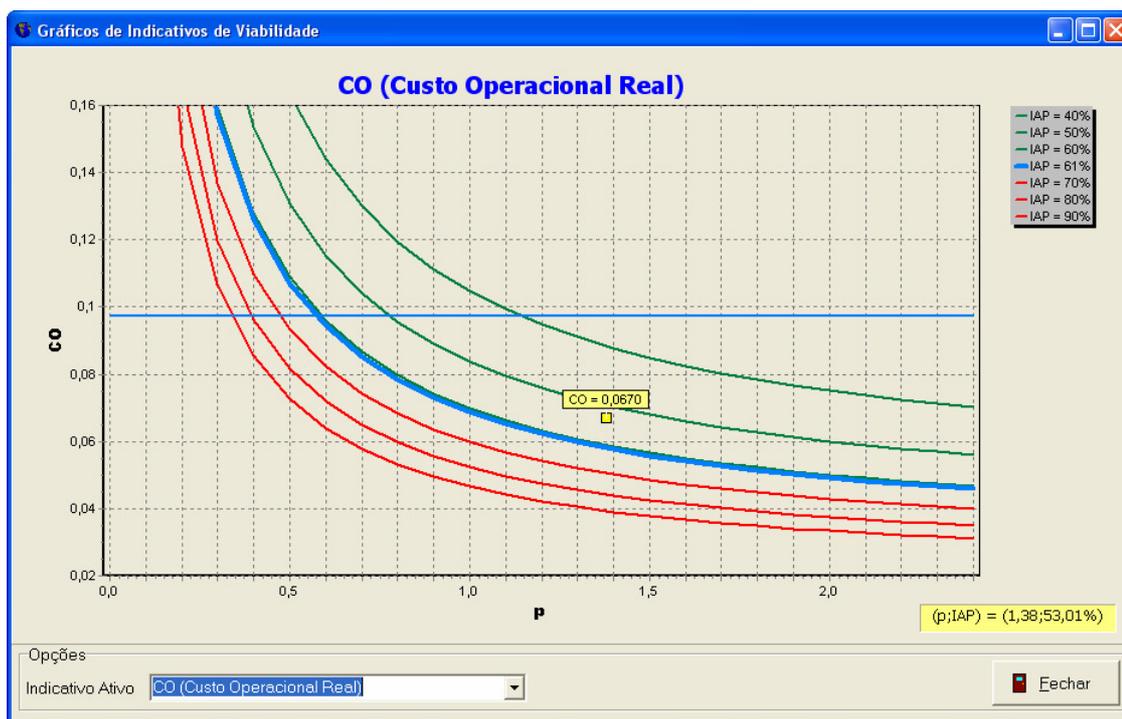


Figura 19 – Gráfico do Custo Operacional da linha simulada.

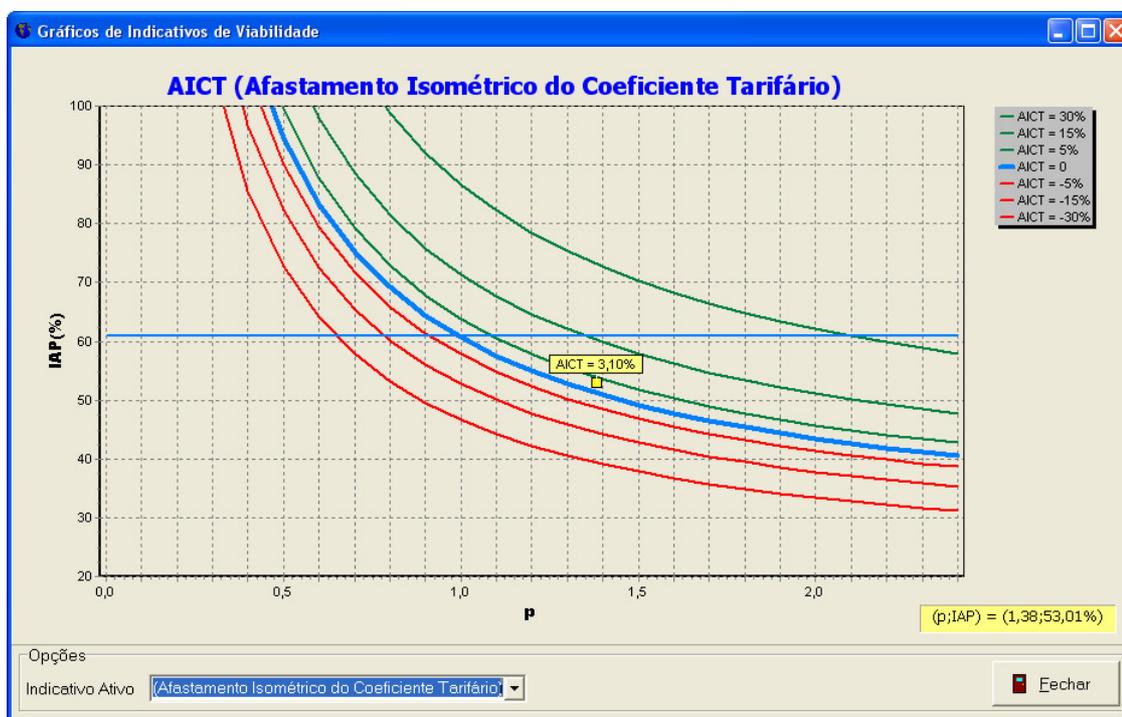


Figura 20 – Gráfico do Afastamento Isométrico da linha simulada.

Como resultado da gravação da simulação, a camada georreferenciada é apresentada ao analista logo após sua criação, conforme figura 21. A partir de então, a referida camada torna-se parte do sistema e, conseqüentemente, passível de manipulação.

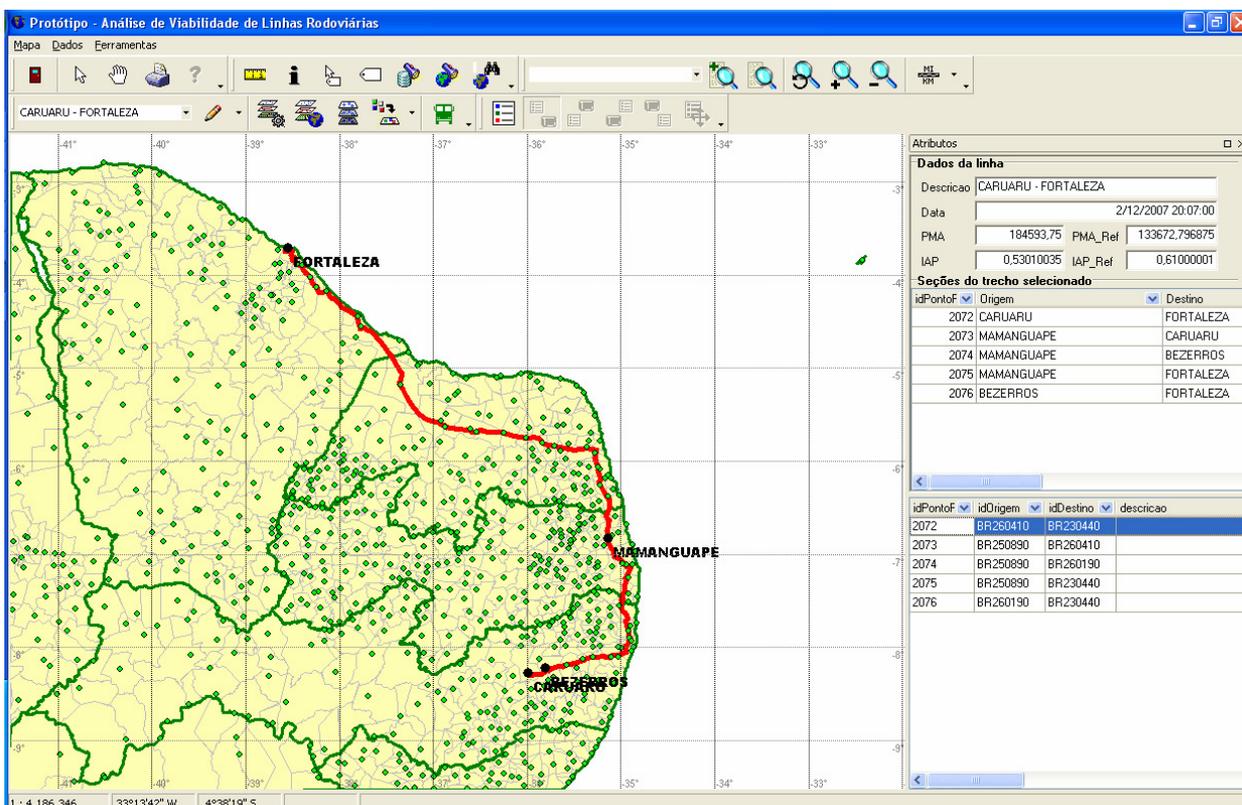


Figura 21 – Resultado do salvamento da simulação.

#### 4.5 SIMOV

A ANTT é o órgão responsável pela fiscalização dos serviços de transporte rodoviário no país. Adicionalmente, sua atuação é de fundamental importância para garantir a qualidade da prestação dos serviços interestaduais e internacionais de passageiros e cargas sobre o modal rodoviário.

Assim, em 2005, objetivando a exploração de alternativas para o aumento da eficiência logística, o órgão elaborou um estudo, em parceria com a Universidade Federal de Santa Catarina, onde ocorreram o desenvolvimento de um modelo de viabilidade, o monitoramento e a

representação dos indicadores de desempenho das linhas de transporte rodoviário de passageiros, permitindo à ANTT elaborar os planos de outorga das linhas de transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros.

O estudo em questão é o mesmo que serve de referência para o desenvolvimento dos modelos citados no item 4.1 e, concomitantemente ao seu desenvolvimento, ocorreu a criação do sistema, em forma de protótipo, objetivo definido deste trabalho.

Sob a forma de um módulo, esse protótipo foi então inserido em um sistema com abrangência e objetivos maiores, juntamente com um segundo módulo para monitoramento do desempenho de linhas rodoviárias já existentes, o qual monitora indicadores econômicos, operacionais, bem como indicadores de conforto.

A esse sistema deu-se o nome de SIMOV – Sistema de Monitoramento e Viabilidade de Linhas Rodoviárias, que ANTT (2006), em seu relatório anual, define como uma ferramenta montada sobre uma base georreferenciada que propicia o controle operacional das linhas, visando minimizar o risco do processo decisório, proporcionando informações precisas e atualizadas em relação ao serviço ofertado. Foi desenvolvido implementando um Modelo de Viabilidade, - aproveitando-se do protótipo objeto desse trabalho - Monitoramento e Representação dos Indicadores de Desempenho das Linhas de Transporte Rodoviário de Passageiros.

O supra citado sistema encontra-se, hoje em dia, em funcionamento na Agência Nacional de Transportes Terrestres e serve como base para a elaboração dos estudos de viabilidade, no âmbito do transporte rodoviário de passageiros, conduzidos por ela.

## **5 EXEMPLOS DE APLICAÇÃO**

A análise de viabilidade de uma ligação de transporte interestadual de passageiros é um procedimento que pode consumir muito tempo do analista, considerando-se a quantidade de informações que é necessário levantar-se e as diversas variáveis envolvidas nesse caso.

Entretanto, utilizar um sistema de informações capaz de separar as atividades inerentes ao processo, dispondo de um banco de dados com informações atualizadas em conjunto com um modelo de transportes, pode diminuir em muito o trabalho e tempo gastos, servindo de suporte para que o analista tome decisões acertadas.

Para exemplificar os processos envolvidos nesse suporte, são apresentados os passos relativos à simulação da implantação de duas novas linhas de transporte rodoviário de passageiros, criadas a título de ilustração, conforme descrito nos próximos subcapítulos.

### **5.1 Linha Criciúma (SC) – Ponta Grossa (PR) via litoral**

Esta simulação refere-se ao transporte rodoviário interestadual de passageiros, na ligação Criciúma (SC) - Ponta Grossa (PR), com uma extensão de 604,51 km. A ligação tem por principais pontos de passagem as cidades de Curitiba (PR), Ponta Grossa (PR), Criciúma (SC), Florianópolis (SC), Joinville (SC).

### 5.1.1 Caracterização Física da Linha

Os quadros abaixo registram as principais características físicas da linha, informando, particularmente, percursos e seções, pois não foram informados acessos no sistema. Para essa simulação foram consideradas todas as distâncias calculadas pelo modelo georreferenciado, sem utilizar o banco de dados de distâncias.

**Quadro 06 – Itinerário descritivo da linha.**

<b>Localidade / UF</b>	<b>Rodovias utilizadas</b>	<b>Ext. Acumulada (s/ acessos)</b>
Criciúma (SC)		
Florianópolis (SC)	BR101, SC443, SC499	185,40
Joinville (SC)	BR101, SC413	361,30
Curitiba (PR)	BR101, BR116, BR376, SC413	493,20
Ponta Grossa (PR)	BR376, PR151	604,51

**Quadro 07 – Seções.**

<b>Nº</b>	<b>Pontos de Seção</b>		<b>Ext (km)</b>
001	Criciúma (SC)	Ponta Grossa (PR)	604,51
002	Ponta Grossa (PR)	Florianópolis (SC)	419,11
003	Ponta Grossa (PR)	Joinville (SC)	243,21
004	Criciúma (SC)	Curitiba (PR)	493,20
005	Florianópolis (SC)	Curitiba (PR)	307,80
006	Joinville (SC)	Curitiba (PR)	131,90

### 5.1.2 Estudos de Mercado

A ligação rodoviária, objeto de estudo, inicia-se no Estado de Santa Catarina até o extremo do itinerário, no Estado do Paraná. As informações referentes às cidades que, ao longo do percurso, definem seções intermediárias da linha, são apresentadas no quadro a seguir:

**Quadro 08 – Dados dos Municípios com Sedes Coincidentes com Pontos de Seção (Ano 2000).**

Município	dummy <sup>(1)</sup>	Mig. <sup>(2)</sup>	Mov. do Terminal <sup>(3)</sup>	População (mil) <sup>(2)</sup>	Renda Anual per Capita <sup>(2)</sup>
Criciúma (SC)	1,20	8,27%	134.642	183	6.783,94
Curitiba (PR)	2,00	19,91%	1.909.748	1.727	8.086,90
Florianópolis (SC)	2,00	22,62%	578.192	387	8.048,75
Joinville (SC)	1,20	19,84%	400.075	478	10.602,78
Ponta Grossa (PR)	1,20	6,84%	189.844	295	7.328,40

<sup>(1)</sup>Fonte: Embratur; <sup>(2)</sup>Fonte: IBGE; <sup>(3)</sup>Fonte: ANTT

Determinadas as variáveis envolvidas e o enquadramento da linha nos devidos agrupamentos de distância e de regionalização, esclarecidos no item 4.1.2 do trabalho, o potencial de demanda de cada seção da linha analisada é estimado com base na equação (10). Nesse caso, foi marcada a opção “utilizar valores de demanda informados por seção” no momento da simulação, encontrando ocorrências, no banco de dados, de demandas observadas para todas as seções consideradas.

As demandas das seções são multiplicadas por um fator de correção que representa a participação de sua extensão na extensão total da linha, obtendo-se o que se denomina demanda corrigida das seções. Além disso, quando a seção possui demanda observada significa que ela já faz parte de alguma outra linha existente, ocorrendo um rateio da demanda pelo número de operadores. A soma das demandas corrigidas calculadas para as seções resulta na demanda total estimada para a linha. O quadro seguinte apresenta a distância entre os municípios e a demanda obtida pelo modelo.

**Quadro 09 – Dados de demandas calculada por seção projetadas para a linha.**

Seção i - j	Extensão (km)	Demanda Obtida <sup>(1)</sup>	Peso <sup>(2)</sup>	Demanda Corrigida <sup>(3)</sup>
Criciúma (SC) - Ponta Grossa (PR)	604,51	3.125	1,0000	1.562
Ponta Grossa (PR) - Florianópolis (SC)	419,11	669	0,6933	154
Ponta Grossa (PR) - Joinville (SC)	243,21	2.028	0,4023	272
Criciúma (SC) - Curitiba (PR)	493,20	71.784	0,8159	19.522
Florianópolis (SC) - Curitiba (PR)	307,80	511.562	0,5092	65.118
Joinville (SC) - Curitiba (PR)	131,90	2.151.909	0,2182	117.383
<b>DEMANDA TOTAL</b>				<b>204.011</b>

<sup>(1)</sup> passageiros/ano; <sup>(2)</sup> Ext. seção/Ext. seção principal; <sup>(3)</sup> passageiros/ano.

### 5.1.3 Parâmetros Operacionais

Os parâmetros operacionais necessários para o dimensionamento da linha são a frequência semanal de viagens e a frota necessária para a sua operação. Determina-se a frequência em base semanal, considerando que a capacidade do veículo-padrão ( $lot_{ref}$ ) é de 46 lugares e que o índice de aproveitamento de referência ( $IAP_{ref}$ ) é de 61,00% da capacidade, valores adotados pela Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT.

O tempo de ciclo foi estimado com base na duração da viagem na rodovia (TVR), considerando-se a extensão da ligação e a velocidade média do veículo. Além disso, “no cálculo da velocidade média utilizada em cada trecho do itinerário da linha, será computado o tempo de parada para lanche, refeição, ou para embarque e desembarque de passageiros” (LABTRANS, 2005). O resultado para a simulação apresenta-se nos quadros abaixo:

**Quadro 10 – Tempo de viagem em rodovia – TVR.**

Extensão em pavimento tipo I	604,51 Km
Velocidade em pavimento tipo I	70 Km/h
Extensão em pavimento tipo II	0,00 Km
Velocidade em pavimento tipo II	60 Km/h
Extensão em pavimento tipo III	0,00 Km
Velocidade em pavimento tipo III	50 Km/h
Tempo de Viagem	8,64 h

**Quadro 11 – Tempo em pontos de seção e de parada – TPS e TDA.**

Nº Pontos de Seção	3
Tempo em Cada Seção	10 min.
Nº Pontos de Parada	2
Tempo Médio em Cada Ponto	25 min.

Dessa forma, utilizando-se a equação 8, obtêm-se um tempo de ciclo  $TC = 23,94$  horas, levando em consideração que foi utilizado o valor de duas horas para o tempo de manutenção (lavagem, abastecimento e deslocamento do veículo da rodoviária à garagem).

Em seguida, considerando a demanda semanal por sentido como sendo o valor de demanda total encontrado, dividido pelo número de semanas no ano, multiplicado pelos dois

sentidos, obtêm-se  $DSS = 1.961,66$  passageiros/semana.sentido. Aplicando-se os valores na equação 4, determina-se  $FSS = 70$  viagens por semana.

Para determinar a frota operante são usados como dados de entrada a frequência semanal por sentido (FSS), já obtida, o tempo de ciclo (TC), também já obtido, e o intervalo entre duas viagens consecutivas – ITV, que pode ser encontrado através da fórmula 14. Assim, encontrado o resultado do cálculo, utiliza-se a equação 13 para a determinação da frota operante, que para a simulação alcançou  $FO = 10$  ônibus.

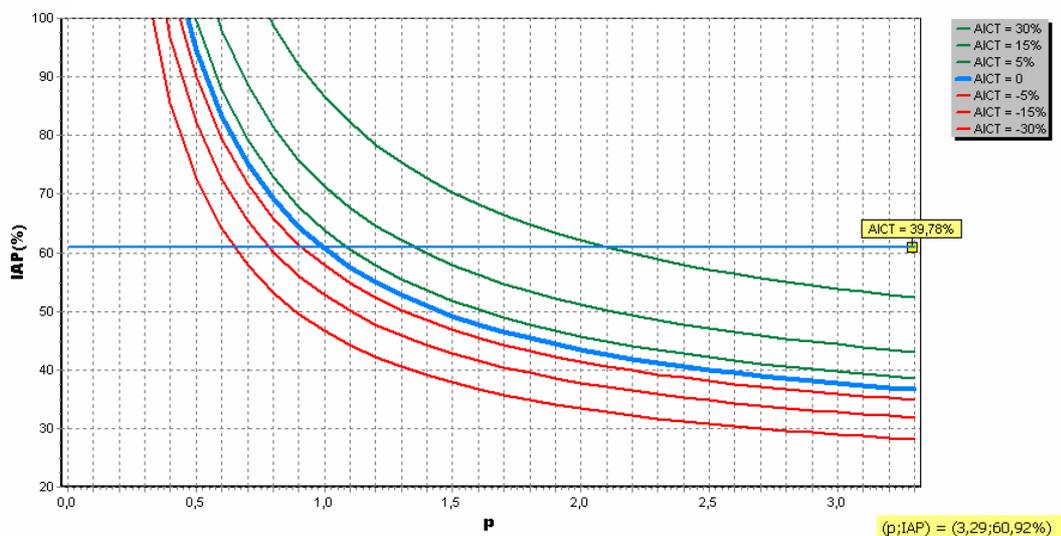
O percurso médio anual da linha encontrado, calculado através da fórmula 9, foi de  $PMA_{real} = 440.083,31$  km.

Ao utilizar-se a fórmula 22, encontra-se o valor do índice de aproveitamento do veículo, que para a ligação Criciúma (SC) – Ponta Grossa (PR) ficou definido como  $IAP_{real} = 60,92\%$ .

#### 5.1.4 Indicativos de Viabilidade

Calculados os parâmetros operacionais, o sistema inicia a determinação dos indicadores de viabilidade econômica, financeira e operacional da linha de transporte rodoviário de passageiros interestadual. Inicialmente, utilizando os custos básicos da planilha tarifária da ANTT, descritos no quadro 04, busca-se determinar o custo operacional real em R\$/pass.km da ligação, através da equação 20, encontrando o valor de  $CO = 0,0416$ .

Considerou-se primeiramente o valor vigente do coeficiente tarifário para um nível de serviço tomado como referência e dado por  $CT = R\$0,097276/pass.km$  e o custo operacional para o mesmo nível de serviço, calculado para o par (p, IAP) da ligação. Assim, determinou-se o afastamento percentual do coeficiente tarifário de referência para esses custos específicos, representado por  $AICT_i$  (afastamento isométrico do coeficiente tarifário). Este indicador mede o quanto os custos dessa simulação se afastam do valor do coeficiente tarifário vigente para mais ou para menos.



**Figura 22 – Afastamento isométrico do coeficiente tarifário para a ligação.**

Visualizando o valor obtido para o AICT no gráfico correspondente (figura 22), observa-se que o mesmo encontra-se acima da linha de referência (AICT = 0), o que indica que esta linha apresenta superavitário econômico e seu afastamento em relação ao coeficiente tarifário é de 39,780%. Conclui-se, então, que esta linha possui potencial de exploração autônoma. Por fim, ao gravar-se a simulação, o sistema disponibiliza uma nova camada georreferenciada ao usuário, conforme mostra a figura 23.

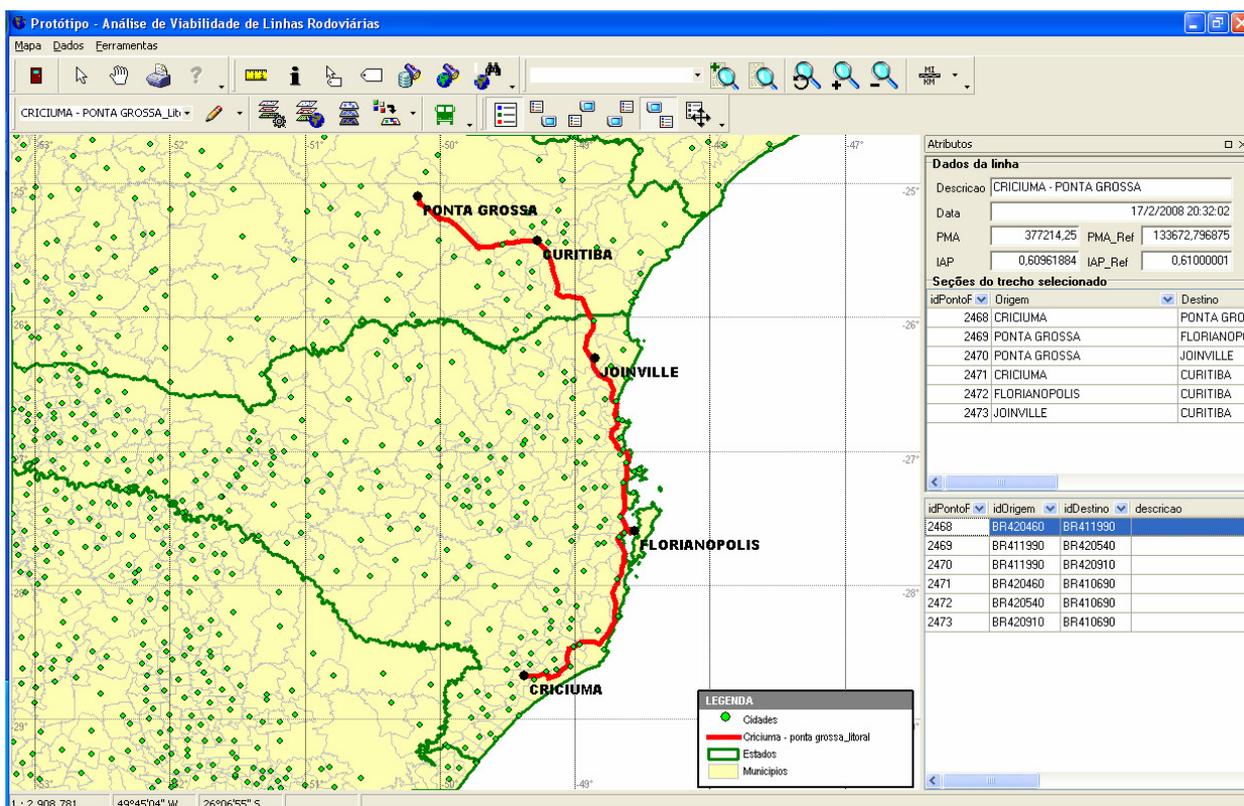


Figura 23 – Simulação da linha Criciúma(SC) – Ponta Grossa(PR) via litoral.

## 5.2 Linha Criciúma (SC) – Ponta Grossa (PR) via interior

Esta segunda simulação refere-se ao transporte rodoviário interestadual de passageiros, também na ligação Criciúma (SC) - Ponta Grossa (PR), porém com uma extensão de 637,77 km. A modificação ocorreu nos pontos de passagem, que agora são as cidades de Ponta Grossa (PR), São João Do Triunfo (PR), Criciúma (SC), Ituporanga (SC), Major Vieira (SC).

### 5.2.1 Caracterização Física da Linha

Os quadros 12 a 14 registram as principais características físicas da linha, informando, particularmente, percursos e seções, além de alguns acessos incluídos na simulação. Também foram consideradas todas as distâncias calculadas pelo modelo georreferenciado, sem utilizar o banco de dados de distâncias.

**Quadro 12 – Itinerário descritivo da linha.**

<b>Localidade / UF</b>	<b>Rodovias utilizadas</b>	<b>Ext. Acumulada (s/ acessos)</b>
Criciúma (SC)		
Ituporanga (SC)	BR282, SC302, SC430, SC438, SC439, SC446	209,29
Major Vieira (SC)	BR116, BR470, SC302	439,64
São João Do Triunfo (PR)	BR476, PR151, SC303, SC477	545,01
Ponta Grossa (PR)	PR151	632,77

**Quadro 13 – Seções.**

<b>Nº</b>	<b>Pontos de Seção</b>		<b>Ext (km)</b>
001	Criciúma (SC)	Ponta Grossa (PR)	645,77
002	Ituporanga (SC)	Ponta Grossa (PR)	423,48
003	Major Vieira (SC)	Ponta Grossa (PR)	198,13
004	São João Do Triunfo (PR)	Criciúma (SC)	558,01
005	São João Do Triunfo (PR)	Ituporanga (SC)	335,72
006	Major Vieira (SC)	São João Do Triunfo (PR)	110,37

**Quadro 14 – Acessos.**

<b>Para</b>	<b>Ext (km)</b>
Criciúma (SC)	13,00
Major Vieira (SC)	5,00

### 5.2.2 Estudos de Mercado

A ligação rodoviária, objeto de estudo, inicia-se no Estado de Santa Catarina até o extremo do itinerário, no Estado do Paraná. As variáveis influentes na demanda foram extraídas do banco de dados do sistema e são mostradas abaixo:

**Quadro 15 – Dados dos Municípios com Sedes Coincidentes com Pontos de Seção (Ano 2000).**

Município	dummy <sup>(1)</sup>	Mig. <sup>(2)</sup>	Mov. do Terminal <sup>(3)</sup>	População (mil) <sup>(2)</sup>	Renda Anual per Capita <sup>(2)</sup>
Criciúma (SC)	1,20	8,27%	134.642	183	6.783,94
Ituporanga (SC)	1,20	4,42%	1.595	20	6.379,98
Major Vieira (SC)	1,20	3,87%	10.442	7	4.573,26
Ponta Grossa (PR)	1,20	6,84%	189.844	295	7.328,40
São João Do Triunfo (PR)	1,20	0,71%	15.229	12	2.824,74

<sup>(1)</sup>Fonte: Embratur; <sup>(2)</sup>Fonte: IBGE; <sup>(3)</sup>Fonte: ANTT

Determinadas as variáveis envolvidas e o enquadramento da linha nos devidos agrupamentos de distância e de regionalização, esclarecidos no item 4.1.2 do trabalho, o potencial de demanda de cada seção da linha analisada é estimado com base na equação (10). Nesse caso, foi marcada a opção “utilizar modelo de previsão de demanda”, o que força o sistema a utilizar o modelo de determinação para obter os valores de demanda para todas as seções consideradas.

As demandas das seções são multiplicadas por um fator de correção que representa a participação de sua extensão na extensão total da linha, obtendo-se o que se denomina demanda corrigida das seções. Como não foi utilizada demanda observada nessa simulação, não houve o rateio pelos operadores, uma vez que todas as seções são consideradas novas. O quadro seguinte apresenta a distância entre os municípios e a demanda obtida pelo modelo.

**Quadro 16 – Dados de demandas calculada por seção projetadas para a linha.**

Seção i - j	Extensão (km)	Demanda Obtida <sup>(1)</sup>	Peso <sup>(2)</sup>	Demanda Corrigida <sup>(3)</sup>
Criciúma (SC) - Ponta Grossa (PR)	645,77	2.851	1,0000	1.426
Ituporanga (SC) - Ponta Grossa (PR)	423,48	408	0,6558	134
Major Vieira (SC) - Ponta Grossa (PR)	198,13	1.499	0,3068	230
São João Do Triunfo (PR) - Criciúma (SC)	558,01	399	0,8641	172
São João Do Triunfo (PR) - Ituporanga (SC)	335,72	97	0,5199	25
Major Vieira (SC) - São João Do Triunfo (PR)	110,37	544	0,1709	46
DEMANDA TOTAL				2.033

<sup>(1)</sup> passageiros/ano; <sup>(2)</sup> Ext. seção/Ext. seção principal; <sup>(3)</sup> passageiros/ano.

### 5.2.3 Parâmetros Operacionais

Os parâmetros operacionais necessários para o dimensionamento da linha são os mesmo já citados na simulação anterior, e seus valores foram mantidos nesse caso ( $lot_{ref} = 46$  lugares e  $IAP_{ref} = 61,00\%$ ), conforme resolução referenciada da ANTT.

O tempo de ciclo foi estimado com base nos mesmos preceitos da simulação anterior, entretanto agora existem também trechos rodoviários percorridos em acessos. O resultado para a simulação apresenta-se nos quadros abaixo:

**Quadro 17 – Tempo de viagem em rodovia – TVR.**

Extensão em pavimento tipo I	560,97 Km
Velocidade em pavimento tipo I	70 Km/h
Extensão em pavimento tipo II	0,00 Km
Velocidade em pavimento tipo II	60 Km/h
Extensão em pavimento tipo III	71,81 Km
Velocidade em pavimento tipo III	50 Km/h
Tempo de Viagem	9,04

**Quadro 18 – Tempo de deslocamentos em acessos – TDA.**

Extensão Acessos	(km)	18,00
Velocidade	(km/h)	40
Tempo em Acessos	(h)	0,45

**Quadro 19 – Tempo em pontos de seção e de parada – TPS.**

Nº Pontos de Seção	3
Tempo em Cada Seção	10 min.
Nº Pontos de Parada	2
Tempo Médio em Cada Ponto	25 min.

Dessa forma, utilizando-se a equação 8, obtêm-se um tempo de ciclo  $TC = 25,90$  horas, levando em consideração que foi utilizado o valor de duas horas para o tempo de manutenção (lavagem, abastecimento e deslocamento do veículo da rodoviária à garagem).

Em seguida, considerando a demanda semanal por sentido como sendo o valor de demanda total encontrado, dividido pelo número de semanas no ano, multiplicado pelos dois

sentidos, obtêm-se  $DSS = 19,55$  passageiros/semana.sentido. Aplicando-se os valores na equação 4, determina-se  $FSS = 1$  viagem por semana.

Após determinar o intervalo entre duas viagens consecutivas – ITV (fórmula 14) pode-se, em conjunto com a frequência semanal por sentido (FSS) e o tempo de ciclo (TC), ambos já obtidos, calcular a frota operante, chegando-se ao valor  $FO = 1$  ônibus, através da equação 13.

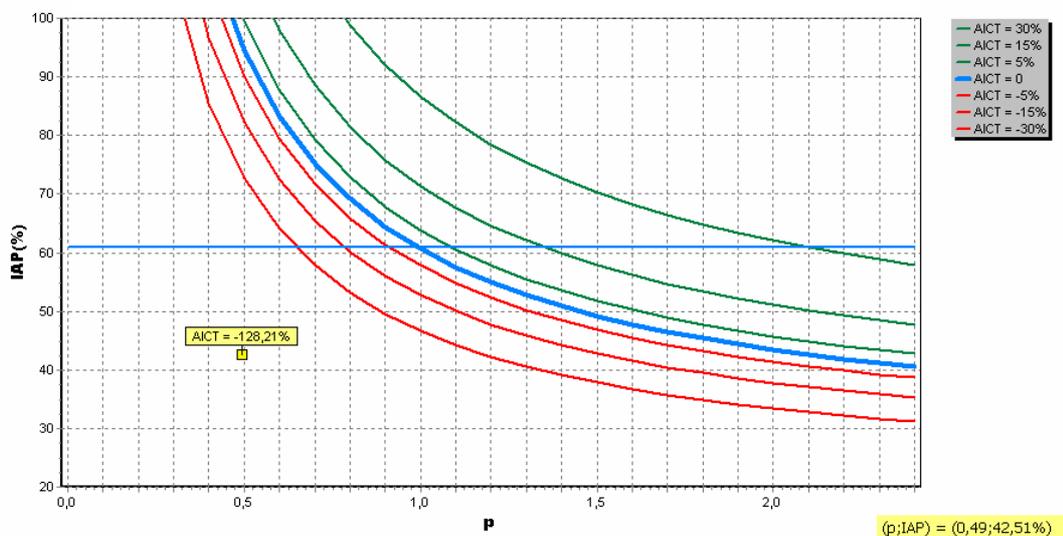
O percurso médio anual da linha encontrado, calculado através da fórmula 9, foi de  $PMA_{real} = 65.808,08$  km.

Ao utilizar-se a fórmula 22, encontra-se o valor do índice de aproveitamento do veículo, que para a ligação Criciúma (SC) – Ponta Grossa (PR), via interior, ficou definido como  $IAP_{real} = 42,52\%$ .

#### **5.2.4 Indicativos de Viabilidade**

Calculados os parâmetros operacionais, o sistema inicia a determinação dos indicativos de viabilidade econômica, financeira e operacional da linha de transporte rodoviário de passageiros interestadual. Inicialmente, utilizando os custos básicos da planilha tarifária da ANTT, descritos no quadro 04, busca-se determinar o custo operacional real em R\$/pass.km da ligação, através da equação 20, encontrando o valor de  $CO = 0,15765$ .

Considerou-se primeiramente o valor vigente do coeficiente tarifário para um nível de serviço tomado como referência e dado por  $CT = R\$0,097276/\text{pass.km}$  e o custo operacional para o mesmo nível de serviço, calculado para o par (p, IAP) da ligação. Assim, determinou-se o afastamento percentual do coeficiente tarifário de referência para esses custos específicos, representado por  $AICT_i$  (afastamento isométrico do coeficiente tarifário). Este indicador mede quanto os custos dessa simulação se afastam do valor do coeficiente tarifário vigente para mais ou para menos.



**Figura 24 – Afastamento isométrico do coeficiente tarifário para a ligação.**

Visualizando o valor obtido para o AICT no gráfico correspondente à figura 23, observa-se que o mesmo encontra-se acima da linha de referência (AICT = 0), o que indica que esta linha apresenta superavitário econômico e seu afastamento em relação ao coeficiente tarifário é de -128,173%, concluindo-se que esta linha não apresenta potencial de exploração autônoma. A gravação da simulação pode ser observada na figura 25, logo abaixo.

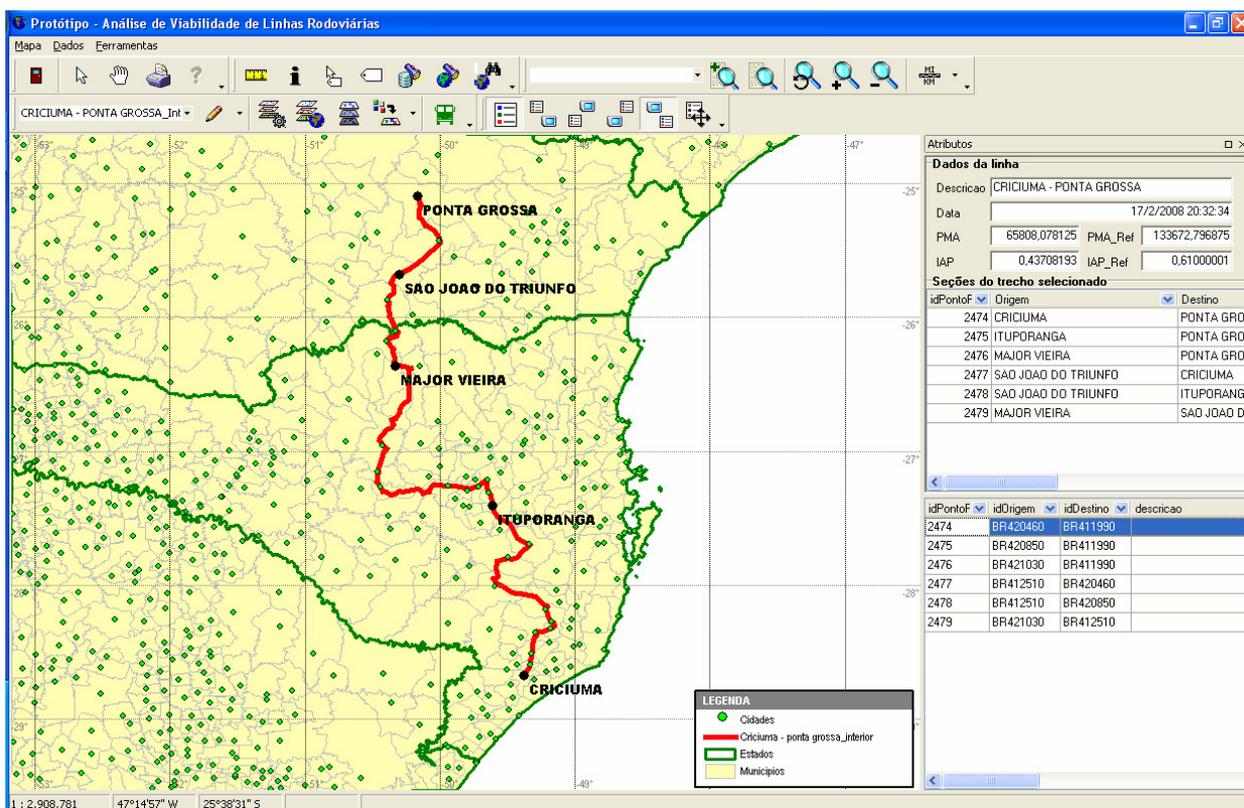


Figura 25 – Simulação da linha Criciúma(SC) – Ponta Grossa(PR) via interior.

### 5.3 Considerações Finais

Apesar de as duas simulações efetuadas no sistema serem sobre os mesmos pares origem/destino, essas ligações apresentaram características bem diferentes. Propositalmente, utilizou-se um itinerário composto por cidades com elevada população, como capitais e pólos turísticos na primeira. Dessa forma, foram considerados valores altos de população, movimentação nos terminais rodoviários, variáveis de atratividade migratória, etc.

Por outro lado, a segunda simulação percorreu cidades menos populosas, com baixa movimentação nos terminais rodoviários e sem atratividades turísticas, considerando valores pequenos para as variáveis componentes da demanda.

Com base no exposto, o sistema se comportou de forma coerente, sugerindo condição de viabilidade para a primeira ligação simulada e ausência dessa condição para a segunda.

## 6 CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que as primeiras conclusões adquiridas com o desenvolvimento deste trabalho começaram a ser percebidas logo nas semanas iniciais de pesquisa sobre o tema. De fato, a análise de viabilidade de linhas de transporte rodoviário de passageiros mostrou-se um assunto de referencial bibliográfico escasso no Brasil. Porém, essa dificuldade não impediu que se alcançassem os objetivos propostos, culminando com o desenvolvimento de um sistema, em forma de protótipo, que torna a referida análise ágil e embasada em alicerces bem definidos.

A utilização de conceitos baseados na tecnologia de Sistema de Informações Geográficas demonstrou ter uma ótima colaboração com o estudo na área de transportes. A afirmativa confirma-se uma vez que a facilidade de manipulação das informações, por sua vez atrelados à estrutura georreferenciada, permite maior rapidez e confiabilidade na geração de dados de entrada para alimentação de modelos matemáticos nesse âmbito. Além disso, também existem ganhos na outra ponta do fluxo de informações, pois a tecnologia permite a geração de relatórios de saída mais dinâmicos, através de composição de dados, e elaborados, contendo mapas e gráficos.

Ainda nesse contexto, o modelo de dados vetorial firmou-se como o ideal para o estudo, por apresentar menor distorção ao utilizar arcos e linhas, formas geográficas comuns em camadas representativas de malhas viárias, existentes em mapas voltados ao transporte.

Sobre a infra-estrutura de transportes no país, descreveu-se a evolução existente no setor, através de fatos históricos, o que ajudou a compreender a situação encontrada na atualidade.

No âmbito regulatório, a Agência Nacional de Transportes Terrestres desponta, na esfera federal, como a responsável pela regulamentação e fiscalização do transporte de passageiros. Sua atuação demonstrou-se imprescindível no mercado, pois ela controla um serviço público essencial

que se caracteriza pela principal modalidade na movimentação coletiva de passageiros, em viagens de âmbito interestadual e internacional no Brasil.

A queda na demanda de usuários no setor e as diversas necessidades apontadas no estudo, além da pressão pela licitação de novas linhas de transporte, fundamentaram o desenvolvimento do sistema georreferenciado, objetivo do trabalho.

O desenvolvimento do sistema abordou diversos assuntos, dentre os quais destacam-se os modelos de viabilidade de linhas de transporte rodoviário de passageiros. O primeiro modelo apresentado demonstrou pontos de vulnerabilidade, principalmente na determinação da frota a ser utilizada para a ligação e por apresentar o PMA como variável isolada para a determinação da condição de viabilidade.

Já o segundo modelo abordado, denominado de novo modelo, buscou corrigir os problemas existentes no anterior, definindo o uso da frota operante em vez da frota total e incluindo uma segunda variável para determinar a condição de viabilidade, o IAP. Dessa forma, o segundo modelo apresentou-se como o mais adequado para ser inserido no sistema.

Pode-se afirmar também que protótipo desenvolvido cumpriu os requisitos funcionais propostos no trabalho, pois provê mecanismos para analisar a viabilidade de implantação de novas linhas de transporte rodoviário de passageiros, valendo-se dos conceitos de SIG. Além disso, sua utilização apresentou-se intuitiva e sua manipulação permite ao usuário configurar diversas condições tarifárias e de demanda.

Atingiram-se também as requisições visuais, como implementação de funções de aproximação e afastamento, além da possibilidade de selecionarem-se as características de apresentação dos objetos gráficos.

Por fim, na elaboração dos estudos de caso, percebeu-se a agilidade adquirida com a utilização do sistema, no processo de análise de viabilidade de uma linha rodoviária. Um procedimento que poderia levar dias, com gastos em levantamento de dados sobre as distâncias, pesquisas de demanda, cálculos pesados e filtragem de dados, agora pode ser realizado em questão de minutos. Entretanto, deve-se esclarecer que a aplicação do modelo corresponde a uma comparação entre o cenário-padrão vigente e uma situação operacional já existente ou então nos casos em que é solicitada a implantação de uma nova linha. No entanto, quando não existe um projeto a ser submetido à comparação, o modelo indica o caminho a ser seguido, a partir da

estimação da demanda e do cálculo da frequência das viagens e da frota operante necessária e a correspondente análise a partir dos indicadores recomendados pelo modelo.

## **6.1 Resultados Esperados**

Dentre as perspectivas de melhora que demanda o setor de linhas de transporte rodoviário, pretendem-se colher, como frutos do desenvolvimento desse trabalho, os seguintes resultados:

- Permitir, de forma eficiente, a análise de viabilidade de linhas de transporte rodoviário de passageiros, apresentando indicadores confiáveis e dados que fundamentem esse processo;
- Possibilitar a criação de mapas temáticos referentes à simulação, tornando mais compreensível as características físicas das novas linhas, bem como de suas áreas de influência;
- Aproximação contínua dos meios técnicos às decisões estratégicas, buscando o desenvolvimento sustentável do setor;
- Tornar-se um instrumento passível de utilização pelo poder concedente, na busca de um equilíbrio de mercado e uma conseqüente melhora para os passageiros e para a sociedade como um todo.

## **6.2 Dificuldades e Sugestões para Trabalhos Futuros**

Como forma de melhorar ainda mais o processo de determinação de viabilidade da linha, e aumentar a abrangência de utilização do sistema, enumeram-se algumas sugestões para contornar as dificuldades encontradas e definir melhorias adicionais.

Ao utilizarem-se as distâncias calculadas pelo sistema, o itinerário montado pelo algoritmo interno resolve com eficiência a maioria das configurações possíveis para a simulação da linha. Entretanto, podem ocorrer distorções nessa montagem, principalmente em linhas que têm seu

trajeto passando por localidades com malha viária menos densa. Dessa forma, sugere-se que após a definição do itinerário, pelo sistema, o usuário possa alterar a ordem das cidades livremente, podendo atuar nos pontos onde as distorções surgirem.

Outro ponto observado é a abrangência do sistema, que poderia ser maior ao permitir simular a viabilidade de linhas intermunicipais ou semi-urbanas, por exemplo. Para isso, seria necessária uma adequação ao modelo existente, necessitando reavaliar as variáveis significativas e recalibrando-o para o novo contexto. Assim, com essas possibilidades em aberto, estima-se que o processo de análise de viabilidade de linhas de transporte rodoviário de passageiros venha a ser assunto de novos trabalhos científicos, contribuindo para a evolução em um setor carente de publicações técnicas.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. B. M.; ARRUDA, S. M. **COMO FAZER REFERÊNCIAS: bibliográficas, eletrônicas e demais formas de documentos.** Disponível em:  
<<http://www.bu.ufsc.br/home982.PDF>>. Acesso em: 28 novembro 2007.

ABRANTES, G. **Sistemas de Informação Geográfica – Conceitos.** Disponível em:  
<<http://www.isa.utl.pt/dm/sig/sig/SIGconceitos.html>>. Acesso em: 26 fevereiro 2007.

ALMEIDA, M. A. Análise da interoperabilidade em sistemas de informação geográfica. **Ratio: revista do Instituto Luterano de Ensino Superior de Ji-Paraná**, Ji-Paraná, n.5, p.3-9, jun. 2002.

ARAÚJO, M. P. **Infra-estrutura de transporte e desenvolvimento regional: uma abordagem de equilíbrio geral inter-regional.** São Paulo, 2006. 114f.. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade de São Paulo.

ARRUDA, P. M. **Estratégias de Marketing Aplicadas ao Transporte Público por Ônibus – Estudo de Casos no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro, 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Instituto Militar de Engenharia.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos. **Relatório de Avaliação do Plano Plurianual**. Brasília, 2006. Relatório.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. Aprova a metodologia de reajuste por fórmula paramétrica e define a periodicidade das revisões ordinárias das tarifas do Serviço de Transporte Rodoviário Interestadual e Internacional de Passageiros em percursos superiores a 75km. Resolução nº 1627, de 13 de setembro de 2006. **Lex:** DOU de 21 de setembro de 2006.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Relatório Anual**. Brasília, 2006. Relatório.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres. **Transporte de Passageiros**. Disponível em:  
<<http://www.antt.gov.br/passageiro/apresentacaopas.asp>>. Acesso em: 05 agosto 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério dos Transportes. DNIT – Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Ferrovias – Histórico**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br>>. Acesso em: 11 agosto 2007.

\_\_\_\_\_. Senado Federal. Augusto quer novas linhas interestaduais. **Jornal do Senado**. 22 dezembro 2003. Disponível em:  
<<http://www.senado.gov.br/JORNAL/noticia.asp?codEditoria=21&dataEdicaoVer=20031222&dataEdicaoAtual=20061109&nomeEditoria=Plen%E1rio&codNoticia=18783>>.  
Acesso em: 15 agosto 2007.

\_\_\_\_\_. TCU – Tribunal de Contas da União. Secretaria de Fiscalização de Desestatização. **Transporte rodoviário interestadual e internacional de passageiros no Brasil**. Brasília, 2005. Relatório.

CAMPASSI, R.; OLMOS, M. Transporte rodoviário perde passageiros. **Laboratório Industrial Sindical**, 16 janeiro 2006. Disponível em:  
<<http://www.sindlab.org/noticia02.asp?noticia=3146>>. Acesso em: 15 agosto 2007.

COSTA, F. L. B. A Matriz de Transportes e o Plano Nacional de Logística e Transportes. In Seminário Regional dos CREAs do Sul, 2006, Florianópolis. **Projeto Pensar o Brasil**.

FERNANDES, L. A. **Engenharia Simultânea e Qualidade no Transporte Rodoviário de Passageiros**: Um Estudo de Caso. Florianópolis, 2003. 169f.. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.

FÓRUM NACIONAL. XVII, 2005. Rio de Janeiro. **Infraestrutura e Competitividade no Brasil**. Rio de Janeiro : INAE – Instituto Nacional de Altos Estudos, 2005. 105p.

FRANCISCO, C. N., et. al. **Estudo Dirigido em SIG**. Disponível em:  
<<http://www.professores.uff.br/cristiane/Estudodirigido/Index.htm>>. Acesso em: 29 junho 2007.

GALVÃO, O. J. A. Desenvolvimento dos transportes e integração regional no Brasil – uma perspectiva histórica. **Planejamento e Políticas Públicas**. Brasília, n.13, p.183-211, jun. 1996.

GONÇALVES, M. B.; BEZ, E. T.; NOVAES, A.G. Modelos econométricos aplicados à previsão de demanda por transporte interestadual de passageiros de ônibus no Brasil. **Transportes**, v. XV, n. 1, p. 24 – 33, junho 2007.

GUIALOG. **Guia de Logística e Transportes**. Disponível em:  
<<http://www.guialog.com.br/estatistica-transpo.htm>>. Acesso em: 28 setembro 2007.

HARMON, J. E.; ANDERSON, S. J. **The Design and Implementation of Geographic Information Systems**. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons Inc., 2003. 264p.

HIGASHI, R. R. **Utilização de um SIG no desenvolvimento de um banco de dados geotécnicos do norte do estado do Rio Grande do Sul**. Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.

IGLESIAS, K. Setor cresce, mas ANTT não cria novas linhas interestaduais. **JB Online**, 26 agosto 2007. Disponível em:  
<<http://jbonline.terra.com.br/editorias/pais/papel/2007/08/26/pais20070826014.html>>. Acesso em: 27 agosto 2007.

LABTRANS – Laboratório de Transportes (UFSC). **Modelo de Viabilidade, Monitoramento e Representação dos Indicadores de Desempenho das Linhas de Transporte Rodoviário de Passageiros**: Calibração do Modelo de Previsão de Demanda. Florianópolis, 2005. 98p. Trabalho não publicado.

\_\_\_\_\_. **Modelo de Viabilidade, Monitoramento e Representação dos Indicadores de Desempenho das Linhas de Transporte Rodoviário de Passageiros**: Desenvolvimento dos Aplicativos. Florianópolis, 2005. 28p. Trabalho não publicado.

\_\_\_\_\_. **Modelo de Viabilidade, Monitoramento e Representação dos Indicadores de Desempenho das Linhas de Transporte Rodoviário de Passageiros**: Resumo Executivo. Florianópolis, 2005. 98p. Trabalho não publicado.

MARTINS, L. N. **Uma proposta de sistema de informações em 3D para o campus II do centro universitário FEEVALE-RS**. Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina.

MATTOS, R. Programação de Banco de Dados – parte 2. **Linha de Código**, 26 julho 2004. Disponível em: <<http://www.linhadecodigo.com.br/ArtigoImpressao.aspx?id=401>>. Acesso em: 04 novembro 2007.

MERCEDES-BENZ. Direitos Autorais 1998-2005 DaimlerChrysler. Disponível em: <<http://www.mercedes-benz.com.br/>>. Acesso em: 19 maio 2007.

PINTER, A. D. **Um conversor de dados geográficos, abrangendo os formatos MID-MIF, SHP-DBF e SDL**. Florianópolis, 2003. 72f.. Universidade Federal de Santa Catarina.

SANTOS, G. T. et. al. A utilização de SIG's nos estudos geotécnicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CADASTRO TÉCNICO MULTIFINALITÁRIO, 1998. Florianópolis. Disponível em: <<http://geodesia.ufsc.br/Geodesia-online/arquivo/cobrac98/010/010.HTM>>. Acesso em: 22 setembro 2007.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001. 121p.

THOMÉ, R. **Interoperabilidade em geoprocessamento**: conversão entre modelos conceituais de Sistemas de Informação Geográfica e comparação com o padrão OpenGIS. São José dos Campos, 1998. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

TOSCANO FILHO, A. B. A. **Um Ambiente na Web para Otimização do Transporte de Passageiros sob Regime de Fretamento**. Fortaleza, 2006. Dissertação (Mestrado em Informática Aplicada) - Universidade de Fortaleza.

XAVIER, C. C. **Sistemas de Informação Geográficas – Trabalhos em desenvolvimento pelo IMPA e INPE**. Disponível em: <<http://orion.lcg.ufrj.br/seminarios/gis.ppt>>. Acesso em: 28 dezembro 2006.

## APÊNDICES

## APÊNDICE 1 – Dicionário de Dados

### DISTÂNCIAS E DEMANDAS DAS OD'S

**Descrição:** Contém distâncias e demandas observadas de diversos pares de cidades no Brasil.

**Fonte:** ANTT

**Nome da Tabela:** Dist\_Dem\_OD

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
Origem_nome	Texto	30	Nome da cidade de origem
Origem_uf	Texto	2	Estado da cidade de origem
Destino_nome	Texto	30	Nome da cidade de destino
Destino_uf	Texto	2	Estado da cidade de destino
Distancia_km	Real		Distância entre o par O-D
Demanda	Inteiro		Demanda de passageiros do par O-D
Noperadores	Inteiro		Quantidade de operadores atuantes na seção formada pelo par O-D
Idorigem	Texto	11	Identificador da cidade de origem
Iddestino	Texto	11	Identificador da cidade de destino

### SIMULAÇÃO – ITINERÁRIO

**Descrição:** Armazena as cidades que compõem o itinerário de uma linha simulada.

**Fonte:** Instalação do Sistema

**Nome da Tabela:** simlItinerario.

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
idItinerario	Inteiro		Identificador único
idcidade	Texto	11	Identificador único da cidade
distdaorigem	Inteiro		Distância da cidade em relação à origem da linha
distacesso	Real		Distância de acesso até o terminal rodoviário da cidade
idlinha	Inteiro		Identificador único da linha

## SIMULAÇÃO - LINHAS

**Descrição:** Armazena as simulações de viabilidade de linhas, para utilização interna do sistema.

**Fonte:** Instalação do Sistema

**Nome da Tabela:** simLinhas.

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
idLinha	Inteiro		Identificador da simulação de linha
idOrigem	Texto	11	Identificador da cidade de Origem da simulação de linha
idDestino	Texto	11	Identificador da cidade de Destino da simulação de linha
Descrição	Texto	100	Descrição da simulação de linha
Extensão	Real		Extensão em Km da simulação de linha
Frota	Inteiro		Frota da simulação de linha
Pma	Real		PMA da simulação de linha
Iap	Real		IAP da simulação de linha
Data	Data		Data de criação da simulação de linha
demCalculada	Booleano		Flag que identifica se a simulação de linha teve sua demanda calculada ou informada
pma_referencia	Real		PMA de planilha no momento da criação da simulação de linha
iap_referencia	Real		IAP de planilha no momento da criação da simulação de linha
coef_tarifario	Real		Coefficiente Tarifário de planilha no momento da criação da simulação de linha
tmpManutencao	Inteiro		Tempo de manutenção usado na simulação, em minutos, do ônibus em cada intervalo de viagem da linha
tAjusteTC	SmallInt		Tipo de ajuste do tempo de ciclo usado na simulação. 0 = Sem ajuste; 1 = Ajustado; 2 = Otimizado
freqSemanal	Inteiro		Frequência semanal de viagens utilizadas na simulação da linha
ptsSecao	Inteiro		Pontos de seção calculados na simulação da linha
ptsParada	Inteiro		Pontos de parada calculados na simulação da linha
TCOriginal	Real		Tempo de ciclo original calculado na simulação da linha
TCAjustado	Inteiro		Tempo de ciclo ajustado calculado na simulação da linha
co	Real		Custo operacional da linha simulada
aict	Real		Afastamento isométrico do coeficiente tarifário da linha simulada
tRedeLogica	SmallInt		Rede lógica utilizado na simulação da linha. 0 = Rede padrão; 1 = Rede completa

## SIMULAÇÃO – PONTOS DE PASSAGEM

**Descrição:** Armazena os pontos de passagem das simulações de viabilidade de linhas, para utilização interna do sistema.

**Fonte:** Instalação do Sistema

**Nome da Tabela:** simPtPassagem.

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
idPontoPassagem	Inteiro		Identificador do ponto de passagem da simulação de linha
idOrigem	Texto	11	Identificador da cidade de Origem do ponto de passagem da simulação de linha
idDestino	Texto	11	Identificador da cidade de Destino do ponto de passagem da simulação de linha
Descrição	Texto	100	Descrição do ponto de passagem da simulação de linha
Demanda	Real		Demanda de passageiros da seção da simulação de linha
Extensão	Real		Extensão em Km do ponto de passagem da simulação de linha

tipoObtencaoDist	Smallint		Forma de obtenção da distância. 0 = Calculada; 1 = Informada
Seção	Booleano		Flag que identifica se o ponto de passagem (par OD) é seção da simulação da linha
idLinha	Inteiro		Identificador da simulação de linha que contém o ponto de passagem
nOperadores	Inteiro		Quantidade de operadores que atuam na seção da linha

## SIMULAÇÃO – TRECHOS POR PONTOS DE PASSAGEM

**Descrição:** Armazena os trechos rodoviários utilizados em cada seção de uma linha simulada.

**Fonte:** Instalação do Sistema

**Nome da Tabela:** simTrechoPtPassagem.

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
Idrodovia	Inteiro		Identificador único de rodovia
idPontoPassagem	Inteiro		Identificador do ponto de passagem da simulação de linha

## VARIÁVEIS PADRÃO

**Descrição:** Armazena as variáveis de planilha, determinadas pela ANTT.

**Fonte:** Instalação do Sistema

**Nome da Tabela:** variaveisPadrao.

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
idvar	Inteiro		Identificador único
Nome	Texto	20	Nome da variável de planilha
Valor	Real		Valor atribuído à variável de planilha
Data_alteracao	Data		Data da última alteração na variável

## CIDADES

**Descrição:** Contém todas as cidades do Brasil.

**Fonte:** IBGE – Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo

**Nome da Tabela:** Cidades

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
idcidade	Texto	11	Identificador Único
descricao	Texto	30	Nome da cidade
idestado	Texto	4	Identificador do estado a que a cidade pertence
codmicro	Texto	11	Identificador da microrregião em que a cidade está localizada

mov_terminal	Inteiro		Movimentação anual nos terminais rodoviários da cidade
renda_percapta	Real		Renda percapta média da população da cidade
Mig	Real		Percental migratório da população
dummy	Real		Variável de demanda indicativa de pólo atrativo de pessoas (1,2 ou 2)
população	Inteiro		População da cidade em número de habitantes

## ESTADOS

**Descrição:** Tabelas que contém as Unidades da Federação, inclusive áreas em litígio.

**Fonte:** IBGE – Base Cartográfica Integrada Digital do Brasil ao Milionésimo

**Nome da Tabela:** Estados.

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
idestado	Texto	4	Identificador Único
descricao	Texto	30	Nome do Estado
idpais	Texto	3	Identificador do país a que o estado pertence
sigla	Texto	2	Sigla do estado

## RODOVIAS

**Descrição:** Malha Rodoviária com total de 19173 trechos e 334313.10 Km de Rodovias sendo 11.820 trechos de Rodovias Estaduais com 224128.70 Km, 3774 trechos de Rodovias Federais com 84510.33 Km e 3579 trechos de Vias Municipais com 25674.07 Km

**Fonte:** Ministério dos Transportes e Órgãos Estaduais - 2001

**Nome da Tabela:** rodovias.

CAMPO	TIPO	TAM.	DESCRIÇÃO
idrodovia	Inteiro		Identificador Único
tipo	Texto	10	Tipo do Nome da Rodovia
titulo	Texto	10	Título do Nome da Rodovia
preposicao	Texto	5	Preposição do Nome da Rodovia
rodovia	Texto	40	Nome da Rodovia
sigla	Texto	8	Sigla Oficial da Rodovia
sigla_complementar	Texto	20	Siglas Complementares (para trechos com mais de uma Sigla)
km_inicial	Real		Quilometragem Inicial do Trecho para a Primeira Sigla
km_final	Real		Quilometragem Final do Trecho para a Primeira Sigla
km_inicial_2	Real		Quilometragem Inicial do Trecho para a Segunda Sigla
km_final_2	Real		Quilometragem Final do Trecho para a Segunda Sigla
km_inicial_3	Real		Quilometragem Inicial do Trecho para a Terceira Sigla
km_final_3	Real		Quilometragem Final do Trecho para a Terceira Sigla
km_inicial_4	Real		Quilometragem Inicial do Trecho para a Quarta Sigla
km_final_4	Real		Quilometragem Final do Trecho para a Quarta Sigla
municipio	Texto	30	Nome do Município no qual está o Trecho

estado	Texto	2	Nome do Estado em que está o Trecho
distancia_km	Real		Distância Calculada, em Km
velocidade_km_h	Real		Velocidade Média em Km/h segundo as necessidades de cada simulação. Inicialmente é igual a velocidade_real
tempo	Real		Tempo de Trajeto, conforme Distância e Velocidade, em Minutos
classificação	Texto	30	Classificação do Trecho Quanto ao Tipo de Pavimento Valores possíveis: Duplicada, Em Duplicação, Pavimentada, Em Pavimentação, Em Construção, Implantada, Em Implantação, Leito Natural, Planejada e Municipal.
classe_jurisdicao	Inteiro		Jurisdição da Rodovia. Valores Possíveis: 0 – Federal; 1 – Estadual; 2 – Desconhecido
no_origem	Inteiro		Identificador do Nó de Origem do Trecho
no_destino	Inteiro		Identificador do Nó de Destino do Trecho
capacidade_horaria_a	Real		Capacidade em veículos hora em um sentido da rodovia
capacidade_horaria_b	Real		Capacidade em veículos hora no sentido oposto da rodovia
volume_diario_a	Real		Volume diário de veículos em um sentido da rodovia
volume_diario_b	Real		Volume diário de veículos no sentido oposto da rodovia
caminhoes_percentual	Real		Percentual de caminhões que utilizam a rodovia
acidentes_total	Inteiro		Quantidade total de acidentes
acidentes_feridos	Inteiro		Quantidade de acidentes com vítimas feridas
acidentes_mortos	Inteiro		Quantidade de acidentes com vítimas fatais
qualidade_pavimento	Texto	16	Descrição da qualidade do pavimento. Valores Possíveis: Ótima, Boa, Ruim, Péssima, Desconhecido
qualidade_sinalizacao	Inteiro		Representação da qualidade da sinalização. Valores Possíveis: 0 – Boa; 1 – Média; 2 – Ruim
roubos_assaltos	Inteiro		Número de assaltos e roubos por ano
velocidade_real	Real		Velocidade média real, em km/h

**ANEXOS**

### ANEXO 1 – Cálculo da Frota Operante

DEMANDA (pass/ano)		FSS (vi/semana)	FSS <sub>diária</sub> (vi/semana)	FSS <sub>não diária</sub> (vi/semana)	ITV (h)		TC (h)													
Mínima	Máxima				FSS <sub>diária</sub>	FSS <sub>não diária</sub>	12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
0	3.253	1	0	1	0	168	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3.254	6.506	2	0	2	0	72	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
6.507	9.759	3	0	3	0	48	1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
9.760	13.012	4	0	4	0	24	1	1	2	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4
13.013	16.265	5	0	5	0	24	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	5	5	5	5
16.266	19.518	6	0	6	0	24	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	6	6
19.519	22.771	7	7	0	24	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7
22.772	26.024	8	7	1	24	168	1	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
26.025	29.278	9	7	2	24	72	1	2	3	3	4	4	6	6	7	7	8	8	9	9
29.279	32.531	10	7	3	24	48	1	2	3	3	5	5	6	6	8	8	9	9	10	10
32.532	35.784	11	7	4	24	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	10	11	11
35.785	39.037	12	7	5	24	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11	12	12
39.038	42.290	13	7	6	24	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
42.291	45.543	14	14	0	12	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
45.544	48.796	15	14	1	12	168	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
48.797	52.049	16	14	2	12	72	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16
52.050	55.303	17	14	3	12	48	2	3	4	5	7	8	9	10	12	13	14	15	16	17
55.304	58.556	18	14	4	12	24	2	3	5	6	8	9	11	12	13	14	15	16	17	18
58.557	61.809	19	14	5	12	24	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	16	17	18	19
61.810	65.062	20	14	6	12	24	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	19	20
65.063	68.315	21	21	0	8	0	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15	17	18	20	21
68.316	71.568	22	21	1	8	168	2	4	6	7	9	10	12	13	15	16	18	19	21	22
71.569	74.821	23	21	2	8	72	2	4	6	7	9	10	13	14	16	17	19	20	22	23
74.822	78.074	24	21	3	8	48	2	4	6	7	10	11	13	14	17	18	20	21	23	24
78.075	81.328	25	21	4	8	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19	21	22	24	25
81.329	84.581	26	21	5	8	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	23	25	26
84.582	87.834	27	21	6	8	24	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	27
87.835	91.087	28	28	0	6	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28