



**DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA  
ATUALIZAÇÃO DA BASE DE DADOS  
GEORREFERENCIADA DO PLANO  
NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES  
– PNLT, EM APOIO AO PROCESSO DE  
PERENIZAÇÃO – ETAPA II**

**ETAPA 07**

**(30.001.07.01.80.01)**

**VOLUME 7 – DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS  
PARA INTEGRAÇÃO DA BASE DE DADOS  
GEORREFERENCIADA DO PNLT AO SISTEMA DE  
INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS EM TRANSPORTE  
– SIG-T DO MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES**

**RELATÓRIO FINAL**

**Relatório**



**EXÉRCITO  
BRASILEIRO**

**DNIT**

**DEPARTAMENTO NACIONAL DE  
INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES**

**JULHO 2010 – REVISÃO 00**



Exército Brasileiro

**DNIT**Departamento Nacional de  
Infra-Estrutura de Transportes

**MINISTÉRIO DA DEFESA, EXÉRCITO BRASILEIRO  
DEC – DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO  
CENTRAN – CENTRO DE EXCELÊNCIA EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES**

**DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA ATUALIZAÇÃO DA BASE DE DADOS  
GEORREFERENCIADA DO PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES  
– PNLT, EM APOIO AO PROCESSO DE PERENIZAÇÃO – ETAPA II**

**VOLUME 7 – DESENVOLVIMENTO DE ESTUDOS PARA INTEGRAÇÃO DA BASE  
DE DADOS GEORREFERENCIADA DO PNLT AO SISTEMA DE INFORMAÇÕES  
GEOGRÁFICAS EM TRANSPORTE – SIG-T DO MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES  
RELATÓRIO FINAL**

**LOGIT**

## QUADRO DE REVISÕES

<b>Nº. DA REVISÃO</b>	<b>DATA</b>	<b>VISTO DO COORDENADOR</b>
<b>Revisão 00</b>	<b>Julho/2010</b>	

## **SUMÁRIO**

## SUMÁRIO

<b>1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS ENQUANTO ORGANIZADORES DE DADOS</b> .....	<b>1</b>
1.1 O SIG–T e a Organização das Informações no Ministério dos Transportes e Ligadas .....	4
1.2 A Adoção de Metadados .....	7
1.3 Responsabilidades Requeridas .....	10
1.4 Arquitetura da Solução .....	10
1.5 Recursos Humanos e Organizacionais Necessários .....	15
1.5.1 Especialistas Setoriais.....	16
1.5.2 Administrador .....	16
1.5.3 Equipe Técnica.....	17
1.5.4 Equipe de Apoio .....	17
1.5.5 Recursos por Etapa.....	18
1.6 Proposta de Metodologia de Manutenção do BDG.....	18
1.6.1 Obtenção.....	19
1.6.2 Triagem .....	20
1.6.3 Conversão .....	20
1.6.4 Verificação.....	20
1.6.5 Documentação .....	20
1.6.6 Disponibilização .....	20
1.6.7 Inclusão de Novos Dados.....	21
<b>2 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA DO PNLT</b> .....	<b>22</b>
2.1 Estrutura da base de dados geográfica .....	23
2.1.1 Dados Básicos e suas Fontes de Informação.....	23
2.1.2 Estrutura Geográfica da Base de Oferta de Transportes .....	24
2.2 Modelagem do Sistema de Transportes e Avaliação de Alternativas de Investimento.....	28
2.2.1 Metodologia para Modelagem de Transportes.....	28
2.2.1.1 Fase 1: Modelagem da situação atual .....	29
2.2.1.2 Fase 2: Avaliação de alternativas de investimento .....	42
<b>3 USO DO MANTRA NA MODELAGEM DE TRANSPORTES</b> .....	<b>47</b>
3.1 Representação da Oferta de Transporte .....	49
3.1.1 Redes, Ligações e Nós.....	49
3.1.2 Representação da Oferta de Transporte no MANTRA.....	50
3.2 Geração de Demanda por Transportes .....	51

3.3 Distribuição da Demanda por Transportes .....	53
3.4 Divisão Modal.....	56
3.4.1 Fluxos Cativos.....	57
3.4.2 Fatores que Influenciam a Escolha Modal .....	58
3.4.3 Implementação no MANTRA .....	60
3.5 Alocação de Tráfego .....	61
3.5.1 Construção de Caminhos Mínimos.....	63
3.5.2 Alocação “Tudo–ou–Nada”.....	65
3.5.3 Restrição de Capacidade .....	66
3.5.4 Alocação Incremental.....	67
3.5.5 Alocação por Equilíbrio dos Usuários .....	68
<b>4 MATRIZES DE PRODUÇÃO E CONSUMO, DE FLUXOS FINANCEIROS E DE TRANSPORTES .....</b>	<b>70</b>
4.1 Abrangência Socioeconômica, Espacial e Ambiental .....	72
4.2 Compatibilização da Modelagem Macroeconômica e de Transportes .....	78
<b>5 CUSTOS OPERACIONAIS .....</b>	<b>84</b>
5.1 A Matriz de Transportes e os Custos Logísticos no Brasil .....	85
<b>6 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA DO SIG–T .....</b>	<b>90</b>
6.1 Dados de Oferta .....	91
6.2 Dados de Demanda.....	93
6.3. Dados de Custo.....	94
<b>7 VISÃO GERAL DA INTERFACE DO SISTEMA SIG–T .....</b>	<b>96</b>
7.1 O Menu Principal do SIT–T .....	98
7.1.1. Opção <Sobre o SIG–T>.....	98
7.1.2. Opção <Sobre o INDE–T>.....	98
7.1.3. Opção <Consultas>.....	99
7.1.4. Opção <Conteúdo de dados>.....	103

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Primitivas geométricas .....	3
Figura 2 – Conjunção de objetos geográficos .....	4
Figura 3 – Estrutura organizacional MT x elementos SIG.....	5
Figura 4 – Compartilhamento de dados espaciais no Ministério dos Transportes.....	6
Figura 5 – Importância dos metadados .....	7
Figura 6 – Os metadados como “rótulos” dos dados para o usuário.....	8
Figura 7 – Componentes da solução SIG–T .....	11
Figura 8 – Componentes lógicos do SIG–T.....	14
Figura 9 – Organização da equipe de manutenção do BDG.....	16
Figura 10 – Etapas da manutenção do BDG .....	19
Figura 11 – Estrutura da organização da base de dados georreferenciada.....	23
Figura 12 – Modal Aeroviário da base de dados georreferenciada.....	25
Figura 13 – Modal Aquaviário da base de dados georreferenciada.....	25
Figura 14 – Modal Dutoviário da base de dados georreferenciada.....	26
Figura 15 – Modal Ferroviário da base de dados georreferenciada.....	26
Figura 16 – Modal Rodoviário da base de dados georreferenciada.....	27
Figura 17 – Tema Multimodal base de dados georreferenciada .....	27
Figura 18 – Zonas de transportes do PNLT.....	31
Figura 19 – Rede de Modelagem de Transportes do PNLT Nacional.....	32
Figura 20 – Rede de Modelagem de Transportes do PNLT – E .....	33
Figura 21 – Exemplo de Cadeia Produtiva .....	36
Figura 22 – Exemplo de balanço oferta/demanda .....	37
Figura 23 – Estimativa das matrizes O/D dos produtos relevantes.....	39
Figura 24 – Análise de fretes.....	40
Figura 25 – Expansão da fronteira agrícola.....	44
Figura 26 – Vetores logísticos .....	78
Figura 27 – Tela inicial do SIG–T .....	97
Figura 28 – Tela do SIG–T da opção <sobre o SIG–T> .....	98
Figura 29 – Tela do SIG–T da opção <sobre a INDE–T> .....	99
Figura 30 – Tela do SIG–T da opção <consultas> .....	100
Figura 31 – Tela do SIG–T da opção <consultas> – seleção de camadas .....	101
Figura 32 – Tela do SIG–T da opção <consultas> – seleção de campos por camada .....	101
Figura 33 – Tela do SIG–T da opção consultas/visualizar mapas .....	102

Figura 34 – Tela do SIG–T da opção <conteúdo dados/conjunto de dados>	103
Figura 35 – Detalhe da tela do SIG–T da opção <conteúdo dados/conjunto de dados>	104
Figura 36 – Tela do SIG–T da opção <conteúdo dados/conjunto de dados>	104
Figura 37 – Tela do SIG–T da opção <conjunto de dados/objeto geográfico>	105
Figura 38 – Tela do SIG–T da opção <conjunto de dados/objeto geográfico>	105
Figura 39 – Tela do SIG–T da opção <conjunto de dados/temas>	106
Figura 40 – Tela do SIG–T da opção <conjunto de dados/fontes>	107

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Envolvimento da equipe de manutenção por etapa .....	18
Tabela 2 – Matriz de transportes – comparativo internacional (em % do total) .....	86
Tabela 3 – Custos de logística em % do PIB.....	87
Tabela 4 – Estrutura de custos logísticos .....	88

## **LISTA DE SIGLAS**

BDG – Banco de Dados Georreferenciados

BIT – Banco de Informações em Transportes

HCM – *Highway Capacity Manual*

IIRSA – Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional da América Latina

PIB – Produto Interno Bruto

PNLT – Plano Nacional de Logística e Transportes

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIG-T – Sistema de Informações Geográficas para Transportes

SIPAPE – Sistema Integrado de Planejamento e Análise de Políticas Econômicas

SPNT – Secretaria Nacional de Política de Transportes

# **1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS ENQUANTO ORGANIZADORES DE DADOS**

# **1 SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS ENQUANTO ORGANIZADORES DE DADOS**

Sistemas de Informações Geográficas – SIG permitem e facilitam a análise, gestão e representação do espaço e dos fenômenos que nele ocorrem, comportam diferentes tipos de dados de várias áreas do conhecimento e a combinação destes, torna suas aplicações mais ricas e conclusivas. Baseados em entidades físicas tangíveis, localizáveis no espaço e passíveis de serem representadas por intermédio de feições que ilustrem graficamente suas conformações geográficas, possuem entre seus recursos as seguintes possibilidades:

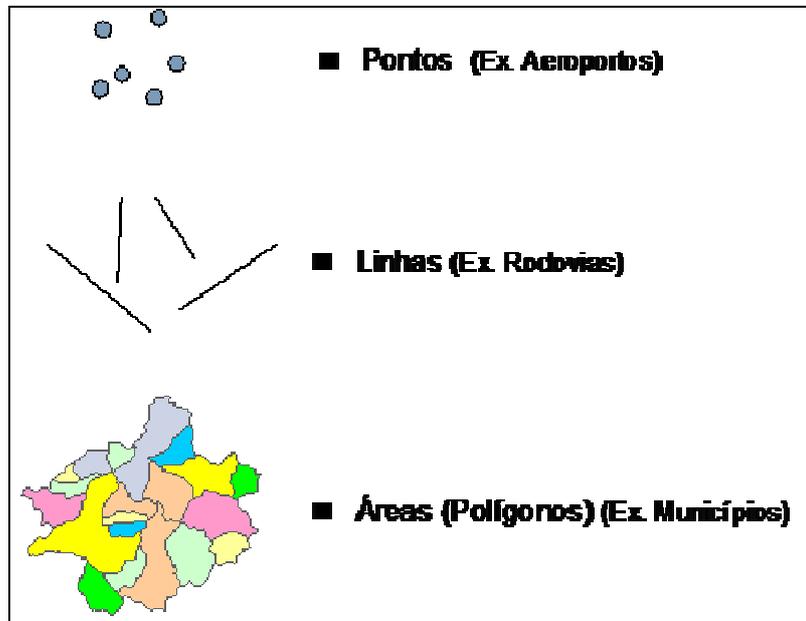
- Mostrar o ambiente gráfico e analítico antes e depois de uma análise qualquer;
- Identificar locais de acordo com determinado critério, explorando relações entre conjunto de dados;
- Facilitar a integração de dados para modelos de simulação capazes de avaliar o impacto de alternativas; e
- Analisar dados relacionados espacialmente para auxílio na tomada de decisão sobre este ambiente.

A visualização de informações no tempo e no espaço é um instrumento valioso no suporte a tomadas de decisões e processos de planejamento e a possibilidade de dispor destas informações, organizadas em um banco de dados utilizando recursos de metadados, é o caminho mais adequado para a perenização destes processos.

Pontes, viadutos, rodovias, ferrovias, praças de pedágios, portos, túneis, balsas, eclusas ou qualquer outro elemento integrante do universo da área de transportes são entidades físicas tangíveis e localizáveis no espaço, portanto georreferenciáveis e passíveis de serem representadas através de feições que ilustrem graficamente suas conformações.

Estas feições ilustrativas de entidades físicas tangíveis e georreferenciáveis, nos aplicativos SIG – Sistemas de Informações Geográficas, são os chamados “objetos geográficos” ou classes geográficas e são sempre classificados e representados por um dos tipos básicos de primitiva geométrica: polígono, ponto ou linha (Figura 1).

A cada objeto geográfico, infinitas descrições, particularidades e informações que o caracterizem e/ ou qualifiquem, no tempo e no espaço, de maneira mais precisa, podem ser logicamente associadas. Arquivos de dados alfa–numéricos ou de imagens, associados logicamente a objetos geográficos, são os repositórios naturais destas informações que são conhecidas como “atributos” de “objetos geográficos”.



**Figura 1** – Primitivas geométricas

As primitivas geométricas podem conviver num modelo único, desde que os dados representados, possuam uma grade de referência comum, em outras palavras sejam georreferenciados por um mesmo sistema de localização espacial.

Informações multidisciplinares oriundas de diferentes áreas do conhecimento, no formato de camadas ou “objetos geográficos”, se superpõem para a construção de representações gráficas que ilustrem os conjuntos de fenômenos espaciais de uma mesma área ou região, que se deseje demonstrar (Figura 2).

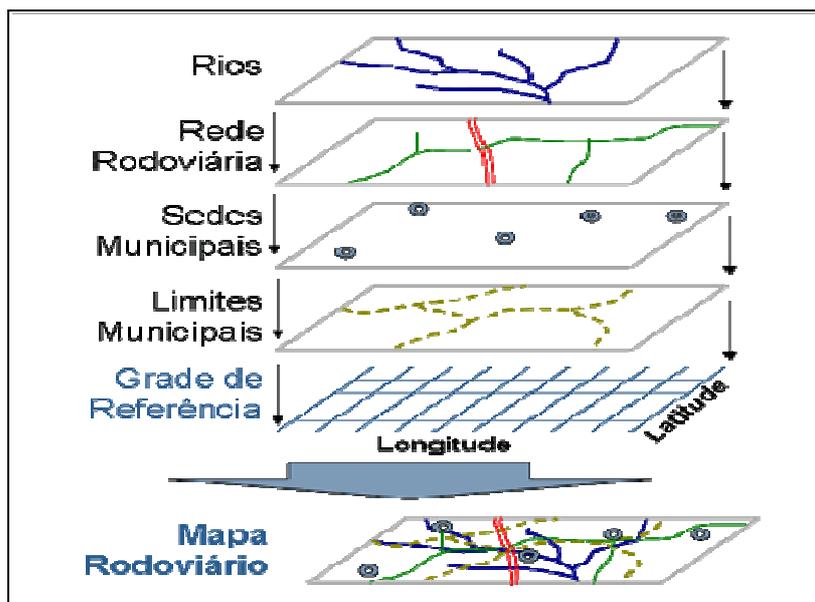


Figura 2 – Conjunção de objetos geográficos

O diagnóstico para a estruturação de um sistema de informações geográficas especializado em qualquer área do conhecimento será, consideravelmente, facilitado caso se consiga identificar e caracterizar com clareza, toda a tipologia possível, resultante de combinações entre objetos geográficos (polígonos, linhas e pontos) e atributos (números, textos e imagens), pertinentes ao tema.

Assim, sob a ótica de um sistema de informações geográficas, para a realização das tarefas do seu cotidiano, o Ministério dos Transportes basicamente, deve registrar e controlar os objetos geográficos e seus respectivos atributos direta ou indiretamente ligados ao setor de transportes.

## 1.1 O SIG-T E A ORGANIZAÇÃO DAS INFORMAÇÕES NO MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES E LIGADAS

O planejamento de transportes envolve o conhecimento e análise de um grande conjunto de informações. Atualmente, estas informações estão dispersas no diversos órgãos do Governo Federal e organizações não governamentais ligados à área de transportes. Existe a necessidade de utilizar os melhores dados disponíveis, de forma compartilhada, evitando-se a superposição das atividades de obtenção e organização de bancos de dados georreferenciados.

Embora existam vários sistemas de informações, há uma carência na disseminação que facilite às entidades interessadas em planejar transportes, no acesso às informações disponíveis. A informação é um bem de grande importância cuja produção, gerenciamento e uso precisa ser administrada e um sistema de informação adequado e permanentemente atualizado, propicia um processo de planejamento continuado.

A construção de um sistema que se utilize de recursos para parametrização de elementos, com base em padrões e tipologias já identificadas é bastante adequado a uma estrutura organizacional, como a do Ministério dos Transportes, que gera uma grande quantidade de informações, que na maioria das vezes são complementares e produzidas de forma fragmentada em diferentes instâncias administrativas, conforme ilustrado na Figura 3 a seguir:

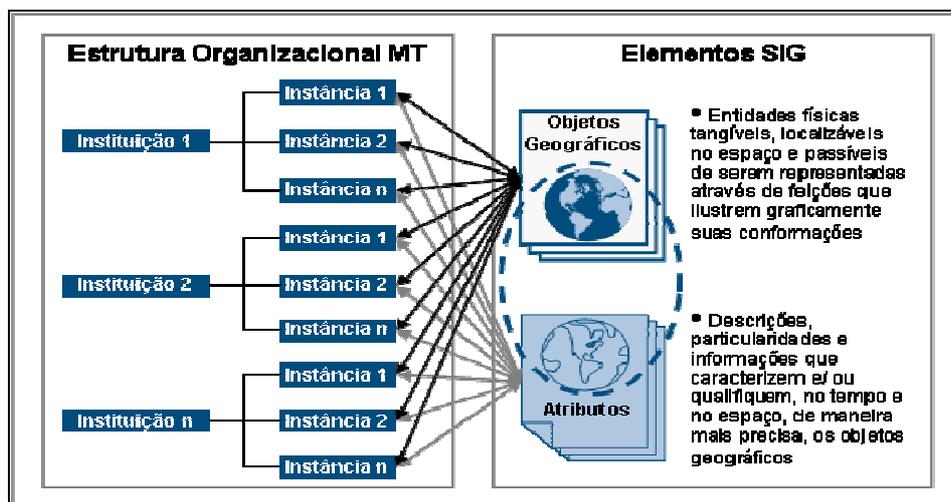
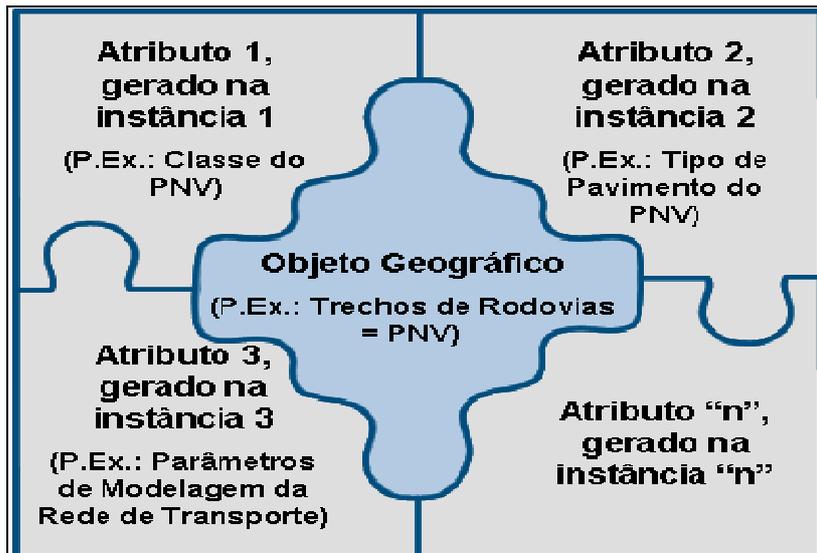


Figura 3 – Estrutura organizacional MT x elementos SIG

São muitas as instâncias, nas instituições do Ministério dos Transportes, que nas rotinas do dia a dia, controlam objetos geográficos – *infra-estrutura de transportes* – que são associáveis a múltiplos atributos – *informações alfa-numéricas utilizadas no planejamento e controle de intervenções públicas e na organização das atividades de transportes*.

De forma imperceptível para cada um dos agentes, a responsabilidade pela geração de um grupo de atributos associáveis a um mesmo objeto geográfico, na maioria das vezes, é distribuída entre várias instâncias (Figura 4).



**Figura 4** – Compartilhamento de dados espaciais no Ministério dos Transportes

A utilização comum de bases espaciais no âmbito do Ministério dos Transportes e ligadas, indicada para uma eficiente e adequada perenização das estruturas necessárias ao planejamento regional de transportes, recomenda que os objetos geográficos representativos da infra-estrutura de transportes sejam atualizados pelas instâncias oficialmente responsáveis pela administração destes.

Para atender as particularidades organizacionais do Ministério dos Transportes e ligadas, o Sistema de Informações Geográficas em Transportes – SIG T, foi desenvolvido para ser um sistema aberto, com um núcleo de informações para o planejamento de transportes e flexibilidade para agregação de novas classes de informações que serão utilizadas em atividades administrativas e operacionais.

Estes recursos aliados a possibilidade de que a cada objeto geográfico, infinitas descrições, particularidades e informações que o caracterizem e/ ou qualifiquem, no tempo e no espaço, de maneira mais precisa, podem ser logicamente associadas, permitirão que instâncias de todas as instituições no âmbito do Ministério dos Transportes, alimentem seus atributos compartilhando uma mesma base espacial.

Desta forma todas as instâncias e seus sistemas poderão utilizar bases de dados uniformes, mais abrangentes e oficialmente atualizadas. Da mesma forma outras instâncias que não disponham de sistemas com recursos SIG, poderão desfrutar das mesmas bases utilizando os recursos de geoprocessamento disponibilizados pelo SIG-T.

Bases corporativas com muitas instâncias geradoras e usuárias de informações, fragmentadas e complementares, não sobrevivem sem a “inteligência organizativa” de um metadados, cuja implementação é quesito fundamental para o bom funcionamento de qualquer sistema de informações geográficas.

## 1.2 A ADOÇÃO DE METADADOS

Os metadados são as descrições dos dados e os elementos fundamentais para a implementação do SIG-T, correspondendo ao dicionário dos dados, que descreve seus significados, suas gêneses e seus formatos. Eles devem conter as informações necessárias para permitir a plena utilização e manutenção dos dados.

No SIG-T, existe um banco de dados específico para armazenamento dos metadados, que desempenha três funções básicas:

- Documentar dados e fontes;
- Fornecer parâmetros para a introdução de novas informações; e
- Subsidiar módulo de consultas.

Os metadados têm importância fundamental no intercâmbio de informações. A figura a seguir ilustra a importância dos metadados na interpretação dos dados. No exemplo da Figura 5, várias interpretações poderiam ser geradas para uma determinada feição geográfica:

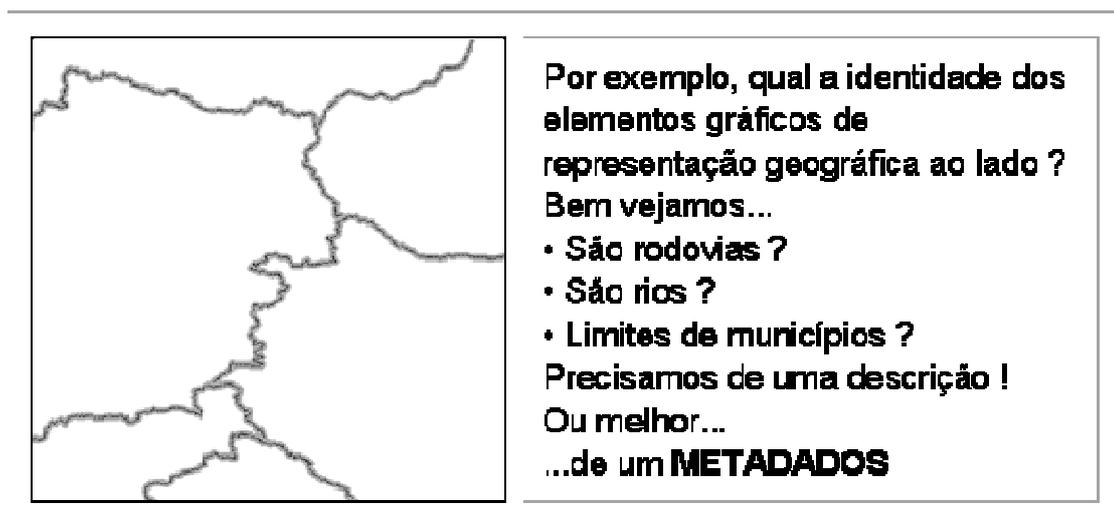


Figura 5 – Importância dos metadados

São várias as motivações para adoção de metadados, podendo ser destacadas:

- Permitir o compartilhamento de bases geográficas gerais;
- Facilitar o acesso aos dados;
- Agilizar a troca de informações entre organismos distintos;
- Conhecer a fonte do dado, quem o mantém e quem é o proprietário;
- Saber sobre a qualidade e validade dos dados;
- Preservar a memória dos dados;
- Economizar tempo de dinheiro, pela utilização correta dos dados e evitando-se retrabalho;
- Tomar decisões mais adequadas, considerando o conhecimento dos dados utilizados.

A idéia de que todo dado digital tem que ter também sua descrição digital é o principal postulado das iniciativas mundiais para intercâmbio de bases de dados espaciais. Desta forma, os metadados são tão importantes quanto os objetos geográficos e atributos que descrevem, pois, são as suas próprias identidades digitais. Assim como em outros tipos de produtos consumidos, os metadados servem de rótulo para o usuário dos dados, como ilustra a Figura 6 a seguir:



**Figura 6** – Os metadados como “rótulos” dos dados para o usuário

Fonte: David Danko (ISO/ESRI)

Os metadados são um meio eficiente para intercâmbio de dados georreferenciados entre organizações, pois:

- Provêem informações necessárias ao processo de interpretação dos dados a serem recebidos por transferência de uma fonte externa;
- Mantêm a organização interna dos dados em uma instituição geradora ou usuária de dados espaciais;
- Possibilitam o fornecimento de informações sobre os dados de posse da organização a catálogos de “clearinghouses” e agências que os publicam.

Dados, que não apresentam metadados adequados podem ser pouco úteis. Como saber o conteúdo dos dados sem os abrir, ou sem a sua posse? A resposta é a constituição de metadados. Quando inadequadamente fornecidos, dificultam a utilização dos dados já existentes, resultando em aumento dos custos devido ao retrabalho e perda de tempo pela impossibilidade de reutilização.

Metadados inadequados dificultam que uma organização encontre os dados de que necessita em fontes externas. Cada organização produtora deve ser responsável pela qualidade e manutenção de seus metadados, a qual tem influencia direta no uso eficiente e no intercâmbio dos BDG's.

Os metadados devem ser simples, porém suficientes para descrever o conteúdo, fonte e qualidade dos dados, visando a minimizar os custos e esforços na sua produção e manutenção. A produção de alguns itens dos metadados pode ser automatizada, mas na sua maioria, eles dependem de um esforço para sua documentação.

As informações contidas nos metadados devem ser suficientes para descrever completamente os BDG's relacionados e sucintas o bastante para não onerar a produção destes. A eficiência na produção dos Metadados é um aspecto fundamental para a viabilidade de seu uso. O preenchimento de metadados é um ônus que precisa ser contrabalanceado, devendo contar com facilidades e meios necessários para que seja efetivamente adotado no âmbito do SIG-T.

### **1.3 RESPONSABILIDADES REQUERIDAS**

Atualmente o processo de planejamento de transportes com uso de instrumentos de simulação e modelagem não é contínuo dentro do Ministério dos Transportes. Embora as experiências do PNLT e do SIG –T venham promovê-lo, existe a necessidade de contar com uma estrutura que garanta a vida do SIG –T e do planejamento permanente de transportes no âmbito do Ministério dos Transportes.

Neste contexto a administração operacional do SIG –T pela Coordenação-Geral de Avaliação de Política de Transporte da Secretaria Nacional de Política de Transportes – SPNT seria uma opção que traria fortes ganhos sinérgicos para o MT. A responsabilidade de disponibilizar informações sobre todas as modalidades de transportes construiu de forma natural na instância gestora do Banco de Informações em Transportes – BIT, uma estrutura de administração de informações que poderá ser utilizada, na gestão do SIG–T. Por outro lado os recursos de um sistema dotado de modernas tecnologias de geoprocessamento, presentes no SIG –T, também facilitarão a tarefa de disponibilização das informações georreferenciadas do BIT.

Desta forma, as instâncias oficialmente responsáveis pela administração dos vários tipos de infra-estrutura de transportes, deverão garantir a atualização das informações cadastrais e a Coordenação-Geral de Avaliação de Política de Transporte da Secretaria Nacional de Política de Transportes – SPNT deverá cuidar da administração da regularidade destas atualizações. Para completar o grupo de informações necessárias para a realização do planejamento regional de transportes, a cargo da SPNT do MT, ficará ainda a responsabilidade da introdução das variáveis necessárias aos processos de simulação e modelagem de transportes, que darão suporte aos trabalhos e estudos implementados por esta.

### **1.4 ARQUITETURA DA SOLUÇÃO**

O sistema SIG–T é constituído de um conjunto de software, hardware e orgware, operando em sintonia, sobre um banco de dados georreferenciado, conforme ilustra a Figura 7 a seguir:

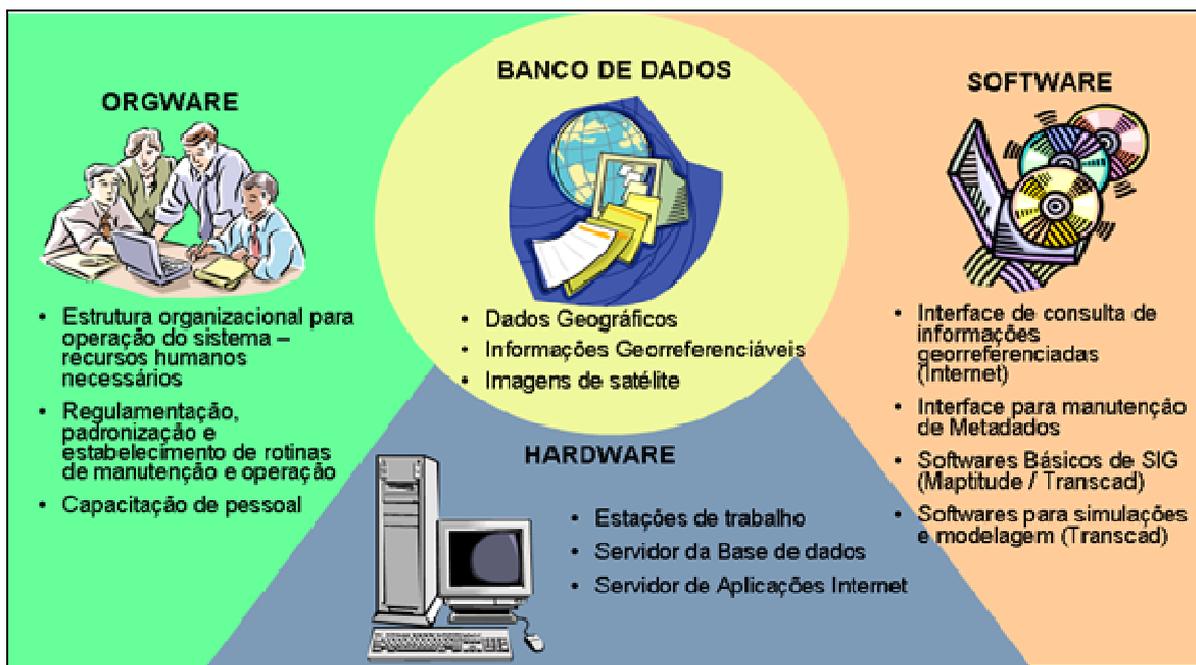


Figura 7 – Componentes da solução SIG-T

Ressalta-se que o banco de dados se constitui no elemento central deste tipo de sistema de informações, estando apoiado nos instrumentos de software, recursos de hardware e apoio humano e institucional (chamado de orgware).

O BDG pode ser detalhado em termos de:

- Dados geográficos quer sejam dados vetoriais ou matriciais (raster), com respectivos atributos relacionados. Por exemplo, uma base de dados de Trechos de Rodovias do Brasil;
- Informações georreferenciáveis, ou seja, informações passíveis de serem associadas a feições geográficas, diretamente ou mesmo por meio de segmentação dinâmica. Por exemplo, contagens de tráfego em determinados trechos rodoviários, que podem ser associadas à base de Trechos de Rodovias;
- Documentos e imagens, ou seja, dados documentais ou multimídia que também podem estar associados aos objetos geográficos. Por exemplo, a foto de uma Obra de Arte Especial localizada numa rodovia;
- Metadados, que compreende a base de dados descritiva dos dados contidos no BDG, como um dicionário de dados.

Em termos de software, o SIG–T conta com:

- Interface de consulta de informações georreferenciadas, que compreende o aplicativo de consulta do SIG–T;
- Ferramentas de análise locacional e de redes, que serão proporcionadas pelos softwares específicos de SIG adotados (TransCAD);
- Modelo de alocação de fluxos, compreendendo o software de simulação de demanda e tráfego adotado (Mantra);
- Instrumentos de manutenção de dados e metadados, que é um aplicativo para facilitar o processo de documentação e atualização dos dados do BDG;
- Softwares Básicos de SIG e Gerenciadores de Bancos de Dados, que são softwares utilizados como plataforma para o SIG–T (Maptitude e TransCAD);
- Sistema Operacional e Auxiliares, que compreendem os softwares básicos da plataforma operacional (Maptitude e TransCAD).

Para que o sistema opere é imprescindível existir mecanismos e uma estrutura de pessoas e recursos institucionais, denominados Orgware, como:

- Estrutura organizacional para Operação do Sistema;
- Regulamentação e padronização, para dados, metadados e processos de uso do SIG–T;
- Capacitação de pessoal, para utilização e manutenção;
- Usuários quer sejam os planejadores de transportes, que utilizarão as ferramentas mais avançadas de simulação e análise, como usuários gestores de sistemas e políticas de transportes, que farão consultas e análises das informações; além de outros tipos de usuários de entidades não–governamentais e da sociedade em geral;
- Provedores de dados, responsáveis pela geração, compilação ou fornecimento de dados.

O banco de dados do SIG–T seguiu a mesma estrutura organizacional proposta para a base de dados georreferenciada do PNLT, cuja reestruturação é apresentada, detalhadamente, no Relatório 4.

Os dados foram divididos em três grandes grupos: “Dados de Oferta”, “Dados de Demanda” e “Dados de Custo”.

- **Dados de Oferta:** procuram representar os temas ligados diretamente à infraestrutura viária disponível, usualmente simulada por uma rede multimodal, composta por modais de transporte, pontos logísticos e acesso e transferências. Para cada um destes elementos podem ser especificados dados relevantes tais como: extensão das vias, número de faixas de rolamento, velocidade projetada, jurisdição, tipo de pavimento, capacidade da via, bem como os resultados de uma alocação prévia ou outros atributos definidos pelo usuário. Assim, todos os modos de transporte podem ser modelados de forma integrada;
- **Dados de Demanda:** o conjunto de informações consiste em modelos que determinam a demanda de viagens, baseado nas características socioeconômicas da zona de interesse e dos sistemas de transporte no atendimento aos deslocamentos. A demanda pode ser uma matriz de origem e destino gerada a partir de um conjunto de variáveis que permitam a simulação dos fluxos entre as regiões de produção e consume;
- **Dados de Custo:** Essas informações encontram–se diretamente vinculadas aos estudos de planejamento de transportes, tendo em vista que todas as análises e projeções futuras necessitam ter seus custos simulados, no que se refere a despesas com novos investimentos, tarifas, suporte logístico e mecanismos operacionais.

Em termos lógicos, a arquitetura do SIG–T tem como componentes o Banco de Dados Georreferenciados – BDG e ferramentas de consulta, manutenção e análise, as quais visam atender aos diferentes perfis de usuários identificados (Figura 8).

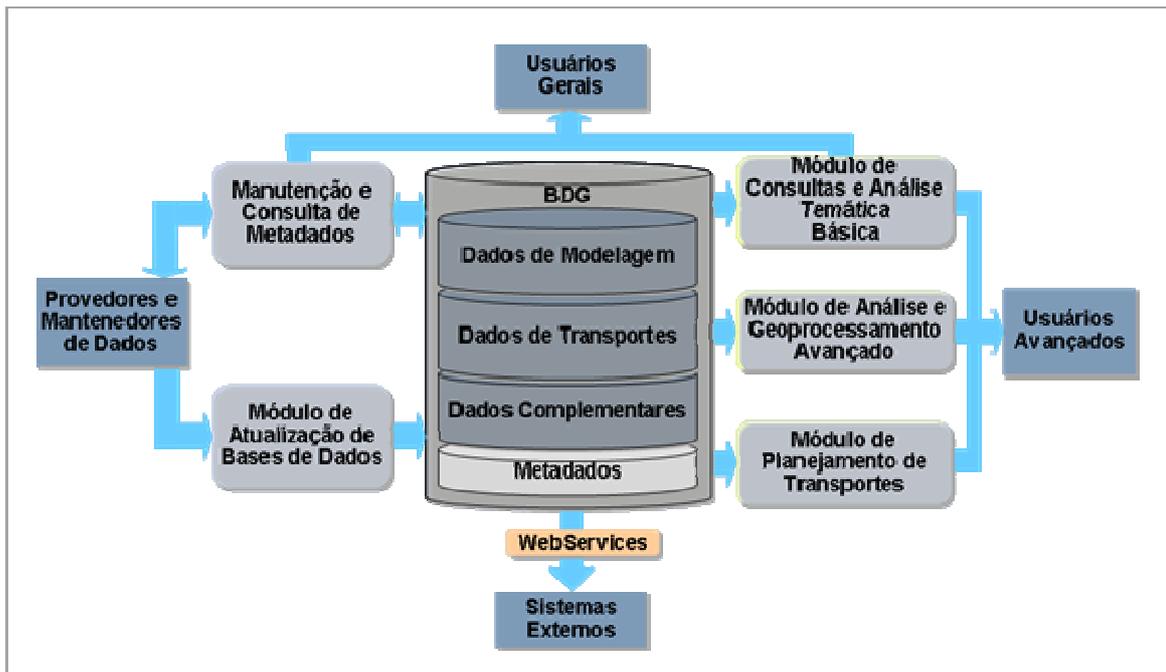


Figura 8 – Componentes lógicos do SIG-T

Para que os usuários gerais e avançados possam fazer uso do BDG, o sistema dispõe de um conjunto de software dividido em três módulos:

- Módulo de Consulta e Análise Temática Básica, que compreende a visualização gráfica de mapas produzidos ad hoc, com base no BDG, visando atender às necessidades dos usuários gerais, bem como parte de necessidades de consulta dos usuários avançados;
- Módulo de Análise e Geoprocessamento Avançado, onde os usuários avançados contarão com ferramentas mais aprimoradas para realizar operações com dados geográficos, tais como segmentação dinâmica, análise de redes e análise locacional, através da utilização dos softwares TransCAD ou Maptitude;
- Módulo de Planejamento de Transportes, destinado a usuários especialistas em simulação e avaliação de alternativas de intervenções no sistema de transporte, através da utilização dos softwares Mantra ou TransCAD.

Para apoiar as atividades dos responsáveis pelo provimento de dados do BDG e respectivos metadados, o SIG-T deverá contar com dois módulos de manutenção:

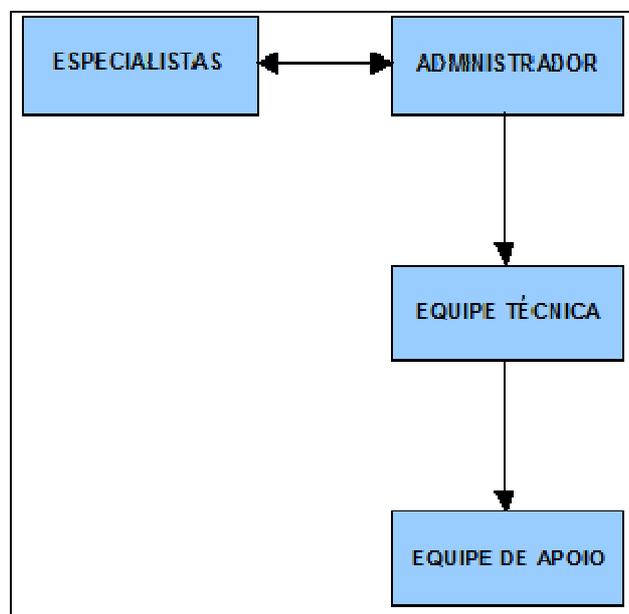
- Módulo de atualização de bases de dados, que é um instrumento controlado de introdução de novos conjuntos de dados ou novas versões de dados existentes, integrado ao registro de metadados;
- Manutenção e consulta de metadados, que permite aos usuários de manutenção registrarem as descrições referentes aos dados incorporados ao BDG, bem como permitir consulta a estes metadados.

O módulo de consulta de Metadados também está disponível para outros usuários, somente para acesso de consulta de informações, visando subsidiar o uso correto dos dados do BDG.

## 1.5 RECURSOS HUMANOS E ORGANIZACIONAIS NECESSÁRIOS

A seguir são apresentadas sugestões de uma estrutura operacional (orgware) para a realização da manutenção do BDG do SIG–T. Abaixo, são explicitados os fluxos de dados bem como as atribuições, particularizadas, do pessoal necessário para a realização da manutenção.

A unidade operacional de administração do BDG pode ser organizada da seguinte maneira (Figura 9):



**Figura 9** – Organização da equipe de manutenção do BDG

A seguir são apresentados a descrição, a composição, o perfil do pessoal previsto e respectivas atribuições, para cada uma das funções apresentadas na figura anterior:

### **1.5.1 Especialistas Setoriais**

São os técnicos dos clientes responsáveis pelas análises dos vários modais e setores, que produzem e utilizam informações do BDG. Sua composição e perfil já são definidos na própria estrutura do MT e vinculadas.

#### Atribuições:

Por serem estes os que possuem maiores conhecimentos em termos de fontes e qualidade dos dados, além de serem os principais usuários interessados pela atualização do BDG, os especialistas devem ser os responsáveis pela obtenção e fornecimento dos dados para o BDG.

O fornecimento dos dados deve ser feito de acordo com as regras a serem estabelecidas, cabendo ao especialista o preenchimento das informações referentes ao dado fornecido (documento, fonte, autor, validade, nível de agregação, método de obtenção, etc.) para atualização do metadados.

### **1.5.2 Administrador**

É o responsável geral pela manutenção do BDG, por quem devem passar todas as decisões a respeito da inclusão, alteração ou retirada de informações do mesmo. Deve ser também o responsável por todo o suporte necessário aos usuários do sistema.

Esta pessoa deve ser de nível sênior, preferencialmente um analista de banco de dados, com conhecimentos de geoprocessamento, com capacidade de liderança e ótimo senso de organização, dado a magnitude dos dados existentes no BDG.

#### Atribuições:

Como responsável geral pela manutenção do BDG, este deve receber os dados dos especialistas e fazer uma triagem indicando o tipo de tratamento que deve ser dado aos mesmos e analisando o impacto na estrutura do BDG. Esta análise deve

ser em um nível gerencial, mais voltada para a importância da introdução do dado no BDG.

Com base no resultado da triagem, deve definir para a equipe técnica as ações que devem ser tomadas com respeito ao dado recebido até que este esteja disponibilizado para os usuários do sistema.

Uma vez delegadas estas ações, cabe ao Administrador cobrar, receber e verificar a qualidade das conversões realizadas para aí então liberar os dados para serem documentados e disponibilizados aos usuários.

Paralelamente deve ser responsável pela coordenação do suporte aos usuários.

### **1.5.3 Equipe Técnica**

Esta equipe deve ser composta de um especialista em geoprocessamento (geógrafo, engenheiro, analista de sistemas ou similar) para manutenção das bases cartográficas e um especialista em banco de dados para manter o BDG. Ambos devem ser de nível pleno e ter experiência anterior em banco de dados. Dependendo da quantidade de solicitações, estas duas funções podem ser exercidas inicialmente por uma única pessoa que preencha todos os requisitos.

#### *Atribuições:*

Cabe a esta equipe de nível pleno uma análise mais técnica dos dados a serem alterados e/ou inseridos no modelo. Esta análise deve contemplar a forma como os dados foram recebidos e as metodologias disponíveis para a sua conversão com o objetivo de dimensionar e orientar a equipe de apoio necessária para este processamento.

A partir da resolução do que (e como) deve ser feito com o dado, este(s) técnico(s) deve(m) distribuir o serviço para a Equipe de Apoio, indicando os métodos a serem utilizados nos processos de conversão, checando a qualidade dos trabalhos realizados.

### **1.5.4 Equipe de Apoio**

Esta equipe deve ser composta inicialmente de um técnico em geoprocessamento para operação das bases cartográficas, um técnico em bancos de

dados para operar o BDG e um técnico de sistemas para o suporte aos usuários. Todos podem ser de nível júnior e ter experiência anterior em bancos de dados. Dependendo do nível de solicitação, estas três funções podem ser exercidas inicialmente por uma única pessoa que preencha todos os requisitos.

#### Atribuições:

Esta equipe, de caráter produtivo, deve ser responsável pelas atividades de conversão e processamento dos dados recebidos até sua colocação em formato do BDG.

São responsáveis também pela atualização física dos metadados e pela disponibilização destes dados para os usuários do sistema, sob coordenação do Administrador do BDG.

Cabe a esta equipe, ainda, o suporte aos usuários no sentido de resolver dúvidas operacionais do sistema e apontar as eventuais críticas e sugestões ao mesmo.

### 1.5.5 Recursos por Etapa

A Tabela 1 apresenta o relacionamento do pessoal envolvido com as diversas etapas de aquisição de dados:

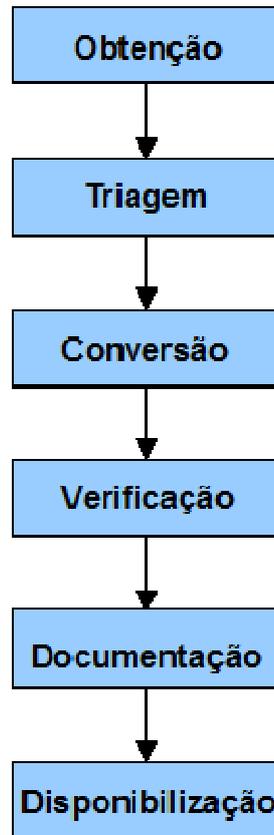
**Tabela 1** – Envolvimento da equipe de manutenção por etapa

ETAPA	ESPECIALISTAS SETORIAIS	ADMINISTRADOR DO BDG	EQUIPE TÉCNICA	EQUIPE DE APOIO
Obtenção				
Triagem				
Conversão				
Verificação				
Documentação				
Disponibilização				

## 1.6 PROPOSTA DE METODOLOGIA DE MANUTENÇÃO DO BDG

Com relação ao processo de manutenção de dados imaginado para o BDG do sistema, a Figura 10 mostra a seqüência das etapas básicas do processo da introdução

de dados no banco de dados, desde a sua recepção até a sua disponibilização no sistema



**Figura 10** – Etapas da manutenção do BDG

A seguir cada uma destas etapas é descrita sucintamente:

### **1.6.1 Obtenção**

É a entrega do dado que deve ser feita pelos especialistas setoriais ou modais à administração do BDG (definida na estrutura operacional proposta mais adiante). Esta entrega deve seguir aos padrões estabelecidos, sendo acompanhada das informações necessárias para respectiva documentação (metadados) do dado entregue (tema, assunto, mídia, fonte, autor, validade, abrangência, conteúdo, etc.). O fornecedor poderá registrar os metadados, caso tenha acesso ao módulo de manutenção de metadados, os quais serão posteriormente apreciados antes da publicação.

## **1.6.2 Triagem**

Nesta etapa, os dados recebidos pela Administração do BDG são analisados e cotejados com a estrutura do BDG para decidir que tipo de ação deve ser tomada com respeito aos mesmos.

Algumas vezes estas ações podem implicar em mudanças na estrutura do BDG, exigindo revisão do modelo de dados e, conseqüentemente, do banco de dados.

Uma vez definido o que vai ser feito com o dado passa-se ao processo de conversão, apresentado a seguir.

## **1.6.3 Conversão**

É a transformação do dado desde a mídia e formato recebidos até a sua estruturação em formato de banco de dados georreferenciado.

## **1.6.4 Verificação**

É o processo o que garante a qualidade do dado que vai ser incluído no banco, devendo ser verificado pelo Administrador se o processo de conversão executado atendeu as especificações, garantindo-se os padrões de qualidade necessários.

## **1.6.5 Documentação**

Uma vez verificada a qualidade dos dados, o administrador do BDG autoriza a equipe de apoio a proceder ao registro da documentação do dado através da atualização dos metadados, ou sua verificação, caso o próprio fornecedor já tenha preenchido os mesmos.

## **1.6.6 Disponibilização**

Finalmente os dados devidamente verificados e documentados, devem ser disponibilizados ao sistema para sua utilização pelos especialistas setoriais e demais interessados. Isso ocorre através da introdução efetiva no BDG e configuração dos metadados, com a alteração da situação do conjunto de dados como liberado para consulta.

## **1.6.7 Inclusão de Novos Dados**

Conforme já mencionado, algumas vezes a inclusão de um novo dado pode implicar em mudanças na estrutura do BDG. O impacto da inclusão de um novo dado na estrutura do BDG pode ser classificado em três grupos distintos, a saber:

- Atualização de dados existentes, ou seja, inclusão de novos valores para um certo dado, mantendo a estrutura existente, por exemplo: novos censos ou anuários estatísticos. Neste caso a estrutura do BDG não precisa ser alterada, bastando proceder a inclusão dos dados e registro de geração de novo dado nos metadados;
- Pequenas alterações na estrutura do BDG, compreendendo inclusão de novos itens de dados sobre um tema e/ou assunto, numa tabela já existente. Por exemplo, um novo indicador ou dado relacionado a uma entidade já existente;
- Alterações na estrutura do BDG que representem a inclusão de novas tabelas ou camadas geográficas que não estavam inicialmente previstas no BDG.

Nos casos 2 e 3, cabe ao Administrador do BDG a remodelagem do BDG e revisão da estrutura no SGBDR, além da população destas novas tabelas e camadas com os respectivos dados.

## **2 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA DO PNLT**

## 2 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA DO PNLT

O levantamento de dados visou à correção e complementação da base de dados georreferenciada já existente, na criação de novos dados e em intensa pesquisa bibliográfica acerca dos atributos a serem inseridos na base, bem como dados de oferta e demanda.

Note-se que as bases de dados passaram por um processo de atualização e adaptação para a realidade de um ambiente SIG. Esse levantamento também levou em consideração a integração com bases de outros modais.

### 2.1 ESTRUTURA DA BASE DE DADOS GEOGRÁFICA

A estrutura de detalhe da base de dados georreferenciada apresenta uma divisão principal em três grupos: Dados de Oferta, Dados de Demanda e Dados de Custo, como mostrado na Figura 11.



Figura 11 – Estrutura da organização da base de dados georreferenciada

#### 2.1.1 Dados Básicos e suas Fontes de Informação

Apresenta-se a seguir a descrição sumária das informações componentes da estrutura da base de dados:

- **DADOS DE OFERTA:** procuram representar os temas ligados diretamente à infraestrutura viária disponível, usualmente simulada por uma rede multimodal, composta por modais de transporte, pontos logísticos e acesso e transferências. Aqui encontram-se os arquivos correspondentes ao sistema viário (aquavias, dutovias, ferrovias, hidrovias, rodovias), sistemas de energia elétrica (usinas de carvão, de combustível, hidrelétricas; linhas de transmissão e subestações) e aos objetos logísticos (usinas, armazéns de grãos,

balanças de pesagem veicular, postos de pesquisa veicular, etc.)

- **DADOS DE DEMANDA:** conjunto de informações que consiste em modelos que determinam a demanda de viagens, baseado nas características socioeconômicas da zona de interesse e dos sistemas de transporte no atendimento aos deslocamentos. Aqui encontram-se arquivos referentes a dados socioeconômicos, dados de divisão política (municípios, estados, regiões, etc.), meio ambiente (recursos hídricos, recursos minerais, unidades de conservação), dados de relevo, dados de produção e consumo, carregamentos, etc.
- **DADOS DE CUSTO:** os dados concernentes aos custos de transportes, presentes na relação entre oferta e demanda. Estão agrupados em custos operacionais e custos tarifários.

### **2.1.2 Estrutura Geográfica da Base de Oferta de Transportes**

A criteriosa execução desta base de dados georreferenciada, onde estão inseridos dados atualizados referentes aos modais aeroviário, aquaviário, dutoviário, ferroviário, rodoviário, dados de multimodalidade, bem como dados econômicos, demográficos, de meio ambiente, entre outros, imprime um caráter inédito a esta plataforma de trabalho do PNLT.

Neste contexto, sugere-se que seja doravante considerada em todos os estudos da área, visando à harmonização e os interesses de todos os envolvidos. Sugere-se também que seus dados e informações sejam disponibilizados em função das especificidades e interesses que venham a despertar em diversos atores do setor de transportes.

As Figuras 12, 13, 14, 15, 16 e 17 apresentam exemplos do banco de dados georreferenciado de Dados de Oferta, representados pelo Sistema Viário ( modais aeroviário, aquaviário, dutoviário, ferroviário, rodoviário e multimodal).

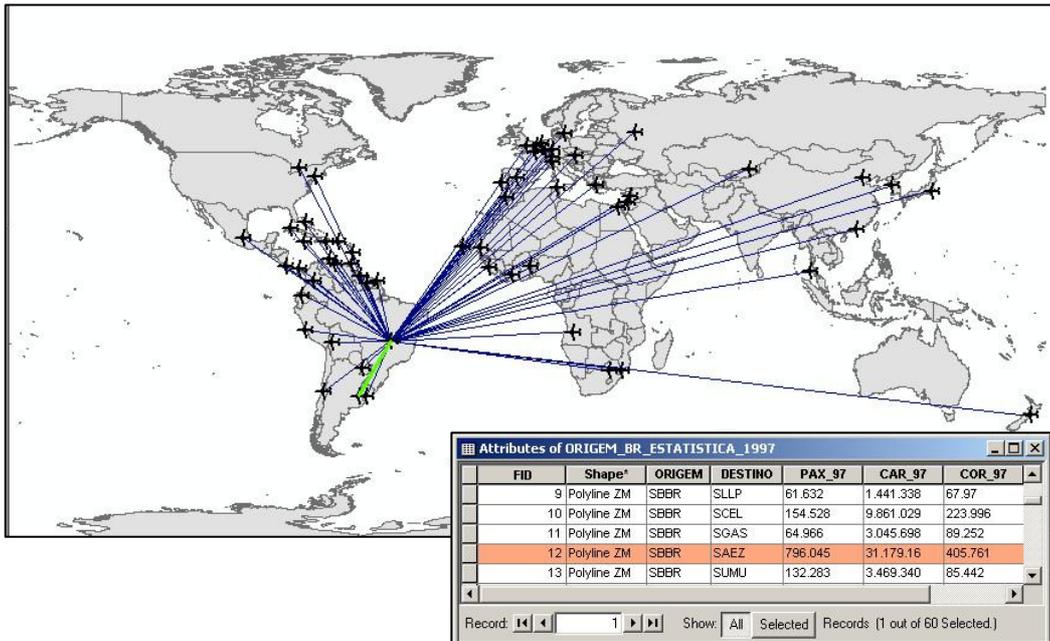


Figura 12 – Modal aeroviário da base de dados georreferenciada

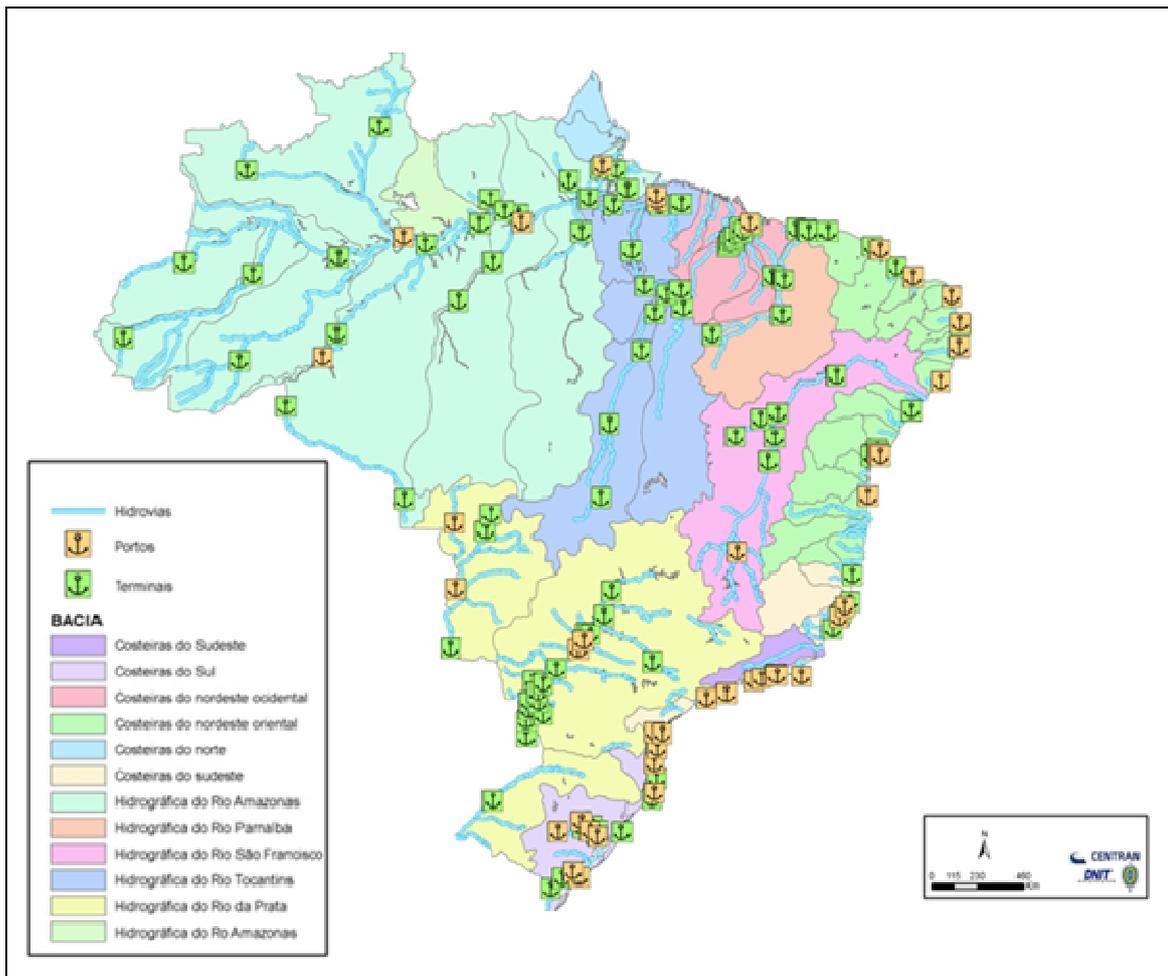


Figura 13 – Modal aquaviário da base de dados georreferenciada.



**Figura 14 – Modal dutoviário da base de dados georreferenciada**



**Figura 15 – Modal ferroviário da base de dados georreferenciada**

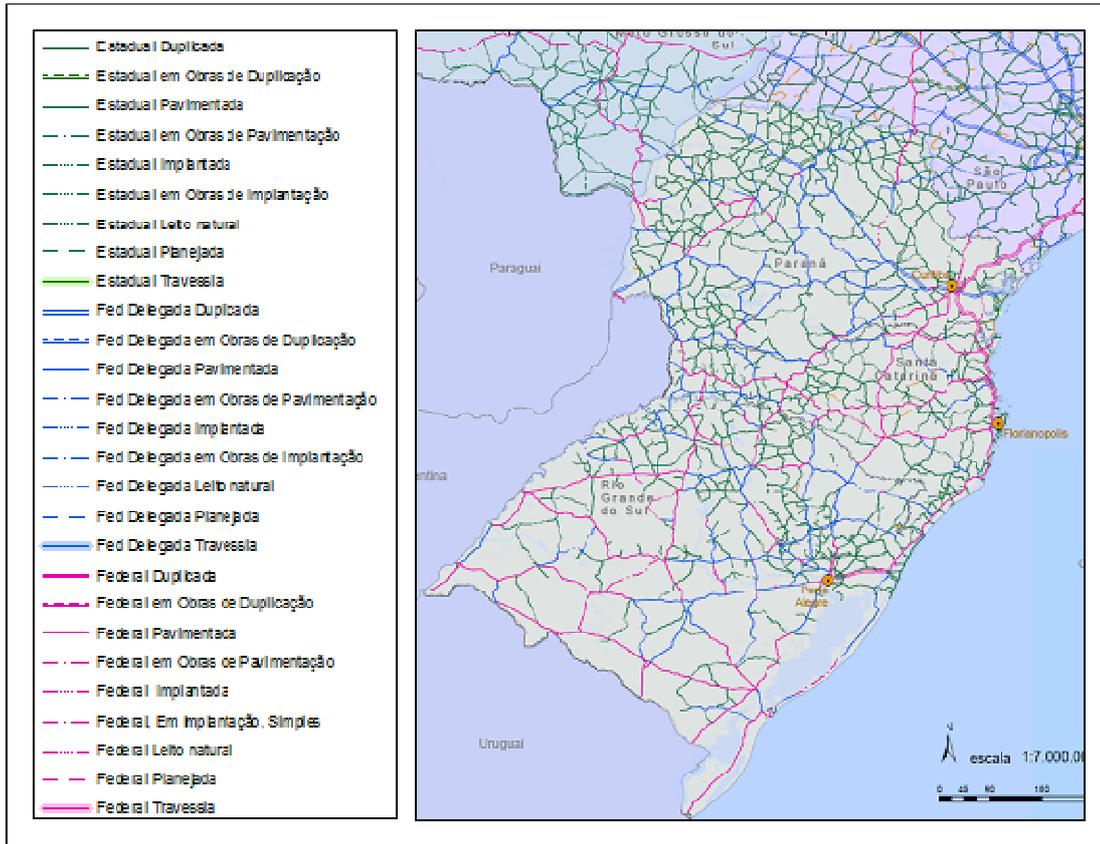


Figura 16 – Modal rodoviário da base de dados georreferenciada

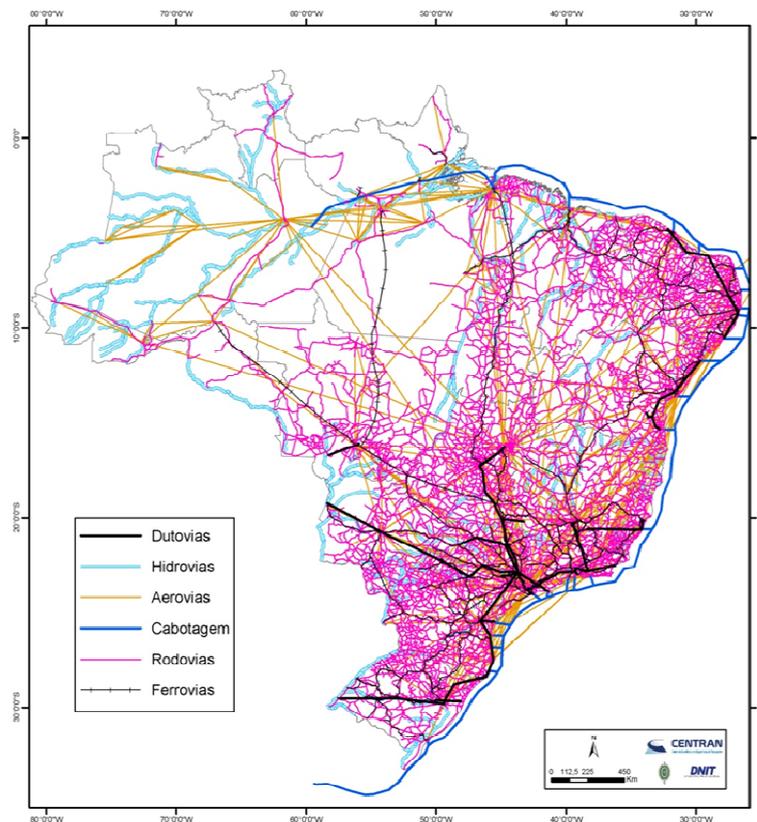


Figura 17 – Tema multimodal da base de dados georreferenciada

Vale ressaltar que a utilização de uma base de dados única é fundamental para a implementação e perenização do PNLT, uma vez que se trata de uma fonte de informações obtida junto a órgãos governamentais e setores produtivos afetos ou correlatos ao setor de transportes, conforme previamente planejado na confecção de Plano.

Destacam-se as parcerias já firmadas por protocolos de intenções com diversas instituições, como ANAC, ANTT, ANTAQ, Transpetro, IBAMA, entre outros, bem como os entendimentos com os estados da Federação, que muito contribuíram com a alimentação da base de dados, principalmente relacionada com a malha rodoviária municipal e estadual e com os zoneamentos ecológico-econômicos (ZEE's), balizadores da análise ambiental estratégica.

## **2.2 MODELAGEM DO SISTEMA DE TRANSPORTES E AVALIAÇÃO DE ALTERNATIVAS DE INVESTIMENTO.**

Cabe agora apresentar, de forma estruturada, a metodologia utilizada para a modelagem de transportes considerando todo o território brasileiro e para a avaliação de alternativas de investimento em infra-estrutura de transportes.

A Metodologia contempla desde a etapa de montagem da rede de simulação, passando pela montagem da tradicional modelagem de quatro etapas de planejamento de transportes, contemplando a projeção da demanda para o período 2007 a 2023, englobando um período correspondente a quatro PPA's, e finalizando com a simulação e avaliação das alternativas de investimento.

A seguir é feita uma descrição da metodologia utilizada, desenvolvida pela Logit Consultoria.

### **2.2.1 Metodologia para Modelagem de Transportes**

Este bloco está estruturado de modo a detalhar as atividades que foram empreendidas ao longo do desenvolvimento do estudo para a estimativa da demanda e avaliação econômica das alternativas de investimentos.

A metodologia adotada considerou duas fases de desenvolvimento de trabalho, correspondentes à caracterização da situação atual e à avaliação de alternativas de investimento.



A primeira fase envolveu a caracterização da demanda e oferta atuais de forma a permitir o desenvolvimento e calibração do modelo de planejamento estratégico de transportes.

O desenvolvimento dos trabalhos nesta fase foi realizado através de cinco etapas, a saber, caracterização da oferta atual de transportes e montagem do tradicional modelo de quatro etapas para o planejamento estratégico de transportes.

A segunda fase, relativa à avaliação das alternativas de investimento, envolveu três etapas complementares correspondentes, respectivamente, à projeção futura da demanda, ao desenvolvimento e avaliação das alternativas de investimento para a malha nacional de transportes.

### 2.2.1.1 Fase 1: Modelagem da situação atual

#### ***Etapa 1: Oferta atual de transportes***

A primeira etapa correspondeu à caracterização da oferta atual de transportes de forma a permitir a montagem da rede multimodal nacional de planejamento de transportes. Esta etapa envolveu o desenvolvimento das seguintes atividades:

#### *a) Definição do Zoneamento de Transporte*

A representação da demanda por transportes é normalmente realizada através de matrizes contendo alguma medida da intensidade dos deslocamentos entre zonas de transporte. Estas zonas de transporte representam agregações espaciais da multiplicidade de origens e destinos individuais de cada deslocamento realizado no sistema de transportes. Cada zona de transporte é representada, na rede de

simulação, por um pólo ou “centróide”, que normalmente corresponde à sede do município pólo de cada zona.

A divisão da área de estudo em zonas possibilitou a representação das regiões que apresentam características homogêneas em relação à demanda por transporte. Os critérios adotados para a definição do zoneamento do estudo levaram em consideração que:

- Cada zona de transporte tem como unidade espacial mínima os limites dos municípios.
- Em função do nível de detalhamento desejado, as zonas de transporte corresponderam à subdivisão de micro-regiões homogêneas definida pelo IBGE.
- Nas regiões Centro-Oeste e Norte, o zoneamento foi mais detalhado do que a subdivisão das micro-regiões, de forma a permitir uma maior precisão na modelagem de transportes, haja vista que os municípios nestas regiões são muito extensos.
- O exterior pode ser representado, dependendo do caso, pelas zonas correspondentes a cada porto marítimo e posto de fronteira terrestre, ou por zonas correspondentes a agregações de países fronteiriços ou a uma zona exterior correspondente aos demais países com quem o Brasil mantém o seu comércio internacional.

A Figura 18, a seguir, ilustra o zoneamento básico de transportes adotado no PNLT, correspondente às 558 microrregiões homogêneas do IBGE.



**Figura 18** – Zonas de transportes do PNLT

Fonte: Processamento PNLT

*b) Levantamento dos Dados e Informações dos Subsistemas de Transportes*

Para a montagem da rede de transportes foi necessário conhecer o sistema de transporte como um todo. Portanto, foram obtidas as informações relativas às capacidades de oferta de cada subsistema de transportes, notadamente para o transporte rodoviário, ferroviário e hidroviário, em termos de extensões de caracterização das respectivas malhas modais, caracterização de cada trecho de rede – comprimento, número de faixas, tipo de bitola, condições de operação, custos operacionais, etc.

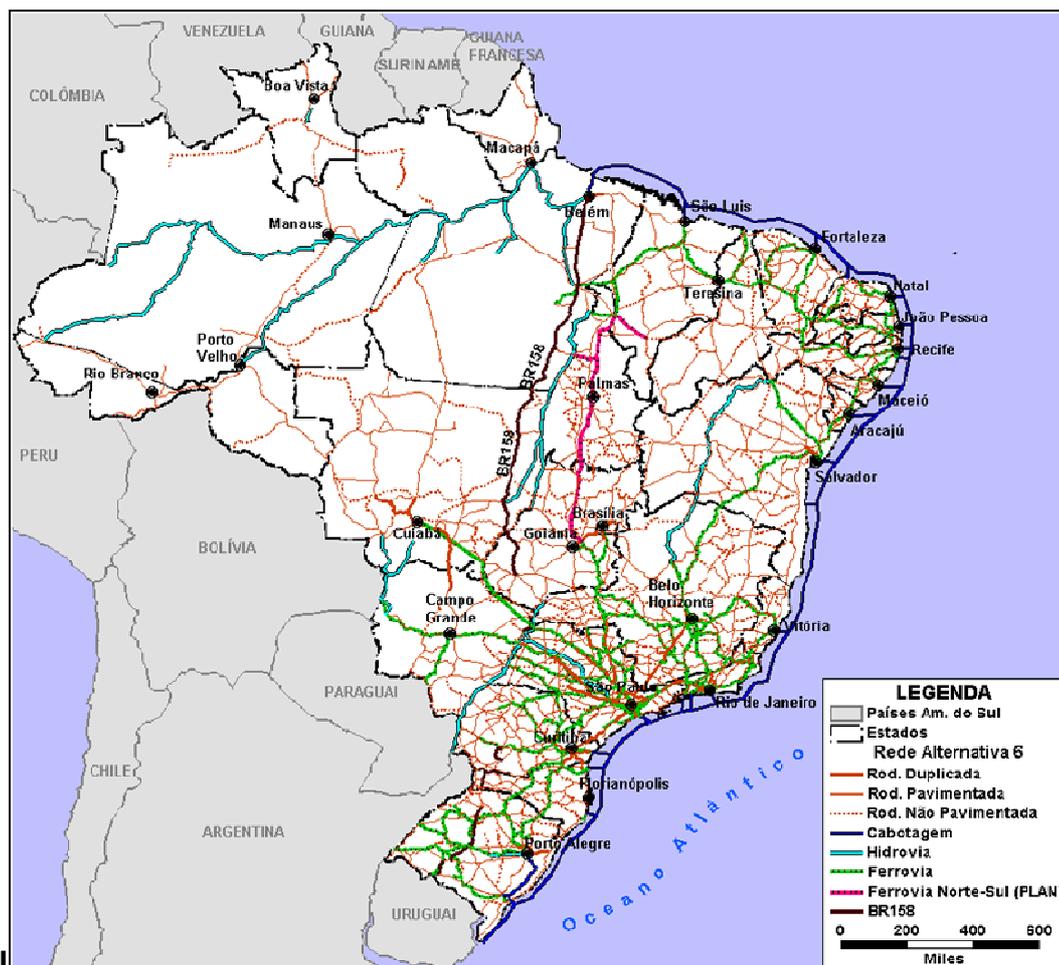
*c) Montagem da Rede de Simulação*

Contempla o desenvolvimento da rede de transporte multimodal no sistema de planejamento de transporte que foi utilizada para o estudo de demanda do sistema

nacional de transportes. Esta rede representa a oferta atual de todos os modais existentes, permitindo incorporar as expansões previstas para os horizontes futuros.

A caracterização da rede multimodal atual foi elaborada a partir de estudos existentes, devidamente atualizados e detalhados em grau adequado à realização dos serviços propostos. Para a definição da rede futura, à rede atual foram incorporados os projetos de infra-estrutura de transportes previstos e já comprometidos para cada um dos anos horizontes de análise.

A rede multimodal foi inteiramente desenvolvida em um sistema de informações geográficas, de forma a permitir a visualização da infra-estrutura atualmente disponível e de forma a facilitar a identificação de eventuais gargalos e elos faltantes. As Figuras 19 e 20, a seguir, apresentam a rede nacional multimodal de transportes e as conexões ao Exterior consideradas no PNLT.



**Figura 19** – Rede de modelagem de transportes do PNLT nacional

Fonte: Processamento PNLT



**Figura 20** – Rede de modelagem de transportes do PNLT – exterior

Fonte: Processamento PNLT

#### d) *Definição dos Atributos da Rede*

Para o modelo de planejamento de transportes, mais importante que o desenho da rede multimodal, é a definição dos atributos de cada ligação ferroviária, rodoviária ou hidroviária, ou seja, as características físicas e operacionais (distâncias, capacidades, volumes, velocidades, tempos de percurso) que constituem os elementos relevantes para a análise do desempenho de cada segmento da rede de transporte.

Esta rede, portanto, incorporou as informações das malhas rodoviária, ferroviária e hidroviária, além dos pontos notáveis do sistema tais como locais de armazenagem, centros de transferência, aeroportos e portos marítimos e fluviais, que foram representados por uma ligação especial, com atributos como custos e tempos de movimentação. Os principais atributos cadastrados para cada uma das ligações da rede, tanto para a situação atual quanto para os horizontes futuros, no caso de

existirem planos definidos de expansão da oferta de transportes, correspondem às extensões, capacidades, volumes atuais, velocidades, custos (pedágios, terminais), tempos de movimentação e de percurso. Portanto, considerando os objetivos do estudo, foram cadastrados os seguintes atributos da rede de transportes:

- PNV's;
- Comprimentos;
- Velocidades e tempos;
- Capacidades;
- Custos operacionais unitários;
- Fretes e tarifa;
- Contagens;
- Tipo de terreno.

### ***Etapa 2: Geração de Viagens***

Envolve todas as atividades necessárias à caracterização dos fluxos de carga na rede multimodal de transportes, desde a identificação dos produtos, até a montagem dos balanços entre oferta e demanda.

#### ***a) Definição do Conjunto de Produtos Relevantes***

A definição do conjunto de produtos relevantes tem como objetivo contemplar, de forma abrangente, os itens de demanda por transporte que representam relevância para o sistema de transporte de carga, seja pelo porte dessa demanda ou pelos requisitos logísticos indispensáveis às exigências do mercado.

Estudos de planejamento de transportes, especialmente os que enfocam o modal ferroviário, usualmente consideram apenas os produtos com grandes volumes de movimentação e baixo valor agregado, geralmente representados por commodities, à medida que são estes que mais solicitam a infra-estrutura de transportes.

Em função das alterações nas tendências observadas nos últimos anos em nível mundial, em que a carga geral vem ganhando destaque em termos de movimentações e taxas de crescimento, considerou-se imprescindível no presente

estudo, a ampliação do universo de produtos. Estes produtos foram tratados como Carga Geral.

Com base na experiência acumulada em estudos de natureza semelhante realizados recentemente, pode-se realizar a seleção de produtos relevantes:

- Minérios (ferro, bauxita, carvão siderúrgico);
- Siderúrgicos;
- Complexo soja (soja em grãos, farelo e óleo de soja);
- Milho;
- Complexo cana de açúcar (cana, açúcar e álcool);
- Combustíveis líquidos;
- Complexo fertilizantes (rocha fosfática, fertilizantes primários, adubos);
- Complexo madeira, celulose e papel;
- Cimento;
- Veículos;
- Carnes;
- Contêineres;
- Carga geral.

*b) Caracterização das Cadeias Produtivas.*

Para cada um dos produtos de análise selecionados foi desenvolvida sua cadeia produtiva de modo a ser possível a identificação dos principais insumos necessários para sua produção.

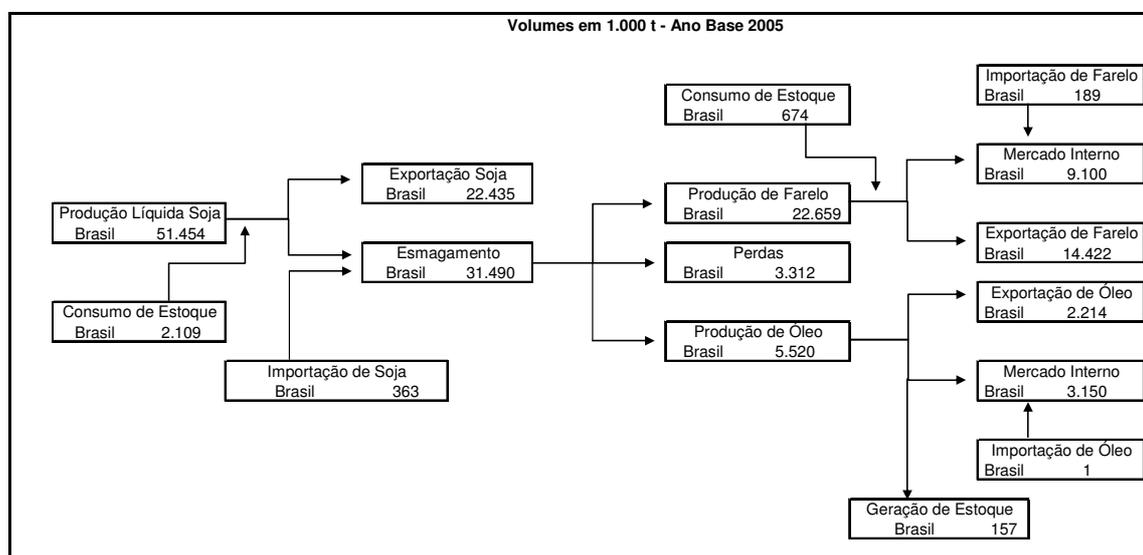
Para cada produto, ou sua respectiva cadeia, foi apresentado um mapeamento dos principais pólos de geração e atração de cargas, o balanço de produção e consumo e a caracterização dos fluxos de transporte internos e externos ao estado.

A forma tradicional de representar a demanda é através de uma matriz origem-destino.

A caracterização de matrizes origem–destino é feita através da caracterização da cadeia logística e da montagem de um balanço de oferta e consumo em nível nacional.

A caracterização da cadeia logística é feita através de análises setoriais, considerando–se o processo produtivo, onde são definidos os insumos necessários para a produção e os coeficientes técnicos contendo a quantidade necessária de insumo para tonelada produzida, elaborada com base em consultas a fontes oficiais de informações, associações, estudos setoriais e entrevistas com agentes relevantes.

A Figura 21 apresenta um exemplo de cadeia produtiva, elaborada no caso para o complexo soja:



**Figura 21** – Exemplo de cadeia produtiva

Fonte: Processamento PNL T

### c) *Balanço Oferta/Demanda*

O balanço da oferta e demanda foi realizado para cada produto relevante, considerando a produção, consumo, importação e exportação por estado ou outra unidade geográfica. O envio ou recebimento do produto para/de outros estados foi estimado de forma a garantir o equilíbrio entre oferta e demanda por estado. Esta análise foi elaborada com base em informações e consultas a fontes oficiais, em informações de associações e com base em estudos setoriais.

O objetivo principal da montagem dos balanços oferta/demanda para cada um dos produtos de análise consiste na necessidade do entendimento dos fluxos de cada um dos produtos considerados em nível de estado. Para cada produto foram quantificadas, por unidade da federação e zona de transporte, as produções líquidas, as importações, os volumes recebidos de outros estados, o consumo interno, as exportações, os volumes expedidos para outros estados e as diferenças geradas pelos estoques.

A montagem dos balanços oferta/demanda para cada um dos produtos considerados na análise constitui o requisito fundamental para a montagem das matrizes origem/destino – O/D.

A Figura 22 ilustra a montagem do balanço oferta/demanda para graneis agrícolas:

<b>Exemplo balanço para graneis agrícolas</b>	
<b>Oferta = P – S + I + R</b>	<b>Demanda = C + X + E</b>
(P) Produção por UF / zona	(C) Consumo por UF / zona
(S) Sementes e perdas (somente para produtos agrícolas)	(X) Exportação por UF
(I) Importação do produto por UF	(E) Enviado para outras UF (comércio interestadual)
(R) Recebimento de outras UF (comércio)	
<b>Oferta = Demanda (por UF e zona de transporte)</b>	

**Figura 22** – Exemplo de balanço oferta/demanda

Fonte: Processamento PNLТ

#### d) *Carga Geral*

Em função multiplicidade de produtos que se enquadram nesta categoria, a utilização da abordagem proposta para a estimativa dos volumes de carga de commodities não se mostra apropriada.

Portanto, para os produtos que se enquadram na categoria de carga geral, foram utilizadas como matrizes–semente, para ajuste posterior por contagens volumétricas, as matrizes de relacionamento econômico entre micro–regiões estimado

pelo modelo EFES, além das matrizes O/D obtidas pelas pesquisas de campo realizadas pelo CENTRAN.

O modelo EFES que serve de base para as projeções nacionais/setoriais; foi desenvolvido pela FIPE–USP, no âmbito do Projeto SIPAPE (Sistema Integrado de Planejamento e Análise de Políticas Econômicas), cujo objetivo geral é a especificação e implementação de um sistema de informações integrado para projeção macroeconômica, setorial e regional, e para análise de políticas econômicas.

### ***Etapa 3: Distribuição de Viagens***

Após a definição das cadeias produtivas e dos balanços oferta/demanda de cada produto, o passo seguinte da metodologia proposta consistiu na montagem das matrizes O/D para cada produto de análise.

Foram utilizadas duas metodologias específicas para a estimação das matrizes O/D, dependendo da característica dos produtos.

Assim, para os produtos de grande volume e baixo valor agregado, representando commodities, foram utilizados modelos gravitacionais, considerando-se as restrições impostas pela análise de balanço oferta/demanda.

Para os produtos de baixo volume e de maior valor agregado, representando carga geral, as matrizes O/D foram estimadas a partir de proxy's (intercambio comercial entre regiões, em valores monetários) fornecidos pelo modelo EFES, baseado em uma matriz de insumo/produto nacional, desenvolvida a partir das contas nacionais e no intercambio comercial dos estados brasileiros, que permite analisar de forma consistente o desenvolvimento regional e as interações entre as diversas regiões do país. Neste caso, as matrizes de intercâmbio fornecidas pelo modelo EFES, foram complementadas pelos elementos obtidos através das pesquisas de campo.

#### ***a) Matriz O/D dos Produtos Relevantes***

No processo de estimação das matrizes O/D para este primeiro segmento de produtos, o passo inicial consistiu na geração de uma matriz–semente através de um modelo gravitacional, sendo que esta matriz inicial não obedece, de forma geral, aos totais de produção e atração por zona, obtidos na etapa de geração de viagens, no caso os valores definidos pelo balanço oferta/demanda por produto.

A solução para obedecer as restrições impostas acima, afastando-se o mínimo possível da solução inicial dada pelo modelo gravitacional, é a utilização de modelos de distribuição de mínima informação, como são o Fratar e o Furness.

Após aplicação do modelo Fratar, que consiste de um procedimento presente em diversos softwares e com vasta literatura, pode-se obter uma matriz que obedece aos totais presumidos pelos modelos de geração e que tem uma estrutura delimitada por uma matriz de distâncias, representando uma hipótese bastante razoável.

Adicionalmente, os dados da Secretaria de Comércio Exterior – SECEX, do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior – MDIC, informam os volumes totais de importações e exportações de cada um dos estados brasileiros. Desta forma foram consideradas restrições adicionais à elaboração da matriz relativas aos fluxos de importação e exportação do país.

A Figura 23, a seguir, ilustra o processo de estimação das matrizes O/D dos produtos relevantes.

***Modelo Gravitacional (gerada a partir do balanço oferta/demanda)***

**$T_{ij} = a * OT_i * DT_j / d_{ij}^b$ , onde:**

$OT_i$  = Oferta total do produto na zona  $i$

$DT_j$  = Demanda total do produto na zona  $i$

$d_{ij}$  = Distância entre as zonas  $i$  e  $j$

**Sujeito às seguintes restrições**

$OT_i$  = Soma  $T_{ij}$ , por zona de Origem

$DT_j$  = Soma  $T_{ij}$ , por zona de Destino

Fluxos interestaduais são aqueles definidos para equilibrar Oferta e Demanda por zona de tráfego

Fluxos de/para cada porto devem ser aqueles informados pela SECEX

**Figura 23** – Estimação das matrizes O/D dos produtos relevantes

Fonte: Processamento PNLT

A Figura 24, a seguir, ilustra o processo de análise de fretes empregado nesta etapa:

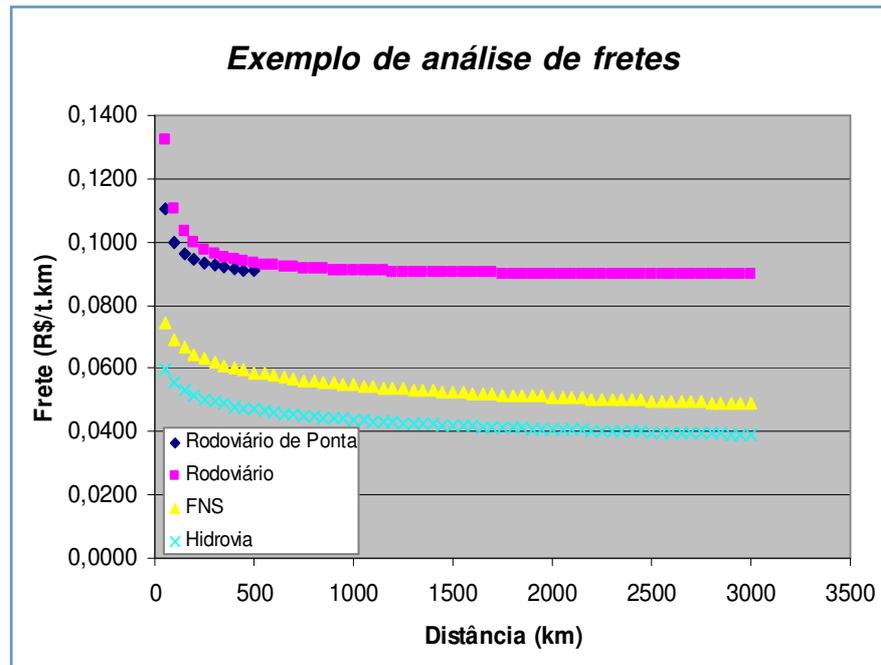


Figura 24 – Análise de fretes

Fonte: Processamento PNLT

#### Etapa 4 – Alocação de Viagens

Nesta etapa, os carregamentos obtidos através da alocação das matrizes O/D, por tipo de fluxo e modo de transporte, referentes ao ano base de 2005, foram alocados à rede base de simulação. Assim sendo, o modelo é considerado como calibrado e validado quando os volumes simulados estiverem próximos aos volumes obtidos em campo, através de contagens volumétricas.

##### a) Aferição dos Caminhos e Análise do Nível de Serviço

Nesta atividade inicial foi realizada uma aferição dos caminhos mínimos e dos fluxos na rede de simulação.

Uma vez validado o modelo de transportes, foi realizada uma análise do nível de serviço oferecido pelo sistema de transportes nacional, representado basicamente pela relação volume/capacidade na rede de rodoviária e nas demais modalidades, onde se pode definir a capacidade atual de transportes.

Para cada ligação da rede multimodal foi definido o nível de serviço no ano base e nos horizontes futuros considerando o cenário sem investimentos, segundo a classificação padrão do Highway Capacity Manual – HCM:

- Nível de Serviço A: Ótimo;

- Nível de Serviço B: Bom;
- Nível de Serviço C: Satisfatório;
- Nível de Serviço D: Nível de Serviço Limite;
- Nível de Serviço E: Congestionamento;
- Nível de Serviço F: Fluxo Forçado.

b) *Gargalos de Oferta*

Envolve a análise do desempenho atual dos subsistemas de transporte baseada na relação volume/capacidade estimada para a rede multimodal, para os anos base e horizontes futuros e permite a identificação dos gargalos de oferta, os quais foram caracterizados nesta atividade.

É importante notar que esta análise não diz respeito a gargalos de natureza institucional, mas sim àqueles físicos e passíveis de serem identificados pela modelagem do sistema de transportes, os quais poderão resultar em investimentos na infra-estrutura de logística e transportes da região de estudo.

Os investimentos para a solução dos gargalos e para atendimento dos elos faltantes são caracterizados como investimentos que representam oportunidades de melhorias na logística de movimentação de cargas, as quais deverão constituir um portfólio de projetos, para horizontes de curto, médio e longo prazo.

c) *Adequação da Rede de Simulação e Necessidades de Investimento*

Esta atividade corresponde à montagem da rede de simulação para cada oportunidade de melhoria e identificação preliminar das necessidades de investimento na rede multimodal nacional.

Uma vez montadas as redes, foi realizada a simulação do sistema para os anos base e horizontes futuros.

A partir das simulações, foi realizada uma análise de consistência dos resultados obtidos.

## **2.2.1.2 Fase 2: Avaliação de alternativas de investimento**

### ***Etapa 5: Demandas Futuras***

Nesta etapa foram realizadas as seguintes atividades, visando obter a estimativa futura das matrizes O/D, por produto relevante e para a movimentação de carga geral e de passageiros.

#### ***a) Projeção das Variáveis***

Nesta atividade foram formuladas as hipóteses a respeito das variáveis explicativas da demanda de carga para cada um dos produtos relevantes considerados na análise, contemplando a identificação das variáveis e o desenvolvimento de critérios de projeção.

#### ***b) Identificação das Variáveis Explicativas da Demanda***

Em função das diferentes características dos produtos considerados no estudo, é de se esperar que as demandas específicas de cada um deles sejam melhores explicadas em função de variáveis particulares.

Portanto, nesta atividade, para cada um dos produtos considerados, foram identificadas as variáveis que melhor explicam a demanda por transporte.

#### ***c) Definição dos Critérios de Projeção***

Identificadas as variáveis mais adequadas para explicar o comportamento da demanda para cada um dos produtos, nesta atividade foram analisados e definidos os critérios de projeção para os horizontes futuros.

#### ***d) Montagem dos Cenários Futuros***

Nesta atividade foram realizadas as projeções das variáveis sócio-econômicas para os horizontes futuros e o carregamento da rede atual com as demandas projetadas para cada horizonte.

#### ***e) Construção de Cenário de Demanda***

Para a projeção da demanda, deverão ser definidos cenários futuros. O objetivo destes cenários é a projeção de variáveis econômicas, baseadas em hipóteses alternativas sobre o comportamento de agregados macroeconômicos, mudanças

tecnológicas e de preferências, projeções demográficas, alterações no cenário internacional e informações sobre a tendência dos investimentos setoriais/regionais.

Considerando um cenário de referência para o período 2005–2031, os resultados foram gerados a partir de projeções com o modelo EFES, que alimentaram um módulo de desagregações específicas, com ênfase em variáveis sub-setoriais.

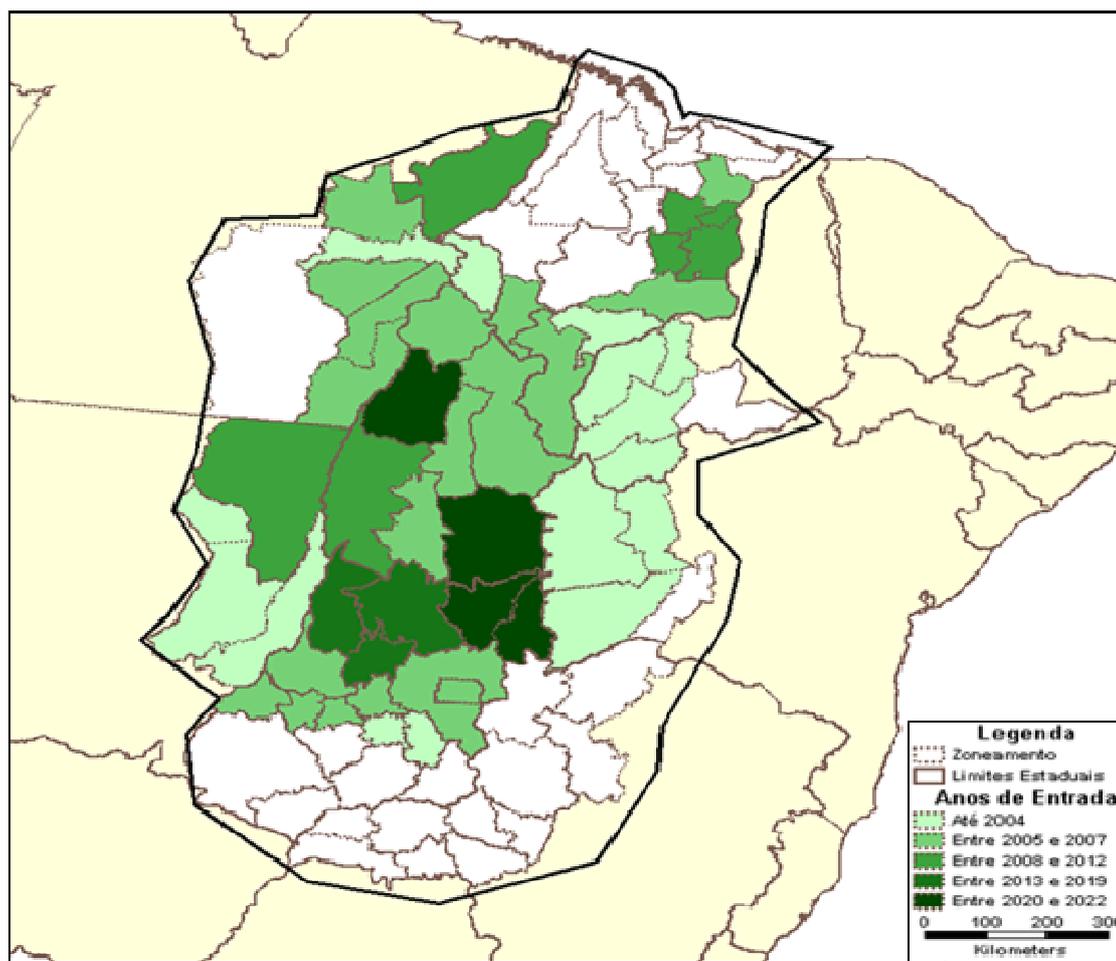
Partindo de um cenário tendencial, pode-se avaliar a trajetória de variáveis econômicas em um horizonte temporal pré-definido. Assim, foram reportadas estimativas da trajetória tendencial da economia, contemplando os efeitos sobre o nível de atividade setorial dos estados e microrregiões relevantes, e de agregações especiais dos resultados municipais para áreas de interesse.

O cenário tendencial desenvolvido caracterizou uma situação provável para as economias brasileira e regionais no futuro, dadas as restrições sob as quais operam e as suposições feitas sobre alguns de seus aspectos estruturais fundamentais, tais como, taxa de investimento, padrão de consumo das famílias, evolução da produtividade em alguns setores, etc.

Essa situação é resultante das suposições feitas, das restrições presentes, e da experiência de evolução da economia em passado relativamente recente. Portanto, os cenários de demanda foram construídos adotando-se hipóteses plausíveis em termos das possibilidades de expansão de fronteiras agrícolas, aumento de produtividade, projeção dos balanços de oferta e demanda por produto.

A montagem destes cenários possibilitou a projeção das matrizes de cada produto para os horizontes futuros.

A Figura 25, a seguir, ilustra a o processo de consolidação de uma expansão de fronteira agrícola:



**Figura 25** – Expansão da fronteira agrícola

Fonte: Processamento PNL T

f) *Simulação da Alternativa Base*

A alocação do tráfego, ou carregamento da rede, finaliza o processo de simulação do sistema de transportes. Nesta etapa é realizada a interação entre a demanda, representada pela soma de matrizes de fluxos resultantes da divisão modal, e a oferta, descrita pela rede de transportes.

O objetivo principal da alocação de tráfego é obter as estimativas de fluxo de veículos, associadas à condição de desempenho, em cada ligação da rede. Além do uso para análise do sistema de transportes, do ponto de vista de desempenho global e atendimento à demanda, tais informações são úteis para realizar avaliações.

O principal produto desta atividade consiste na caracterização do desempenho atual de cada uma das ligações que compõem a rede nacional multimodal de transporte. O indicador utilizado para a avaliação do desempenho da rede é a razão

Volume/Capacidade relacionado a cada ligação. O mapeamento desta informação permite a visualização dos pontos críticos da rede.

Tendo sido definidas as matrizes de viagem dos diversos produtos, nesta sub-atividade é previsto o carregamento da rede base com as matrizes referentes a cada um dos anos horizonte de maneira que seja possível não apenas localizar trechos com níveis de serviço inadequados, mas também identificar o horizonte temporal em que tais ligações deverão receber intervenções de aumento de capacidade.

### ***Etapa 6: Concepção e Simulação das Alternativas***

Nesta etapa foram definidas e simuladas as alternativas capazes de minimizar ou eliminar os gargalos físicos identificados para cada um dos modais da rede de transporte nacional de carga. A identificação das necessidades de investimento para solucionar gargalos e elos faltantes foi realizada através de uma ampla interação com a sociedade, em reuniões realizadas nas diversas regiões do país.

#### *a) Definição das Alternativas de Investimento*

Uma vez identificadas as alternativas de melhorias propostas para a rede de transporte atual, cada uma delas foi georreferenciada de modo a permitir a visualização destes projetos e sua interação com a rede atual.

#### *b) Simulação das Alternativas*

Tendo sido propostas as intervenções para aumento de capacidade das ligações da rede multimodal de transporte referente à situação base, nesta atividade, após o cadastramento dos diversos projetos de ampliação de capacidade na rede de simulação, foram realizados novos carregamentos com as matrizes projetadas para os diversos anos-horizonte, de maneira a avaliar se as intervenções propostas são suficientes e adequadas para eliminar os problemas identificados.

Além disso, os resultados destas simulações geram os insumos necessários para a realização do estudo de viabilidade sócio-econômica das intervenções propostas.

#### *c) Consolidação dos Resultados*

Envolve a consolidação dos resultados e a quantificação dos indicadores de desempenho da rede multimodal.

Para todas as alternativas testadas foram analisados os resultados com o intuito de verificar se a solução proposta foi capaz de eliminar o problema de capacidade anteriormente identificado.

### ***Etapa 7: Avaliação das alternativas de investimento***

Esta etapa visa avaliar e classificar os projetos em função de suas prioridades para solução dos gargalos e elos faltantes referentes aos horizontes de curto, médio e longo prazos.

As atividades referentes a esta etapa contemplam:

a) *Avaliação das Alternativas de Oferta*

Envolve a montagem do modelo de avaliação e a análise sócio–econômica das alternativas simuladas no modelo de planejamento regional multimodal de transporte de carga.

b) *Preparação do Modelo de Avaliação*

Contempla a montagem do modelo de avaliação sócio–econômica com base nas diretrizes normalmente utilizadas para a análise de projetos de transporte.

Este modelo tem como insumo principal as medidas de serviço das alternativas simuladas, geradas a partir do modelo de planejamento regional de transportes, tais como toneladas x km, veículos x km e veículos x hora referente a cada ligação da rede multimodal de transporte, para todos os cenários de análise e horizonte de simulação.

Com base nestes indicadores foi realizada a avaliação sócio–econômica das alternativas estimando–se os benefícios em termos de redução de tempo de deslocamento e redução dos custos operacionais do sistema nacional de transportes e confrontando–se estes benefícios com os custos de implantação das alternativas.

c) *Avaliação Sócio–Econômica*

O modelo de avaliação proposto se baseia nos conceitos da análise custo / benefício, o qual permite calcular os indicadores tradicionais de estudos de viabilidade econômica, mais especificamente, a Taxa Interna de Retorno Econômico (TIRE).

### **3 USO DO MANTRA NA MODELAGEM DE TRANSPORTES**

### **3 USO DO MANTRA NA MODELAGEM DE TRANSPORTES**

O MANTRA é um instrumento especialmente desenvolvido para facilitar o trabalho do planejador de transportes, simplificando o uso de modelos de simulação e produzindo os resultados necessários para realizar a avaliação econômica, de forma que a distribuição dos custos e benefícios de diversas políticas podem ser comparados.

A estrutura do MANTRA acompanha as etapas de modelagem: geração, distribuição, divisão modal e alocação de viagens. Uma concepção flexível permite que as diversas tarefas possíveis de serem executadas pelo MANTRA possam ser combinadas de formas distintas, dependendo da metodologia adotada e das informações disponíveis. Por exemplo, no planejamento do transporte regional, é comum que a estimativa de produção e consumo em cada zona seja feita exogenamente, para produtos selecionados. Tal tipo de informação pode ser facilmente introduzida e combinada com outras produzidas pelo próprio modelo de geração desenvolvido.

Embora seja voltado principalmente para a utilização dos modelos, o MANTRA também oferece instrumentos para o desenvolvimento e a calibração de alguns tipos de modelo. Ele permite realizar análise de regressão linear múltipla, procedimento útil na determinação de parâmetros de modelos expressos em forma linear ou linearizável (o que inclui modelos de geração ou distribuição de demanda, de divisão modal e tipos específicos de funções de desempenho das ligações viárias). Em todos os casos, no entanto, a calibração dos modelos pode utilizar programas estatísticos ou outros especificamente desenvolvidos para este fim, que sejam preferidas pelo usuário.

Para o presente trabalho as peculiaridades do MANTRA serão apresentadas em conformidade com as tradicionais quatro etapas do modelo de planejamento de transporte regional definidas nas seguintes fases:

- Geração de viagens ou da demanda;
- Distribuição de viagens ou da demanda;
- Divisão ou escolha modal;
- Alocação das viagens às redes de transportes.

## **3.1 REPRESENTAÇÃO DA OFERTA DE TRANSPORTE**

### **3.1.1 Redes, Ligações e Nós**

A oferta de transporte é caracterizada quanto à sua localização, aspectos físicos, funcionais, de regulamentação e de transporte. Os diferentes sistemas de transporte são representados através de redes matemáticas de simulação.

Essas redes constituem conjuntos de ligações e nós, que incorporam características dos sistemas de transporte. Cada ligação corresponde a um trecho homogêneo da rede de transportes existente, projetada ou concebida. Assim, para descrever uma malha viária urbana, uma ligação pode corresponder a um trecho de via entre interseções importantes, que, por sua vez, representarão nós da rede viária. No caso de uma rede rodoviária regional, os nós serão os principais pontos de acesso a cada rodovia representada na rede, com ligações conectando esses nós.

Na montagem de uma rede que represente um sistema de transporte regional ferroviário ou hidroviário, cada ligação (link) conecta estações ferroviárias ou portos importantes. Na verdade, as próprias estações, portos ou eclusas podem ser representadas como ligações da rede, uma vez que "atravessá-las" implica em dispêndio de tempo e/ou dinheiro.

Para descrever a rede de transportes, cada ligação contém informações como tipo da infraestrutura, comprimento, velocidade ou tempo de percurso, custos e capacidade. Podem também ser codificadas outras informações dependendo dos objetivos do estudo.

Na representação de modos de transporte público, que operam em rotas e frequências definidas, a descrição das redes deve também incorporar informações a respeito desses elementos. A rede de transporte público deve conter dados sobre itinerários e frequência das rotas, condições de transbordo (tempos médios e tarifa para acesso) normais e especiais entre elementos do sistema, cuja representação também pode ser feita através de ligações ou nós.

Centróides são nós com características especiais. Designam as diferentes zonas de tráfego da área de estudo. Toda a demanda por transporte de cada zona (por tipo de fluxo, modo, período, etc.) é considerada como originada e destinada ao

centróide que a representa. Através de ligações de acesso, cada centróide conecta-se à rede de transportes, por onde flui a demanda.

O grau de detalhamento adotado na montagem da rede de transportes depende do objetivo pretendido, não precisando ser uniforme em toda a área de estudo. Algumas regiões, ou mesmo alguns modos, podem estar melhor representados, refletindo as políticas de transporte em consideração.

### **3.1.2 Representação da Oferta de Transporte no MANTRA**

O MANTRA utiliza uma estrutura não convencional para representar a oferta de transporte. Os procedimentos tradicionais adotam estruturas rígidas, separadas por modos, onde a integração entre eles não pode ser tratada de forma simples.

A rede de transportes do MANTRA é única, verdadeiramente multimodal. Este é um aspecto particularmente importante tanto no transporte urbano, a medida que os sistemas crescem e se integram, quanto no transporte regional, onde a combinação entre modos é essencial.

Para representar a oferta de transporte de forma flexível, compatível com a idéia de uma rede multimodal, o MANTRA utiliza três conceitos:

- Tipo de ligação;
- Modo físico;
- Modo de usuário.

Cada ligação correspondente a um trecho da rede de transportes é caracterizada pelo seu tipo (que a relaciona com os possíveis modos de transporte que podem utilizá-la). Numa rede urbana podem ser considerados, por exemplo: ligações rodoviárias com ônibus em tráfego misto, rodoviárias com faixa exclusiva para ônibus, rodoviárias só para ônibus, ferroviárias, metroviárias, etc. Numa rede rural, pode-se distinguir rodovias de diferentes padrões (projeto, pavimento) ou trechos ferroviários com operação distinta (bitolas diferentes, tráfego pesado).

O MANTRA permite a consideração de diversos modos físicos de transporte. Cada modo físico utiliza um determinado tipo de infraestrutura (correspondente a um subconjunto de tipos de ligações), um determinado tipo de veículo de transporte e apresenta uma determinada estrutura de custos e tarifas. O desempenho e outras

características de um mesmo modo físico podem ser diferentes dependendo do tipo de ligação. Assim, por exemplo, um ônibus trafega em maior velocidade numa via com faixa exclusiva do que em outra de tráfego misto.

Para cada tipo de fluxo que pode utilizar um dado modo físico é possível definir uma estrutura tarifária. Por exemplo, o transporte de minérios pode ter tarifa diferenciada dos granéis leves na ferrovia, ou ainda, os passageiros de baixa renda podem pagar menos pelo serviço de ônibus que os de maior renda. É claro que tal diferenciação exige que a projeção da demanda seja feita com este tipo de desagregação no que se refere aos tipos de fluxo.

Os custos operacionais de transporte relativos a um modo físico são calculados de acordo com um procedimento indicado nos arquivos de dados do MANTRA. Deve-se salientar que a cada modo físico de transporte está, em princípio, associado um operador do sistema de transportes, cujos resultados podem ser individualizados no procedimento de avaliação.

Uma vez definidos, os modos físicos podem ser combinados de tal forma a representarem as diversas alternativas modais que podem ser escolhidas pelo usuário. Os modos de usuário devem indicar as reais possibilidades de intemporalidade existentes na área de estudo. As combinações de modos físicos consideradas são denominadas modos de usuário. Estes são usados como base para o procedimento de divisão modal do MANTRA.

No transporte regional, os modos de usuário permitem combinar a ferrovia com acesso rodoviário ou a hidrovia com acesso rodoviário, ferroviário ou combinado. No meio urbano, a integração entre ônibus e metrô, ferrovia e metrô, ônibus expresso com ônibus parador, auto e metrô e outras, podem ser introduzidas como modos de usuário.

### **3.2 GERAÇÃO DE DEMANDA POR TRANSPORTES**

A análise da geração da demanda ou de viagens é de importância fundamental, uma vez que nesta etapa da modelagem de transportes define-se a demanda global a ser atendida nos diversos anos-horizonte de um estudo. O objetivo da aplicação de modelos de geração da demanda é permitir a estimativa, para cada ano-horizonte considerado, das demandas totais produzidas e atraídas por cada zona

de tráfego da área de estudo e seu entorno, num dado período de tempo (o total de extremos de viagens de cada zona de tráfego no período).

Os modelos de geração de demanda relacionam as variáveis que descrevem a população ou a atividade econômica de cada zona e as que caracterizam o seu padrão de uso e ocupação do solo, com o potencial da zona como unidade produtora (modelos de produção) e consumidora/atratora (modelos de atração) de viagens.

Por ser a demanda por transportes derivada da demanda por outras atividades, os modelos de geração de viagens devem ser desenvolvidos independentemente para cada tipo de fluxo. Para o transporte de passageiros, tal procedimento procura levar em consideração o fato de que diferentes funções de demanda estão associadas a diferentes categorias sócio–econômicas e à participação em atividades distintas (identificadas por motivos de viagem diferentes). Para o transporte de cargas, procura-se caracterizar a demanda específica de cada produto (ou grupo de produtos relativamente homogêneos). A capacidade de análise e a disponibilidade de dados impõem limitações práticas a tal tipo de desagregação.

O MANTRA permite a estimativa da geração de demanda por transporte através do uso de modelos de regressão linear ou de análise de categoria, que são os mais utilizados para o transporte urbano. Em ambos os casos, os coeficientes obtidos para o modelo são utilizados para estimar a geração de viagens a partir de variáveis sócio–econômicas projetadas exogenamente.

No caso do planejamento a nível regional, as técnicas de geração de viagens muitas vezes diferem das empregadas no meio urbano. Isto se deve à importância dos fluxos de mercadorias, que têm uma dinâmica intrinsecamente ligada à dinâmica da atividade econômica da região, do país e do exterior.

Em vista disso, os procedimentos para a estimativa da demanda futura assemelham-se aos métodos de projeção de variáveis econômicas. Envolve uma série muito grande de informações quantitativas e qualitativas, geralmente ligadas à aspectos locais (como a proximidade aos mercados de matérias primas ou de consumidores, a complementaridade entre os processos produtivos, a posição estratégica em relação ao sistema de transportes) ou conjunturais (evolução dos mercados atingidos, situação dos competidores diretos).

Assim, apenas para alguns produtos é possível ou recomendável recorrer aos modelos tradicionais de estimativa de geração de demanda por transporte. A alternativa passa a ser a projeção exógena do potencial de produção e atração/consumo de cada zona para cada ano–horizonte, para os demais produtos considerados.

A projeção tanto da geração exógena da demanda por transporte como das variáveis sociais, econômicas e outras utilizadas nos modelos é feita em função dos cenários de evolução definidos para o estudo.

O MANTRA permite a fácil incorporação de estimativas exógenas da geração de demanda. Estas podem ser então utilizadas nas demais etapas de modelagem, juntamente com as projeções realizadas diretamente com o uso do modelo.

A seguir são apresentadas as principais idéias associadas ao uso de modelos de geração de demanda por análise de regressão linear ou análise de categorias.

As três primeiras etapas têm como preocupação central a simulação do comportamento da demanda por transportes. Parte-se de informações sócio–econômicas e demográficas da população ou das atividades econômicas na área de estudo, além de dados sobre características sócio–econômicas e sobre a capacidade produtiva na região. Como resultado tem-se matrizes de demanda por modo (ou combinação de modos) de transporte, desagregadas por tipo de fluxo (produtos relevantes, autos ou ônibus).

### **3.3 DISTRIBUIÇÃO DA DEMANDA POR TRANSPORTES**

A distribuição da demanda ou distribuição de viagens é o segundo estágio do processo de projeção de demanda e o seu objetivo é estimar os intercâmbios de viagens entre as zonas de tráfego na área de estudo e no seu entorno.

Os modelos adotados nesta etapa utilizam as estimativas de produção e atração por zona de tráfego e algum tipo de informação sobre a estrutura da distribuição de demanda. O resultado da aplicação de um modelo de distribuição é uma matriz de demanda, onde cada célula contém uma medida da intensidade do intercâmbio entre um dado par de zonas.

A idéia básica dos procedimentos incorporados nesses modelos é a de que a demanda produzida em cada zona seja "distribuída" entre as zonas atratoras. Esta etapa pode ser associada à escolha do destino, realizada em função do potencial atrator de cada possível zona de destino.

O potencial atrator de cada zona depende de dois fatores: a estimativa de atração de demanda associada à zona e a competição com as demais zonas da área de estudo. Esta competição com as outras zonas, por sua vez, está relacionada com a capacidade de atração de cada uma e com a informação sobre a estrutura da interação entre as zonas.

Existem duas classes mais utilizadas de modelos de distribuição, diferenciadas em função do tipo de informação sobre a estrutura da interação entre as zonas: modelos de fator de crescimento e modelos gravitacionais.

Os modelos de fator de crescimento usam uma matriz atual (ou de um período anterior) como base para realizar a projeção da distribuição da demanda. Esta matriz é "fatorada" (sucessivamente corrigida), utilizando-se fatores de crescimento baseados na evolução estimada das produções e atrações em cada zona, da situação base para o ano-horizonte. Nesses casos, a estrutura da matriz base influencia decisivamente na solução final.

A principal vantagem destes métodos é a sua relativa simplicidade computacional, além da quantidade reduzida de informações. Sua maior desvantagem refere-se ao fato de serem insensíveis a alterações na oferta de transporte. Pares de zonas que apresentem um nível reduzido de intercâmbio na matriz base, terão esta situação replicada no futuro, mesmo que venham a ter condições de acessibilidade melhoradas.

Os modelos gravitacionais, por sua vez, baseiam a estrutura da matriz de distribuição de demanda projetada em informações sobre a oferta de transportes prevista. Esta é descrita, em geral, em termos dos tempos ou custos associados ao deslocamento entre cada par de zonas. É comum se adotar uma combinação destes fatores, denominada genericamente de impedância ou custo generalizado.

Uma das principais vantagens dos modelos gravitacionais para distribuição de demanda é a sua estrutura flexível e sua sensibilidade a alterações localizadas do sistema de transportes. Mudanças que afetem a acessibilidade relativa de uma zona

face às demais alteram o potencial atrator desta zona, beneficiando-a na competição com o restante da área de estudo.

A maior desvantagem desse tipo de modelo é a necessidade de um procedimento de calibração, além de exigir informações que descrevam a oferta de transportes, tanto para seu desenvolvimento quanto para sua aplicação.

Assim como os modelos de geração de demanda, os modelos de distribuição também devem ser aplicados para cada tipo de fluxo. O objetivo é, como antes, procurar representar as diferentes funções de demanda associadas a cada categoria sócio-econômica, motivo de viagem ou produto.

A escolha do tipo de modelo a ser utilizado está relacionada às características da demanda por cada tipo de fluxo. No transporte urbano, duas características prevalecem: as matrizes são densas e difusas, com produções e atrações espalhadas em praticamente todas as zonas, e a escolha de destino é mais sensível aos custos e tempos associados aos deslocamentos. Tal tipo de situação é melhor representada por modelos gravitacionais.

No transporte regional, situações semelhantes àquela descrita acima podem ocorrer. Porém, em função do nível de desagregação com que são analisados certos produtos individuais, é comum encontrar-se tipos de fluxo mais esparsos, em que a localização das zonas de produção e atração, bem como a estrutura da matriz de distribuição existente, são fatores determinantes. Nesses casos, a opção por modelos de fator de crescimento pode ser adequada, suplementada por informações exógenas sobre alterações no padrão inicial de interação.

No extremo, há situações em que a estimativa totalmente exógena da distribuição da demanda é possível e, mesmo, apropriada. Esses casos surgem quanto a matriz de demanda é esparsa e podem ser obtidas informações detalhadas sobre fluxos futuros. Deve-se, então, fazer máximo uso da informação acessível, estimando-se exogenamente a matriz de distribuição de demanda.

O MANTRA permite que projeções exógenas da distribuição da demanda sejam incorporadas ao processo de simulação, em conjunto com as informações estimadas pelos modelos para outros tipos de fluxo.

Em todos os casos, os procedimentos de distribuição devem manter a consistência com os dados estimados de produção e atração de demanda por transporte obtidos no estágio anterior.

Finalmente, é importante notar que o MANTRA oferece a possibilidade de ajustes ou atualização de matrizes de viagens de veículos a partir de contagens de tráfego em trechos selecionados da rede de transporte. Este procedimento não é propriamente um modelo de distribuição da demanda. Sua aplicação em conjunto com os métodos dos fatores de crescimento permite, no entanto, obter dados constantes e atualizados e pode reduzir significativamente os custos de coleta de dados para obtenção de matrizes de viagens.

### **3.4 DIVISÃO MODAL**

A divisão ou escolha modal é o estágio final do processo de previsão da demanda por transporte. Seu objetivo é estimar os fluxos de cargas ou passageiros entre os pares de zonas de tráfego, para cada modo de transporte analisado. Uma vez conhecida a demanda, representada nas matrizes de fluxos por modo de transporte, procede-se à interação com a oferta, através do carregamento da rede multimodal de transportes (cujos princípios estão apresentados no item seguinte).

Para realizar as estimativas, os modelos de divisão (ou escolha) modal utilizam informações sobre a distribuição da demanda e as características da demanda e da oferta de transportes. É como se as matrizes de distribuição da demanda, para cada tipo de fluxo (por exemplo: motivo de viagem, tipo de produto ou classe sócio-econômica), fossem "divididas" em diversas outras matrizes, uma para cada modo de usuário disponível para o tipo de fluxo considerado. Para cada célula da matriz, o fluxo entre o par de zonas correspondente é atribuído aos diversos modos em função de seus atributos com relação a este deslocamento específico.

A etapa de divisão modal tem um papel central no processo de simulação da demanda, uma vez que a maior parte das variáveis de políticas de transporte estão incluídas nesses modelos. Historicamente, foi a etapa que apresentou maior evolução do ponto de vista teórico e de aplicação prática. O próprio nome, divisão modal, reflete um enfoque adotado até a década de 70, quando a análise era feita de modo agregado, estimando-se a repartição dos fluxos totais entre pares de zonas entre os modos. Mais recentemente, passou-se a estudar os mecanismos que condicionam a

escolha do modo de transporte ao nível individual, levando ao desenvolvimento dos modelos denominados de escolha modal.

O MANTRA permite que a decisão sobre a escolha modal seja simulada utilizando um modelo logit hierárquico (ou aninhado) que representa o estado da prática. Nesse tipo de modelo os diversos modos são agrupados hierarquicamente em ninhos sucessivos, em função da similaridade entre suas características. Antes de apresentar a formulação específica dessa classe de modelos, são discutidas uma série de questões essenciais para sua melhor compreensão.

### **3.4.1 Fluxos Cativos**

O MANTRA possibilita também a consideração de fluxos cativos de um determinado modo de usuário, conforme apresentado a seguir. Um fluxo é denominado cativo de um dado modo de transporte quando a sua realização se dá exclusivamente (ou quase) através desse modo. Motivos diversos podem levar um determinado tipo de fluxo a ser considerado como cativo de um modo de transporte. No caso urbano, o exemplo clássico é o de pessoas de baixa renda, sem acesso ao automóvel, cativas, portanto, do transporte público. (Estas poderão, eventualmente, ter possibilidade de optar entre modos diversos de transporte público, ou mesmo a pé, para algumas viagens, caso sejam disponíveis, deixando, então, de ser cativas de um modo.)

Já no transporte regional, em vista das características específicas dos diversos produtos e modos considerados, muitas vezes existe uma vantagem comparativa pronunciada de algum tipo de fluxo por certo modo de transporte. Neste caso, a tentativa de considerar a competição entre os modos no atendimento à demanda por transporte não só é um procedimento desnecessário mas também tende a produzir resultados enganosos pela extrapolação do tratamento dado a outros produtos.

No caso dos fluxos cativos, a análise da escolha modal é suprimida. Para cada tipo de fluxo considerado cativo basta informar o MANTRA a qual modo de usuário deve ser alocada a matriz correspondente. Posteriormente, na etapa de alocação de viagens, pode ser feita, se necessário, uma correspondência entre o veículo representativo do modo de usuário e aqueles associados a cada modo físico que compõe esse modo de usuário.

A seguir são discutidos diversos assuntos relacionados ao tratamento dos produtos denominados competitivos, ou seja, aqueles em que existem pelo menos duas alternativas de modos de transporte em que é possível realizar o deslocamento.

### **3.4.2 Fatores que Influenciam a Escolha Modal**

A escolha do modo de transporte depende de três conjuntos de características:

- Atributos do deslocamento;
- Atributos do usuário;
- Atributos do sistema de transporte.

Os atributos relevantes podem variar, dependendo se os fluxos analisados são de mercadorias ou de passageiros. Os atributos do deslocamento referem-se a características como as exemplificadas abaixo:

- Passageiros:
  - Motivo da viagem (ex: trabalho, educação, compras, lazer);
  - Período de realização da viagem (ex: pico X fora-pico);
- Cargas:
  - Tipo de produto (ex: valor, perecibilidade, manuseio);
  - Período de realização da viagem (ex: safra X entre-safra);
  - Tamanho e frequência dos despachos;
  - Distância da viagem.

Com relação aos atributos dos usuários, alguns dos mais importantes são os seguintes:

- Passageiros
  - Posse de autos;
  - Renda familiar ou individual;
  - Nível de instrução;
  - Estrutura familiar.

- Cargas
  - Estrutura logística;
  - Capacidade de armazenagem;
  - Extensão geográfica do mercado;
  - Condição de acesso ao modo (terminais ferroviários, portos, serviços de coleta e distribuição).

Finalmente, quanto às características da oferta de transporte disponível, estas podem ser classificadas em quantitativas e qualitativas. Entre as qualitativas, pode-se ainda distinguir atributos com diferentes graus de dificuldade de mensuração. A título de ilustração, pode-se listar as seguintes variáveis:

- Passageiros
  - Custo de viagem (tarifa de transporte público ou de estacionamento, custo operacional do automóvel);
  - Tempo de viagem no veículo;
  - Tempo de espera (por transporte público ou vaga em estacionamento), andando, transbordo;
  - Conforto e conveniência;
  - Segurança (pessoal e acidentes);
  - Regularidade e confiabilidade;
  - Acessibilidade.
- Cargas
  - Custo de viagem (frete ou custo operacional dos veículos);
  - Custos de carga/descarga, transbordo;
  - Custos de seguro, armazenagem, juros;
  - Tempo no veículo;
  - Tempo de carga/descarga, transbordo, espera;
  - Segurança da carga (roubo, acidentes, efeitos climáticos);

- Regularidade e confiabilidade.

A inclusão desses fatores na formulação de modelos de escolha modal é limitada pelo tipo, quantidade e qualidade das informações disponíveis para a calibração.

Talvez o elemento mais restritivo seja a necessidade de realizar projeções consistentes das variáveis, tarefa essencial quando os modelos são utilizados para estimar a demanda por transportes futura. Este fato em si reduz significativamente o conjunto das variáveis que podem ser consideradas na especificação dos modelos.

A seleção dos fatores que devem ser incluídos e excluídos da formulação exige sensibilidade por parte do responsável pela modelagem bem como a compreensão de sua importância para o fenômeno estudado.

### **3.4.3 Implementação no MANTRA**

O MANTRA é um instrumento para o planejamento estratégico de sistemas de transporte. Dessa forma, seu uso está associado à realização de projeções de demandas agregadas. Isso implica na necessidade de projetar as variáveis incluídas nos modelos de escolha de modo e, posteriormente, estimar resultados agregados com base nas probabilidades modais. Ambos os problemas colocam dificuldades práticas, cuja solução pode exigir comprometimento em relação ao ideal teórico.

Em primeiro lugar, em virtude das dificuldades de projetar de forma consistente a maior parte das variáveis que afetam a escolha de modo, a especificação de função de utilidade adotada na atual versão do MANTRA considera apenas o custo e o tempo médios de viagem. Esses valores são estimados com base na rede multimodal de transportes do MANTRA para os anos–horizonte de interesse. Os valores das demais variáveis relevantes têm de ser traduzidos em efeitos, agregados sobre as constantes específicas das alternativas.

Quanto ao procedimento empregado para a agregação, o MANTRA utiliza aquele conhecido por método de classificação, considerando-se cada tipo de fluxo como uma classe. Esse método é apropriado para aplicações em que estão disponíveis os valores médios dos atributos de cada alternativa (tempo e custo de viagem entre zonas) para cada categoria de usuário/tipo de fluxo, como ocorre no MANTRA.

A constante específica do modo, RKm é normalmente incorporada nas funções de utilidade com o objetivo de captar os efeitos das variáveis não incluídas, particularmente aquelas associadas a aspectos de cunho qualitativo, mas também as quantitativas omitidas (ou posteriormente excluídas). Por exemplo, se foi calibrado um modelo desagregado que inclui a renda do indivíduo como variável explicativa, pode-se usar a renda média em cada classe de usuários para incorporar seu efeito na constante específica de cada alternativa.

### **3.5 ALOCAÇÃO DE TRÁFEGO**

A alocação do tráfego, ou carregamento da rede, finaliza o processo de simulação do sistema de transportes. Nesta etapa é realizada a interação entre a demanda, representada nas matrizes de fluxos resultantes da divisão modal, e a oferta, descrita pela rede multimodal de transportes do MANTRA.

O objetivo principal da alocação de tráfego é obter as estimativas de fluxo de veículos, associadas à condição de desempenho, em cada ligação da rede de transportes. Além do uso para análise do sistema de transportes, do ponto de vista de desempenho global e atendimento à demanda, tais informações são úteis para realizar a avaliação econômica. Estimativas de tempos e custos de viagem para cada tipo de fluxo, bem como receitas e custos operacionais de cada modo físico, baseiam-se nos indicadores fornecidos pela alocação de tráfego.

A rede de transporte do MANTRA tem um caráter multimodal. Esta intermodalidade é introduzida a partir da identificação do tipo de cada ligação da rede e da definição de cada modo de transporte a partir dos tipos de ligação nos quais ele pode operar. Isto inclui a complementaridade com outros modos no acesso e egresso ao modo principal (por exemplo, ferrovia com acesso por rodovia ou metrô com acesso por automóvel).

A determinação de caminhos através da rede, entre pares de zonas, é um pré-requisito para o procedimento de alocação de tráfego. Os caminhos mínimos, ou outros, definem as ligações que receberão o volume de tráfego existente entre as zonas. Além disso, é ao longo do caminho mínimo para cada modo de usuário que se determina a desutilidade associada a cada par de zonas, informação utilizada na etapa de divisão modal.

Os métodos de alocação de tráfego às redes de transporte variam quanto à sua aplicabilidade e complexidade. A importância dos efeitos de congestionamentos é determinante na definição do método de alocação adequado. Nas situações em que a demanda se aproxima da capacidade dos sistemas de transporte, os tempos de viagem em cada ligação passam a sofrer a influência significativa dos volumes de tráfego.

Em geral, a distinção se dá em função da aplicação no meio urbano ou rural. Os sistemas de transporte urbano estão normalmente sujeitos a uma solicitação elevada, particularmente nos horários de pico. Para representar a alocação de tráfego nessa situação são necessários procedimentos que reflitam de forma mais realista a saturação dos sistemas.

No transporte regional, a ocorrência de saturação das redes de transporte é menos frequente. Além disso, a estimativa de fluxos não é geralmente feita para uma hora de pico, sendo muitas vezes representada a demanda para um dia inteiro. Dessa forma, é comum utilizar na análise de sistemas de transporte regional procedimentos para alocação de tráfego mais simples do que os adotados para o transporte urbano. Isto não quer dizer que não se possa usar os métodos mais elaborados também nesses casos, quando se julgar necessário.

O MANTRA oferece três métodos de alocação de viagens: tudo-ou-nada, incremental e por equilíbrio de usuários. O primeiro é o mais simples dos procedimentos de alocação, embora seja bastante utilizado na simulação de sistemas não saturados e como componente elementar das soluções mais complexas.

O método de alocação incremental leva em consideração as restrições de capacidade impostas pela rede de transportes. Utilizando funções que relacionam o tempo gasto para "atravessar" uma ligação com o volume a ela alocado, o método incremental procura estabelecer caminhos alternativos entre pares de zonas, que levem em consideração a saturação dos sistemas. Este procedimento busca simular uma situação de equilíbrio entre a oferta e a demanda por transportes, atualizando as condições de tráfego após o carregamento de cada incremento da demanda.

O método de alocação por equilíbrio de usuários é o teoricamente mais adequado e computacionalmente mais trabalhoso (podendo não convergir em um número limitado de iterações). Sua utilização é importante no contexto de transporte

urbano, para representar os efeitos decorrentes do congestionamento, com base no princípio de Wardrop: "A escolha de rotas pelos usuários está em equilíbrio quando nenhum dos viajantes pode melhorar seu custo generalizado de viagem mudando de rota unilateralmente".

Um resultado teórico básico da teoria relativa à alocação de tráfego por equilíbrio dos usuários é que a alocação final pode ser calculada como uma combinação de alocações tudo–ou–nada. Ao contrário do processo incremental, no entanto, a cada iteração é calculada a fração atribuída ao último conjunto de caminhos mínimos e também revisada a fração relativa aos caminhos anteriores (montando sempre 100% da demanda alocada). O processo converge quando esse ajuste é pequeno (digamos, 5% em relação à alocação anterior).

Todos os métodos dependem, portanto, de algoritmos para construção de caminhos mínimos para sua execução. Os critérios utilizados para seleção desses caminhos de custo generalizado mínimo entre todos os pares de zonas são apresentados a seguir. Também a questão das funções de restrição de capacidade são discutidas adiante, antecedendo a descrição do método de alocação incremental de tráfego e de equilíbrio dos usuários.

### **3.5.1 Construção de Caminhos Mínimos**

No MANTRA, a determinação dos caminhos mínimos entre pares de zonas é executada separadamente para cada modo de usuário, considerando os modos físicos principais e complementares que o compõem. Todos os tipos de ligação pertencentes a esses modos físicos são utilizados na construção dos caminhos entre todos os pares de zonas da área de estudo e seu entorno, sendo possível especificar condições detalhadas de transferência entre modos (proibição, inclusive), válidos para toda a rede e diferenciados em pontos específicos, chamados de terminais de transferência.

O algoritmo de caminhos mínimos constrói, a cada passo, a árvore de caminhos para uma dada zona. Uma árvore contém os caminhos de uma determinada zona de origem para todas as demais zonas de destino, com um dado modo de usuário. As árvores de cada zona de origem são construídas sucessivamente pelo algoritmo, até determinar os caminhos de ligação entre todos os pares de zonas.

Para selecionar os caminhos, o critério adotado é o de menor custo generalizado para o usuário. O custo generalizado de cada ligação é função da distância e tempo de viagem a ela associados, podendo incluir ainda um custo (monetário) específico da ligação (por exemplo, para representar uma taxa de pedágio, ou uma tarifa de acesso a um modo).

Para expressar o custo generalizado em termos monetários, é necessário associar à distância um fator multiplicativo, correspondente a uma tarifa ou custo médio por quilômetro, apropriado para o modo físico e tipo de ligação. Quanto ao tempo de viagem, este é transformado em valores monetários através da especificação de um valor do tempo, que deve refletir um tipo de fluxo representativo, em geral obtido com base nos resultados da calibração do modelo de divisão modal.

Os custos generalizados de viagem são aditivos e lineares no sentido que o custo generalizado de percorrer um caminho é igual à soma dos custos generalizados nas ligações utilizadas ao longo desse caminho. A estes custos relativos ao percurso de cada ligação são adicionados os custos de transferência entre modos na viagem (ponderando o desconforto, custos e tempos de espera eventuais).

Na construção de alternativas de caminhos na rede de ligações de cada modo, além de selecionar suas ligações específicas, o MANTRA permite que se imponha penalidades adicionais (multiplicativas) no cálculo do custo generalizado das ligações, especialmente para os que não pertencem aos modos principais.

Dadas estas informações, as árvores de caminhos de custo generalizado mínimo são calculadas usando o algoritmo de Dijkstra, largamente utilizado em problemas desse tipo devido à sua eficiência computacional, generalizado para tratar penalidades e condições especiais de transbordo definidos como transferências modais.

Uma vez estabelecidos os caminhos mínimos entre todos os pares de zonas, para todos os modos de usuário, é possível determinar as matrizes de custo generalizado ou desutilidade por modo de usuário, utilizadas no modelo de divisão modal.

Para a divisão modal, também devem ser considerados eventuais custos e tempos terminais de viagem nas zonas de origem e destino. Estes, no entanto, são irrelevantes do ponto de vista de determinação do caminho de custo mínimo entre as

zonas, visto que são comuns a qualquer alternativa que liga duas zonas, e podem ser adicionados posteriormente.

Antes, no entanto, de passar as informações para a divisão modal, o MANTRA oferece a possibilidade de substituir a estimativa de custo monetário feito ao longo do caminho mínimo por funções tarifárias. O objetivo, nesse caso, é procurar representar o fato de que certos modos podem ter uma vantagem comparativa muito acentuada no transporte a longa distância (como ocorre com o transporte ferroviário ou hidroviário).

Caso esta vantagem seja refletida na estrutura tarifária adotada pelo modo, a tarifa paga pelo usuário não é proporcional à distância, divergindo daquela estimada na construção dos caminhos mínimos, no caso de grandes distâncias. Pode-se, então, especificar funções de tarifa não lineares para cada modo físico, que serão aplicadas em cada segmento de viagem realizado em um dado modo físico. Estas tarifas passam então a representar a parcela de custo monetário do custo generalizado de viagem.

### **3.5.2 Alocação “Tudo–ou–Nada”**

A lógica do método de alocação tudo–ou–nada baseia-se, como o próprio nome indica, em carregar todos os fluxos entre um dado par de zonas nas ligações que fazem parte do caminho mínimo entre essas zonas, e nada em nenhum outro possível caminho entre elas. A principal característica do método tudo–ou–nada está em ignorar os efeitos que o congestionamento dos sistemas pode ter sobre os tempos de viagem. Assim, ele admite que o caminho mínimo entre um par de zonas não será afetado pela elevada concentração de fluxos que atrairá, desconsiderando que determinadas ligações poderão receber volumes superiores à sua capacidade.

Sua aplicabilidade, portanto, limita-se aos casos em que seja razoável a hipótese de que os tempos de viagem não variem significativamente com a demanda em cada ligação. O transporte regional, a menos de casos excepcionais, adequa-se bem a esta caracterização. Além disso, as redes regionais são menos densas, tornando a possibilidade de caminhos alternativos mais restrita.

Também é possível utilizar a alocação tudo–ou–nada quando o objetivo é detectar possíveis estrangulamentos futuros na rede de transportes. Nesse caso, admite-se que os eventuais problemas com relação à capacidade representam locais potenciais para ampliação do sistema visando a eliminação dos gargalos.

O método tudo–ou–nada necessita, além da informação sobre os caminhos mínimos entre todos os pares de zonas para cada modo de usuário, as matrizes resultantes da divisão modal, contendo os fluxos para cada modo de usuário, para todos os tipos de fluxo.

O método consiste em simplesmente adicionar os fluxos modais, para todos os tipos de fluxo, nas ligações que fazem parte dos caminhos mínimos entre todos os pares de zonas.

Utilizando um exemplo do transporte regional para fins de ilustração, numa mesma ligação, uma rodovia, por exemplo, podem estar trafegando, simultaneamente, caminhões transportando diferente produtos, mais automóveis e ônibus com passageiros, todos vindo das mais diversas origens, dirigindo–se a destinos diferentes.

Para transformar os fluxos de demanda, expressos em toneladas, viagens de pessoas ou outras unidades, em fluxos de veículos na rede de transportes, define–se, para cada modo físico, um veículo representativo. À este veículo é associada uma capacidade de carga média, que permite converter os fluxos de transporte em fluxos de tráfego. Cada veículo pode ter ainda um fator de equivalência diferente, dependendo do tipo de ligação em que está trafegando, que indica seu grau de utilização da capacidade viária.

Finalmente, no caso dos modos que operam em rotas definidas, como os transportes públicos urbanos, a alocação é feita nas rotas de mínimo custo generalizado. Quando existem várias rotas do mesmo modo físico no caminho considerado, a alocação é feita proporcionalmente às respectivas frequências das rotas. Os veículos relativos às várias rotas são posteriormente alocados às ligações da rede de transportes, em função de sua frequência (independente da demanda servida).

### **3.5.3 Restrição de Capacidade**

Quando o fluxo em um trecho da rede de transporte se aproxima da capacidade, o tempo de viagem neste trecho tende a crescer devido ao efeito do congestionamento. Para representar esta relação entre o grau de congestionamento e o tempo de viagem numa ligação, utilizam–se funções matemáticas que representam o desempenho de diferentes tipos de infraestrutura de transporte.

O MANTRA dispõe de um conjunto de funções que são adequadas para representar diversas categorias de infraestrutura de transportes, como, por exemplo: para o transporte urbano, vias urbanas com semáforo, vias urbanas expressas, linhas de metrô ou de trem de subúrbio; para o transporte regional, rodovias, ferrovias, terminais, etc.

### **3.5.4 Alocação Incremental**

Os procedimentos de alocação incremental pertencem à classe dos algoritmos de alocação com restrição de capacidade. Esses procedimentos caracterizam-se por considerar a limitação da capacidade dos sistemas de transporte (e seus efeitos em termos de congestionamentos) sobre a escolha de caminhos. Os métodos de alocação incremental são uma forma aproximada de se atingir uma situação de equilíbrio na rede de transportes.

Os métodos de alocação com restrição de capacidade são, em geral, procedimentos iterativos, em que, a cada passo, os tempos de viagem em cada ligação da rede são atualizados em função do volume a elas alocado. Uma vez estabelecidos os novos tempos, novos caminhos mínimos são construídos, e uma nova alocação das matrizes de fluxos é realizada. Este procedimento iterativo prossegue até que algum critério de convergência tenha sido satisfeito.

Um problema comum aos métodos de alocação com restrição de capacidade é a ocorrência de oscilações significativas nos caminhos mínimos entre iterações sucessivas, em virtude das mudanças de tempos de viagem nas ligações. Os procedimentos de alocação incremental tentam superar este problema alocando uma parcela da matriz de viagens a cada iteração. Dessa forma, a alteração dos tempos de viagem de uma iteração para outra pode ser parcialmente controlada.

O procedimento de alocação incremental incorporado ao MANTRA representa um aprimoramento em relação aos métodos convencionais. Estes permitem que uma porcentagem pré-definida da matriz seja alocada a cada iteração (10% ou 25%, por exemplo). No MANTRA, a alocação incremental é utilizada para detectar as ligações saturadas (com volume alocado próximo à capacidade) que limitam a proporção da matriz de viagens que pode ser alocada numa certa iteração.

Estas ligações saturadas são então retiradas da rede, enquanto os tempos de percurso das demais são recalculados utilizando as funções de restrição de capacidade apropriadas a cada tipo de ligação. Pode-se, então, recalculer os caminhos mínimos na rede de transportes reduzida, obtida após a eliminação das ligações saturadas, com os tempos de viagem atualizados em função dos fluxos previamente alocados.

A proporção da matriz de viagens que pode ser alocada a cada iteração é calculada endogenamente em função da capacidade crítica das ligações saturadas. O procedimento é repetido até que 100% da matriz seja alocado.

### **3.5.5 Alocação por Equilíbrio dos Usuários**

O processo alternativo de alocação de tráfego com restrição de capacidade, teoricamente mais adequado, mas computacionalmente mais trabalhoso, é a alocação por equilíbrio dos usuários na escolha de rotas (cuja base teórica foi discutida anteriormente).

Como foi observado, a alocação por equilíbrio pode ser obtida como numa combinação de alocações tudo-ou-nada. A discrepância entre a alocação tudo-ou-nada e a que prevaleceria em uma situação de equilíbrio decorre do fato de que os tempos e custos utilizados para obter os caminhos mínimos no início de uma iteração serem alterados pelos fluxos nas ligações decorrentes da nova alocação calculada.

Um caminho bom quando, inicialmente, recebe pouco fluxo de tráfego pode congestionar-se rapidamente e ter uma piora significativa em termos de custo ou tempo de viagem. Isto é, pode ser que algum fluxo obtenha boas condições de operação usando esse caminho, mas não todo o fluxo alocado. Por esse motivo, a questão fica reduzida em calcular qual proporção do fluxo deveria usar um novo caminho. No entanto, como sempre estão sendo alocados 100% da demanda, guiar 10% do fluxo para um novo caminho implica em reduzir em 10% os fluxos dos caminhos anteriores (de forma que estas frações são, todas, ajustadas iterativamente). Esta é a parcela que melhora sua situação mudando de rota, unilateralmente.

A cada iteração, a diferença entre o nível de congestionamento nas condições iniciais e finais da iteração diminui, até que o processo atinge uma situação de equilíbrio. Ninguém mais pode melhorar sua situação mudando de rota unilateralmente.

Em geral, a alocação incremental "converge" mais rapidamente que a alocação por equilíbrio (isto é, em menos tempo, com menor número de iterações), mas não garante uma situação de equilíbrio. A diferença entre os resultados pode ser controlada limitando a parcela que pode ser adicionada ao carregamento na alocação incremental, o que reduz, também, por outro lado, sua vantagem computacional.

## **4 MATRIZES DE PRODUÇÃO E CONSUMO, DE FLUXOS FINANCEIROS E DE TRANSPORTES**

## **4 MATRIZES DE PRODUÇÃO E CONSUMO, DE FLUXOS FINANCEIROS E DE TRANSPORTES**

Neste estudo partiu-se das informações sócio-econômicas e demográficas produzidas pelo Cenário Tendencial da FIPE, além de dados sobre características sócio-econômicas e sobre a capacidade produtiva das regiões. Na busca de formas e métodos para compatibilizar bases e premissas utilizadas pelos estudos econômicos e pelos estudos de transportes, foram criados grupos de produtos compatíveis, em termos de transportes, pelo estabelecimento de uma relação entre “valor monetário da carga” e “toneladas transportadas”. Para tanto inicialmente qualificaram-se os produtos da matriz FIPE (classificação do CNAE), em cinco grupos com características similares no que tange a transporte de cargas. Como resultado se obtiveram matrizes de demanda por modo (ou combinação de modos) de transporte, desagregadas por tipo de fluxo (produtos relevantes, autos ou ônibus).

Uma vez estabelecidos os níveis globais da demanda para cada tipo de fluxo (produtos relevantes, etc) realizou-se sua distribuição, que corresponde à estimativa da intensidade do intercâmbio existente entre cada par de zonas específico. Uma das principais vantagens dos modelos gravitacionais utilizados para distribuição de demanda é a sua estrutura flexível e sua sensibilidade a alterações localizadas do sistema de transportes. Mudanças que afetem a acessibilidade relativa de uma zona face às demais alteram o potencial atrator desta zona, beneficiando-a na competição com o restante da área de estudo. No entanto, este tipo de modelo exige tanto um procedimento de calibração, como informações que descrevam a oferta de transportes, tanto para seu desenvolvimento quanto para sua aplicação. Adotou-se como base o modelo gravitacional de distribuição, incorporando-se ajustes específicos para os produtos do grupo 1, em que os locais de produção e atração são definidos e alguns dos produtos do grupo 2 (cana-de-açúcar, petróleo e gás, carvão mineral, minerais metálicos e não metálicos). Para o restante dos produtos do grupo 2 utilizaram-se como base as matrizes fornecidas pela FIPE.

A partir deste momento, é conhecido o padrão espacial da demanda por transporte para cada tipo de fluxo analisado, representado num conjunto de matrizes de distribuição da demanda ou de viagens. Estas são matrizes quadradas, de

dimensão igual ao número de zona de transporte (podendo incluir zonas externas à área de estudo).

Entre os métodos de fator de crescimento que garantem a consistência da matriz de distribuição estimada com a produção e atração de demanda por transporte em cada zona de transporte, os mais conhecidos são o método de Fratar e o de Furness. Entre estes, o método de Furness é o mais recente e eficiente do ponto de vista computacional, apesar de ambos produzirem resultados essencialmente equivalentes em termos de estimativas de fluxo.

#### **4.1 ABRANGÊNCIA SOCIOECONÔMICA, ESPACIAL E AMBIENTAL**

A proposição de projetos não é decorrência linear da análise de Cenário Macroeconômico Futuro, mas permeada por premissas que decorrem das análises econômicas e de transportes realizadas no contexto doméstico e internacional, além das exigências de sustentabilidade ambiental. A dimensão e a complexidade atingida pela economia e pela sociedade brasileira, associada ao nível de exigência de vinculação do País ao resto do mundo, permitem antecipar as premissas que devem diferenciar a abrangência do planejamento atual dos serviços de transporte, que persistem as mesmas do PNLT 2007 e que embasam as propostas ora recomendadas.

São elas:

- Requisitos regionais diversificados para a logística de transportes – A diversidade espacial brasileira de produção econômica confere diferentes aspectos na busca das vantagens competitivas:
  - Áreas onde os recursos naturais são abundantes e requisitados pelo país e externamente, mas ainda deficiente em eficiência operacional, incluindo transportes, como as fronteiras Oeste e Norte. Nessas áreas, com grandes distâncias e volumes de cargas, a intemodalidade se impõe como racionalização operacional e redução de custos;
  - Áreas onde recursos não naturais – pesquisa, mão de obra qualificada, etc. – criaram núcleos de maior intensidade tecnológica, mas cuja eficiência operacional encontra obstáculos, como as regiões metropolitanas e algumas capitais de estado. Nestas áreas há não só

gargalos de transportes, mas outras deficiências logísticas, institucionais, informáticas, etc. que dificultam a eficiência.; e

- Áreas deprimidas onde nenhum desses fatores ocorre, mas nas quais os transportes podem representar fator indutor.

Em cada uma delas a busca de maior valor agregado depende não só de transformações intrínsecas às cadeias produtivas, em termos de tecnologias de produtos, processos e escalas, mas também de requisitos de transportes diferenciados que diminuam custos aos mercados internos e externos. As áreas demandantes de maior expressão dos serviços de transporte diversificados são:

- A fronteira agrícola, que conseguiu alavancar os seus níveis de PIB per capita tendo a produção de grãos e de carnes como base econômica, de modo geral, os municípios do Centro–Oeste;
- Fronteira mineral como ilustra o Sudeste do Pará, onde está a Província Mineral de Carajás;
- Capitais e as áreas metropolitanas, em quase todas as Unidades da Federação, por ali se instalarem serviços administrativos e de lugar central de maior nível hierárquico para o atendimento de uma área de mercado expandida, além da industrialização, de maior ou menor expressão tecnológica.
- Tendência à concentração espacial econômica. Se o País conseguir consolidar as reformas econômicas e institucionais em andamento, ocorrerão novos ciclos de expansão na economia brasileira, intensivos em ciência e tecnologia na geração de diferentes produtos, processos e técnicas de gestão, que irão compor uma economia cada vez mais exposta à competição externa. Os novos padrões de localização dos projetos de investimentos que irão dar sustentação a estes ciclos de expansão, identificam que as vantagens relativas das regiões para atraí–los dependerão, relativamente, cada vez menos da disponibilidade de recursos naturais ou de mão–de–obra não qualificada em abundância (fatores locais tradicionais) e cada vez mais da existência de trabalhadores qualificados em permanente processo de renovação de conhecimentos, centros de pesquisa, recursos humanos especializados, ambiente cultural etc. (fatores locais não–tradicionais). Ao se

desconcentrarem nacionalmente, as atividades econômicas industriais se concentraram regionalmente em alguns poucos centros urbanos de cada macro-região. Dada a atual geografia de distribuição espacial destes fatores não-tradicionais entre as regiões brasileiras, há fortes sinalizações de que poderá ocorrer uma reconcentração espacial no Sul e no Sudeste do País, pressionando logísticas de transportes mais sofisticadas e ágeis nesses centros;

- Inserção na economia global – Na perspectiva dos agentes institucionais, esse ciclo expansionista caracteriza-se por uma maior aceleração dos investimentos (3,5% a.a.) e, principalmente, por uma orientação para o mercado externo, tanto pelo crescimento das exportações (6,0% a. a.) como também pelo crescimento das importações (6,9% a.a.). É digno de nota que a abertura comercial – medida pela soma das exportações e importações como porcentagem do PIB – se eleva constantemente no horizonte até 2023, partindo dos atuais 30% para quase 50% do PIB. Assim, constata-se uma tendência de destinação de uma parcela significativa dos ganhos de rendimento nesta fase para a aquisição de bens importados. De fato, o desenvolvimento relativamente baixo da indústria de bens de capital e da indústria de bens de consumo durável de alto conteúdo tecnológico na matriz produtiva nacional contribui para um re-direcionamento das pressões de demanda para o mercado internacional. Embora os setores de alta tecnologia se destaquem ao longo deste ciclo, esses resultados apontam que há espaço para um crescimento mais acentuado da produção nacional nas indústrias de base de conhecimento, embora as pressões de exportação e importação continuem altas, pressionando a eficiência das infra-estruturas de portos e seus acessos.
- Novos requisitos tecnológicos – As tendências econômicas mundiais de diminuição de estoques, evolução tecnológica nos processos produtivos com agregação de valor, globalização de empresas, ampliando escalas e novos produtos a partir de matérias primas básicas, trazem repercussão na concepção dos sistemas de transportes – logísticas integradas porta a porta, transportes de cabotagem e marítimo de alta capacidade, transformação tecnológica de combustíveis em função de restrições energéticas e ambientais – que exigem integração interna e externa das cadeias produtivas e maior

eficiência governamental na viabilização de infraestruturas de transportes, em termos de ampliação de investimentos, regulações institucionais, políticas públicas e adequações na matriz de transportes brasileira em termos modais e de combustíveis;

- Sustentabilidade ambiental – Recentes experiências de dificuldades na viabilização ambiental de projetos de infraestrutura reforçam a convicção de que o crescimento sustentável considera a variável ambiental como parceira da análise de viabilidade e na implementação de propostas, especialmente nas áreas de fronteira, onde os efeitos indiretos de infraestruturas concorrem para uma ocupação por vezes predatória.
- Integração da América Latina – As alianças econômicas do Mercosul, ALCA e acordos bilaterais com países latino americanos, onde as relações comerciais vêm se ampliando, colocam exigências na integração da infra-estrutura do Brasil com a dos outros países do continente, tanto por fatores econômicos, mas também pela necessidade de defesa das fronteiras face às ameaças de contrabando de armas e narcotráfico. A Iniciativa de Integração da Infra-estrutura Regional Sul-Americana – IIRSA é uma resposta efetiva a essa questão.

Com essas premissas, os esforços de definição do plano de transportes se voltaram para abranger:

- O atendimento das demandas diversificadas em termos socioeconômicos, porém considerando seus fortes vínculos com o planejamento territorial como fator preponderante de redução de disparidades e de indução ao crescimento, que propiciem ciclos de expansão econômica mais expressivos à nação, fortemente inserida no comércio mundial;
- A contribuição à exploração sustentável do meio ambiente; e
- A concretização de uma integração sul americana que dê suporte às alianças continentais.

A tarefa do Estado é captar, por meio de estudos embaixadores, as lógicas socioeconômicas vigentes e potenciais no espaço brasileiro, definindo “Vetores Logísticos” que se constituam, como o Plano se propõe a ser, em “indicativo” das

intervenções para as quais devem convergir os esforços que governo e sociedade, acima de fronteiras políticas e nacionais, para perseguir e alcançar um desenvolvimento em ciclos crescentes e sustentáveis.

A abrangência do PNLT 2010 não é apenas de âmbito nacional e internacional, mas também, como o anterior, abrange os Vetores Logísticos, espaços territoriais brasileiros onde há uma dinâmica socioeconômica mais “homogênea” sob o ponto de vista de produções, de deslocamentos preponderantes nos acessos a mercados e exportações, de interesses comuns da sociedade, de patamares de capacidades tecnológicas e gerenciais e de problemas e restrições comuns, que podem convergir para a construção de um esforço conjunto de superação de entraves e desafios. Embora esses espaços possam conter grandes heterogeneidades internas, eles representam uma repartição do território nacional sobre o qual podem ser construídas “bandeiras” em prol do desenvolvimento de suas potencialidades, acima das fronteiras regionais, estaduais ou municipais, tendo o fator de transportes um papel preponderante na estruturação física desse território do entorno.

Os Vetores Logísticos representam a partição interna do território brasileiro, para efeito do planejamento de transportes, mas insere-se no continente sul americano, com o qual o País estabelece relações diversas com vários países.

Com o desenvolvimento dos blocos comerciais regionais, as ligações terrestres com os países vizinhos continentais, notadamente os membros do Mercosul, agora ampliado, adquirem maior importância. Apesar disso, as longas distâncias no transporte terrestre (rodoviário, ferroviário ou hidroviário), entre os principais centros econômicos de cada País e a proximidade do oceano restringem a competitividade desses modos, frente à navegação marítima.

Estudos já desenvolvidos denominaram esses corredores inter-Países como “bioceânicos”, no sentido que pudessem interligar o Brasil ao Pacífico e, de outro lado, os países andinos ao Atlântico, concorrendo para a diminuição dos custos de acesso a mercados da Ásia e Extremo Oriente no primeiro caso e à Europa e África, no segundo. No entanto, a transposição da Cordilheira dos Andes por modais terrestres não tem se mostrado viável economicamente, frente aos transportes marítimos, embora o objetivo desses corredores seja a integração física sul-americana. Essa integração é importante para superar uma situação de grande atraso no sistema de transportes,

necessário para a crescente integração econômica das economias e sociedades do continente Sul. Assim, eles não são entendidos como “bioceânicos”, mas como “Vetores de Integração e Desenvolvimento Continentais”.

Dentro deste enfoque, estes vetores não se constituem propriamente em oportunidades de investimentos atrativos, mas compõem uma decisão política de estratégia de integração territorial do continente, que participam da IIRSA - Iniciativa para a Integração da Infraestrutura Regional da América Latina, fórum de discussão e implementação de propostas com esse objetivo.

Na definição dos Vetores Logísticos proposta para a organização espacial do País pelo PNLT 2007, as microrregiões homogêneas (zonas de transportes) foram agrupadas em função da superposição georreferenciada de diversos fatores representativos de suas características:

- Similaridades socio-econômicas;
- Perspectivas de integração e inter-relacionamento (a antiga noção de “corredores de transporte”);
- Funções de transporte, identificadas a partir da análise de isocustos em relação aos principais portos concentradores de carga do País;
- Impedâncias ambientais.

Dessa análise, resultaram os sete agrupamentos, a que se convencionou chamar de “Vetores Logísticos”, compostos por microrregiões agregadas segundo os fatores acima referidos, que permanecem neste PNLT 2010 (Figura 26):

- Amazônico;
- Centro-Norte;
- Nordeste Setentrional;
- Nordeste Meridional;
- Leste;
- Centro – Sudeste;e
- Sul.



Figura 26 – Vetores logísticos

## 4.2 COMPATIBILIZAÇÃO DA MODELAGEM MACROECONÔMICA E DE TRANSPORTES

A dimensão e a complexidade atingida pela economia e pela sociedade brasileira, associada ao nível de exigência de vinculação do País ao resto do mundo, permitem antecipar um ponto de ruptura entre os processos e métodos utilizados até hoje e as exigências que se desenham no futuro. Podem-se alinhar os seguintes pontos principais que diferenciam as características do planejamento atual dos serviços de transporte das observadas em períodos anteriores:

- No transporte de mercadorias:
  - A consideração dos aspectos logísticos correlatos aos serviços de transporte, sob os ângulos qualitativos e quantitativos;
  - O uso da intermodalidade e da multimodalidade, e os seus impactos sobre a matriz de transportes;

- As relações entre transporte e consumo de energia, sobretudo as provenientes de fontes não renováveis;
  - As relações entre transporte e proteção do meio ambiente;
  - A velocidade e a freqüência das mudanças tecnológicas nos domínios da tele informação, dos veículos, das técnicas construtivas, e da modelagem integrada de sistemas econômicos regionalizados e sistemas logísticos;
  - O grau de participação dos agentes privados e públicos, esses em diversos níveis, na formulação e legitimação do planejamento;
  - O monitoramento permanente do ambiente do setor de transportes e das premissas que fundamentaram as projeções da demanda de modo a se captar, de modo pronto, sinais, mesmo que fracos, de alteração dos valores e parâmetros utilizados;
  - A inserção do Brasil no processo de globalização com efeito sobre a ampliação do comércio exterior do Brasil;
  - A tendência a integração da infra-estrutura da América Latina como um todo e, em particular da América do Sul.
- No transporte de pessoas, além de alguns aspectos comuns aos serviços de transporte de mercadorias:
    - As difíceis condições de movimentação das populações nas áreas metropolitanas decorrentes da expansão demográfica e espacial dessas áreas e das interferências desses serviços sobre o uso comum da infra-estrutura para a movimentação de mercadorias;
    - A necessidade de se dimensionar e internalizar no planejamento os efeitos dos extraordinários custos dos acidentes nas rodovias brasileiras.

Ainda como elemento importante, cita-se a necessidade de remontagem e modernização de uma rede permanente de coleta e análise de dados básicos necessários para a elaboração e atualização dos planos de transporte. Essa rede terá a participação de todos os atores públicos e privados que se relacionam com o setor de

transporte e logística e deverá se beneficiar de todas as possibilidades abertas pelo uso da telemática e do funcionamento da rede mundial de computadores.

Levando em consideração tais fatores, a metodologia adotada no PNL T 2010 inicia-se por uma etapa onde são elaborados inventários e organização de dados que irão alimentar as modelagens econômicas e de transportes.

O cenário tendencial futuro expôs o quadro de oferta e demanda dos diversos produtos nas regiões, em termos de produção, consumo, transações internas e exportações, para os produtos e cadeias diversos. Como produto final geraram-se projeções de variáveis econômicas, baseadas em hipóteses sobre o comportamento de agregados macroeconômicos, mudanças tecnológicas e de preferências, projeções demográficas, alterações no cenário internacional e informações sobre a tendência dos investimentos setoriais/regionais para 55 setores e 110 produtos desagregados em micro regiões. O resultado final dessa modelagem, se traduz na montagem de matriz de déficits e superávits (relações de produção e consumo) entre as microrregiões homogêneas, expressos em valores monetários, para cada produto analisado, para os anos-horizonte do estudo.

Neste PNL T 2010 a modelagem econômica aprofunda a espacialização do corte setorial, necessária para o melhor entendimento dos fluxos geradores de demanda por serviços de transportes. O estudo disponibiliza a espacialização sistemática da produção brasileira, destacando-se os padrões espaciais da oferta e demanda, com seu dimensionamento, além do detalhamento das transações internas, para os 80 produtos da matriz de insumo–produto do IBGE.

A análise espacializada destas cadeias produtivas, em que se considerou a interdependência produtiva dos agentes relevantes, gerou subsídios para a modelagem dos transportes. Com base nessas informações altamente detalhadas sobre a produção setorial e regional, caracteriza-se um quadro esperado de oferta e demanda microrregional. São oferecidas informações, para cada um dos produtos, para as seguintes variáveis:

- VBP – valor bruto da produção;
- Vendas externas – exportações para mercado externo;
- Vendas internas – oferta (vendas) para o mercado interno;

- Compras internas – demandas (compras) de produtos domésticos.

Na seqüência, este cenário tendencial econômico é traduzido em matrizes de demanda por modo (ou combinação de modos) de transporte, desagregadas por tipo de fluxo (produtos relevantes, autos ou ônibus) e realiza-se a interação entre a oferta – representada através de redes de transporte modais – e a demanda – sintetizada nas matrizes de viagens, já transformada em deslocamentos de pessoas, toneladas de produtos ou veículos transportando pessoas ou bens. Foi utilizado o clássico modelo de simulação de transporte de quatro etapas: geração, distribuição, divisão modal e alocação.

As etapas de geração e distribuição, mais associadas à modelagem da demanda por transportes, apoiaram-se nos resultados do cenário tendencial econômico. As projeções de oferta e demanda microrregional foram insumos fundamentais para a montagem das matrizes de origem e destino (O–D) para os anos de análise futuros.

Na busca de formas e métodos para compatibilizar bases e premissas utilizadas pelos estudos econômicos e pelos estudos de transportes, foram criados grupos de produtos compatíveis, em termos de transportes, pelo estabelecimento de uma relação entre “valor monetário da carga” e “toneladas transportadas”.

Para tanto inicialmente qualificaram-se os produtos da matriz FIPE (classificação do CNAE), em cinco grupos com características similares no que tange a transporte de cargas onde se leve em consideração detalhes como:

- Forma de comercialização e distribuição dos produtos;
- Tipo de movimentação e portabilidade das cargas;
- A cada elo de uma cadeia produtiva, novos processos alteram a relação entre tonelada e valor monetário, transportados: novos valores de produção e impostos são agregados e novas “portabilidades” de carga podem requerer outras alternativas de modais, etc; e
- Disponibilidade de informações confiáveis.

Com esses critérios estabeleceu-se 5 grupos de produtos:

### **Grupo 1**

Produtos elencados pelo critério de valor bruto de produção pela FIPE com possibilidade de elaboração de matriz OD pelo critério de planejamento de transporte regional de carga, tais como complexo da soja, milho, siderúrgicos, combustíveis, etc. Para estes produtos foi utilizado o balanço de ofertas x demandas devidamente localizadas em diferentes fontes.

### **Grupo 2**

Produtos elencados pelo critério de valor bruto de produção segundo metodologia adotada pela FIPE com possibilidade de dimensionamento da produção, mas sem precisão para elaboração de matriz OD pelo critério de planejamento de transporte regional de carga, em função da dispersão dos locais de consumo destes produtos e pela carência de bases de dados, tais como leite, café, farinha de trigo, etc. Pela carência de bases de dados, foi identificadas apenas a localização da produção e seus respectivos volumes, pela análise setorial. Já para obtenção dos locais e quantificação do consumo, foram utilizadas as matrizes da FIPE.

### **Grupo 3**

Produtos elencados pelo critério de valor bruto de produção apurado pela FIPE, mas que aglutinam várias mercadorias. Para este grupo foi desenvolvida uma análise de seus componentes com o intuito de verificar se o valor e/ou o volume de cada produto individualmente, pode ser dominante, distorcendo assim os resultados da matriz de transportes gerados pelo modelo, para reenquadramento para os grupos 2 ou 4. Como atualmente a carga geral é predominantemente transportada no modal rodoviário, seu carregamento pode ser considerado como a diferença entre o volume total de caminhões na malha rodoviária e aqueles utilizados para transporte dos produtos considerados relevantes (produtos classificados nos grupos 1 e 2).

### **Grupo 4**

Produtos elencados pelo critério de valor bruto de produção pela FIPE, com grande dispersão de produção e/ou consumo não permitindo análises setoriais, tais como eletrodomésticos, laticínios, tecelagem, perfumaria, etc

### **Grupo 5**

Itens elencados pelo critério de valor, mas que não demandem transporte, tais como eletricidade, intermediação financeira, aluguel de imóveis, etc.

As etapas de divisão modal e alocação, mais associadas à modelagem da oferta de transportes e de seus custos, se apoiaram em dados e parâmetros derivados de pesquisas de campo e estudos anteriores.

Estas interações entre ofertas e demandas são modeladas para a situação atual (calibração do modelo) e depois para os anos horizontes futuros do Plano, utilizando-se das variáveis fornecidas pela modelagem econômica.

Com esta perspectiva, foi montada uma base nacional de dados sobre produção, logística e transporte, e suas inter-relações, sobre a qual foram aplicadas ferramentas computacionais, permitindo criar cenários produtivos especializados para o País e estimar a demanda associada por serviços de transporte, considerando a intermediação logística.

Resultou uma modelagem estratégica multimodal e multiproduto, permitindo a simulação dos fluxos e custos de transporte, de todas as origens a todos os destinos, e levando em conta efeitos de substituição e complementaridade entre mercados especializados.

O confronto entre ofertas atuais e demandas futuras pela modelagem identifica os gargalos e elos faltantes que se constituirão em projetos candidatos ao Portfólio de Investimentos global.

A alocação dos projetos no tempo – curto, médio e longo prazo – foi definida pela Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL). Com as informações sobre os benefícios econômicos e os investimentos necessários relativos a cada ano horizonte, pode ser estabelecido o fluxo de caixa relativo a cada empreendimento, inserindo-o nos anos em que eles sejam mais rentáveis.

## **5 CUSTOS OPERACIONAIS**

## **5 CUSTOS OPERACIONAIS**

No caso do sistema rodoviário, os custos operacionais são calculados utilizando-se a ferramenta VOC – Vehicle Operating Costs, que é parte do modelo HDM-III (Highway Design and Maintenance Model), desenvolvido pelo Banco Mundial, para auxiliar o gerenciamento de pavimentos de rodovias. O VOC foi desenvolvido através de uma extensa pesquisa de campo, realizada em grande parte no Brasil, e permite a determinação das componentes fixas e variáveis dos custos operacionais por km de diferentes modelos de veículos.

O MANTRA utiliza parâmetros relacionados às características da rodovia (tipo de superfície, IRI – Índice Internacional de Irregularidade, curva horizontal média, superelevação média, número de pistas etc) e às características do veículo (custo do combustível, velocidade média, custo do pneu novo, custo dos lubrificantes etc). Além disso, há diversas outras variáveis de entrada que somam aproximadamente setenta no total, entretanto para uma parte delas podem ser adotados os valores recomendados pelo programa na ausência de valores mais acurados.

Dessa forma, foram extraídos do VOC custos operacionais para os veículos considerados (automóvel, ônibus e caminhão) para os diversos “tipos de link” rodoviários cadastrados no MANTRA.

Para os outros modos físicos, foram analisados os custos operacionais das concessionárias ferroviárias e operadores hidroviários, de acordo com seus balanços, além da análise direta como consumo de combustível, manutenção, mão-de-obra, entre outros.

### **5.1 A MATRIZ DE TRANSPORTES E OS CUSTOS LOGÍSTICOS NO BRASIL**

A matriz de transporte brasileira depende, preponderantemente, do modo de transporte rodoviário. Em valores aproximados, a rodovia responde pela movimentação de 58% dos fluxos de carga (se excluído o transporte de minério de ferro, esta participação supera 70%) e por 95% dos passageiros no País. A participação do modo ferroviário atinge 25% e as hidrovias 13% das cargas, restando aos modos dutoviário e aéreo, participações em torno de 3,6% e 0,4%, respectivamente.

Independentemente das razões históricas e econômicas que concorreram para a consolidação deste panorama, a análise do que ocorre em outros países comparáveis ao Brasil, revela que a dependência da economia brasileira do modo de transporte rodoviário é muito forte e implica em custos logísticos significativamente altos.

A Tabela 2 apresenta dados referentes à matriz de transportes em alguns países de grande dimensão territorial e em outros de dimensão bem inferior à do Brasil. A comparação destes dados demonstra claramente o relativo desequilíbrio da matriz brasileira de transportes de cargas e evidencia também que a utilização de ferrovias e hidrovias é vantajosa para transportes a distâncias médias e grandes, que são pouco relevantes nos países de menor dimensão territorial.

**Tabela 2** – Matriz de transportes – comparativo internacional (em % do total)

PAÍSES	RODOVIA	FERROVIA	HIDROVIA
Rússia	8	81	11
Estados Unidos	32	43	25
Canadá	43	46	11
Austrália	53	43	4
<b>Brasil</b>	<b>58</b>	<b>25</b>	<b>17*</b>
Áustria	49	45	6
México	55	11	34
Alemanha	72	15	14
França	81	17	2

Fonte: ANTT – 2005

Essa conformação da matriz de transporte brasileira se traduz em desvantagens comparativas em termos de competitividade internacional de seus produtos de exportação, na medida em que eleva os seus custos de transporte e impacta, negativamente, os custos logísticos totais.

Nesse particular, cabe ressaltar que, em estudo do Banco Mundial, elaborado por J. Guasch consta que, no Brasil, os custos logísticos representam, em média, 20% do valor do Produto Interno Bruto (PIB).

Essa participação é uma das mais elevadas, quando comparada com os dados de um conjunto de países com maior ou menor dimensão econômica do que o Brasil, conforme pode ser verificado na Tabela 3, extraído do mesmo estudo.

**Tabela 3 – Custos de logística em % do PIB**

<b>País</b>	<b>% do PIB</b>
Peru	24,0
Argentina	21,0
Brasil	20,0
México	18,0
Irlanda	14,2
Singapura	13,9
Hong Kong	13,7
Alemanha	13,0
Taiwan	13,0
Dinamarca	12,8
Portugal	12,7
Canadá	12,0
Japão	11,3
Holanda	11,3
Itália	11,2
Reino Unido	10,6
Estados Unidos	10,5

Fonte: Banco Mundial (estudo citado)

De outro lado, sabe-se que, em termos médios, os custos de transporte representam uma parcela da ordem de 31,8% dos custos logísticos (vide Tabela 4), conforme medições realizadas que demonstram a importância de sistemas de transporte eficientes para o desenvolvimento econômico.

**Tabela 4** – Estrutura de custos logísticos

Item	%
Administração	20,5
Armazenagem	19,0
Estoque	18,7
Trâmites legais	10,1
Transporte	31,8
<b>Total</b>	<b>100,0</b>

Fonte: Banco Mundial (estudo citado)

Ainda em relação a custos logísticos e custos de transporte no Brasil, é interessante registrar informações contidas no "Report No. 16361–BR – Brazil Multimodal FreightTransport: Selected Regulatory Issues – October 15, 1997 – Finance Private Sector and Infrastructure", realizado pelo Banco Mundial. Neste estudo, afirma-se que a importância relativa dos custos de transporte para a competitividade das exportações brasileiras está aumentando rapidamente, estimando-se que os custos logísticos evitáveis, no caso do comércio externo envolvendo contêineres, atinjam a mais de US\$ 1.2 bilhão anuais.

No plano interno, a competitividade inter-regional também é prejudicada pelos elevados custos logísticos, o que afeta o desenvolvimento econômico das regiões mais atrasadas e/ou situadas na fronteira agrícola – Norte e Nordeste –, em decorrência de opções de transporte inadequadas até então disponíveis. Ainda segundo o mesmo estudo do BIRD, as perdas associadas a esse tipo de problema se elevam, anualmente, a mais de US\$ 1.3 bilhão.

Portanto, estima-se, de maneira conservadora, que os custos logísticos evitáveis, caso a matriz de transportes do Brasil fosse mais equilibrada, seriam da ordem de US\$ 2.5 bilhões por ano, evidenciando que a racionalização dos custos de transportes pode produzir efeitos significativamente benéficos sobre o componente mais expressivo dos custos logísticos, haja vista que, sob certas condicionantes e para determinados fluxos de carga, os fretes hidroviários e ferroviários, podem ser 62% e 37% mais baratos do que os fretes rodoviários.

O balanceamento dessa matriz, cujo planejamento vem sendo objeto da atenção do Governo requer uma série de medidas institucionais e o aporte de

significativos investimentos. Contudo, ainda assim, uma alteração significativa na participação das diversas modalidades na produção de transporte de bens não poderá ser atingida em curto prazo, haja vista que, para tal, seriam necessários vultosos investimentos públicos em curto espaço de tempo, o que se mostra incompatível com o atual quadro econômico–financeiro do País.

Assim, sem prejuízo do estabelecimento de metas ousadas para assegurar a ampliação da participação das demais modalidades na matriz de transporte brasileira, em especial com a implantação de novos segmentos ferroviários em regiões de fronteira agrícola e com a realização de obras de melhoramentos que permitam o uso mais intensivo das principais hidrovias, os vetores prioritários de um programa de revitalização da infraestrutura de transportes do País deverão ser a recuperação exaustiva da atual malha rodoviária federal e a sua expansão moderada, tendo em vista o papel essencial que o transporte rodoviário ainda continuará a desempenhar na mobilidade de bens e pessoas por muitos anos.

## **6 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA DO SIG-T**

## 6 DESCRIÇÃO DA BASE DE DADOS GEORREFERENCIADA DO SIG-T

A estruturação lógica e conceitual da base de dados georreferenciada do SIG-T partiu da consideração dos termos atribuídos ao processo de modelagem dos sistemas de transporte, após ampla e profunda discussão com os técnicos do MT e consultores.

A versão final da estrutura do banco de dados georreferenciado do SIG-T e atualmente já implementado no sistema é constituído por um subconjunto de dados, divididos em Dados de Oferta, Dados de Demanda e Dados de Custos.

### 6.1 DADOS DE OFERTA

Agregam os arquivos referentes às tabelas de atributos e objetos geográficos da disponibilidade de transporte dos diversos modais no País. Os arquivos são divididos nas seguintes categorias:

- **Sistema Viário:** representa o conjunto de arquivos/atributos dos modais rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário, aeroviário e multimodal (agrega todos os vetores da oferta de transporte).
  - Aeroviário: distribuição especial dos aeroportos, aeródromos e conexões aéreas nacionais e internacionais;
  - Aquaviário: distribuição espacial das principais bacias e sub-bacias hidrográficas, eclusas, reservatórios, portos e terminais;
  - Dutoviário: distribuição espacial do sistema dutoviário e refinarias do Brasil;
  - Ferroviário: distribuição das linhas e estações ferroviárias do Brasil;
  - Multimodal: detalhamento das feições geográficas dos links bem como das informações físicas da rede multimodal, composta pelos diversos modos de transporte;
  - Rodoviário: distribuição das rodovias de segmentos homogêneos, segundo o PNV.
- **Sistema de Energia Elétrica:** representa o conjunto de arquivos/atributos compostos por linhas de transmissão, subestações, usinas de carvão, de combustível (coque petróleo) e hidrelétricas.

- Linhas de Transmissão: distribuição espacial das linhas de transmissão no Brasil
- Subestações: distribuição espacial das subestações no Brasil
- Usinas: distribuição espacial das usinas de carvão, de combustível e hidrelétricas no Brasil
- **Objetos Logísticos:** As informações sobre “objetos logísticos” representam pontos logísticos na rede de transportes, considerados de relevante interesse para o aprimoramento da base de dados.
  - Armazéns de grãos: localização espacial dos armazéns de grãos no Brasil;
  - Balanças de pesagem veicular: localização espacial das balanças de pesagem veicular no Brasil;
  - Indústrias esmagadoras de soja: localização espacial das indústrias esmagadoras de soja no Brasil;
  - Postos de Polícia Rodoviária Federal: localização espacial dos Postos da polícia rodoviária federal no Brasil;
  - Portos Secos: localização espacial dos Portos Secos da Receita Federal
  - Postos de pesquisa de veículos: localização espacial dos postos de pesquisa veicular no Brasil;
  - Praças de pedágio: localização espacial das praças de pedágio no Brasil;
  - Usinas de Álcool: localização espacial das principais usinas de álcool no Brasil.
- **Modelagem:** Os dados de modelagem representam atributos resultantes das diversas análises (simulações) realizadas para o sistema de transportes, através de softwares específicos, considerando as demandas do PNLT para qualificação da rede de transportes. Algumas subclasses da modelagem:
  - Capacidade: para o caso rodoviário, a capacidade corresponde ao maior número de veículos que podem ser acomodados em uma via;
  - Carregamentos: tabelas que contém o valor de carregamento, obtido através da simulação de uma determinada alternativa do portfólio. Os dados são fornecidos de acordo com o modo de usuário e anos projetados, para cada um dos projetos considerados;

- Fluxos: são dados de contagens de tráfego, donde se pode obter o número de veículos que trafegam por um determinado ponto de uma rodovia;
- Níveis de Serviço: para o modo rodoviário, são disponibilizadas medidas qualitativas que estabelecem uma função entre a velocidade desenvolvida na via e a relação entre o volume de tráfego e a capacidade da via.

## 6.2 DADOS DE DEMANDA

Nesta divisão encontram-se as informações sobre produção, divisão político-administrativa e características ambientais no Brasil e, ainda, as informações socioeconômicas.

- **Dados Físicos:** correspondem aos arquivos que delimitam as divisões político-administrativas e os zoneamentos nas diversas escalas geográficas no Brasil, bem como a divisão política de países. Esta classe é composta por:
  - Internacional: correspondem à divisão política dos Países e às grandes cidades da América do Sul.
  - Nacional: correspondem à divisão política nacional e pontos referentes às capitais, sedes municipais e localidades.
    - Regiões: Divisão política das regiões do Brasil;
    - Unidades da Federação: Divisão política dos estados do Brasil;
    - Mesoregiões: Divisão política das mesoregiões do Brasil;
    - Microregiões: Divisão política das microrregiões do Brasil;
    - Municípios: Divisão política dos municípios do Brasil;
    - Sede de Municípios e Capitais: Localização das sedes dos municípios e capitais do Brasil.
  - Vetores Logísticos: correspondem à divisão nacional resultante das análises do PNLT, com base das características ambientais, econômicas e sociais.
- **Relevo:** caracterizam a topografia (curvas hipsométricas e pontos cotados) e a batimetria (curvas batimétricas e pontos cotados). Representarem variáveis para a mensuração do nível de serviço (hipsometria) e caracterização portuária (batimetria).
  - Pontos e Curvas Batimétricos: Pontos e curvas batimétricos por município

- Pontos Cotados e Curvas Hipsométricas: Pontos cotados por município e curvas hip hipsométricas
- **Meio Ambiente:** as informações sobre meio ambiente caracterizam a rede hídrica, e as unidades de conservação ambiental (unidades de conservação e terras indígenas). Representarem variáveis de influência direta em diversos projetos de infraestrutura de transportes.
  - Recursos Minerais: localização das jazidas de minerais exploradas.
  - Bioma e Vegetação: principais classes de cobertura vegetal do Brasil e diferentes ecossistemas;
  - Recursos Hídricos (Hidrografia): representação de todos os rios principais e secundários do Brasil;
  - Unidade de Conservação: conjunto das unidades de uso sustentável e proteção integral Federal, estadual e algumas municipais, terras indígenas e outras unidades.
- **Dados Socioeconômicos:** caracterizam os aspectos de população e PIB no Brasil e demografia mundial.
  - PIB: valores municipais do PIB (Produto Interno Bruto);
  - População: distribuição da população dos municípios no Brasil.
- **Dados de Transporte:** apresentam informações sobre carga aeroviária e portuária.
  - Carga aeroviária: corresponde aos valores totais de fluxo de passageiros, transporte de carga e correios, bem como as rotas nacionais e internacionais;
  - Carga portuária: distribuição por ano da carga total transportada em tonelada por cada porto/terminal.
- **Dados de Produção:** apresentam sobre macroeconomia (demanda e exportação).

### 6.3 DADOS DE CUSTO

Nesta divisão encontram-se as informações sobre produção, divisão político-administrativa e características ambientais no Brasil e, ainda, as informações socioeconômicas.

- **Custos Tarifários:** Os dados referentes a custos tarifários agregam as informações sobre tarifas de passageiros e tarifas com transporte de cargas;
- **Custos Operacionais:** Os custos operacionais representam os gastos agregados segundo tipo de via e veículo, considerando aspectos como: depreciação, remunerações não previstas e serviços de gerenciamento de risco;
- **Custos de Investimentos:** Representam os gastos mensurados com o advento de novos projetos, e reformas necessárias para a melhoria dos sistemas de transporte.

Ao longo de todo o processo de aquisição de conhecimento a cerca de todos os dados disponíveis para serem integrados à base de dados georreferenciada do SIG-T, e após profunda análise dos diferentes tipos de dados, provenientes de diversas fontes, a estrutura apresentada, baseada nos estudos de planejamento de transportes, resultou em uma melhor organização e apresentação dos dados.

Cabe salientar que a contínua atualização dos arquivos, à medida que sejam disponibilizados pelos órgãos competentes, bem como a agregação deles à base de dados do SIG-T é de suma importância para a manutenção da base de dados atualizada, sempre sob a responsabilidade da equipe técnica. Essa equipe deve ser continuamente treinada e ter uma rotina de ações periódicas a serem feitas para se verificar a consistência do banco de dados, o coração do sistema.

## **7 VISÃO GERAL DA INTERFACE DO SISTEMA SIG-T**

## 7. VISÃO GERAL DA INTERFACE DO SISTEMA SIG-T

O sistema SIG-T foi concebido e desenvolvido baseado na metodologia apresentada detalhadamente no capítulo 1 do presente documento. Suas telas têm um *layout* simples, permitindo que usuário, desde aquele com acesso externo a um técnico de nível mais avançado, possam obter as informações desejadas, seja através de consultas por mapas ou de consultas aos metadados.

Para ter acesso ao sistema, é necessário que sejam fornecidos o nome do usuário e sua senha de acesso, que devem ter sido previamente cadastrados no sistema, através de um técnico que tenha o perfil de administrador do banco de dados. De acordo com o tipo de acesso fornecido através da senha, o usuário pode apenas consultar os dados do sistema, gerando mapas, ou pode ter permissão para fazer alterações, inclusões e exclusões de dados (Figura 27).

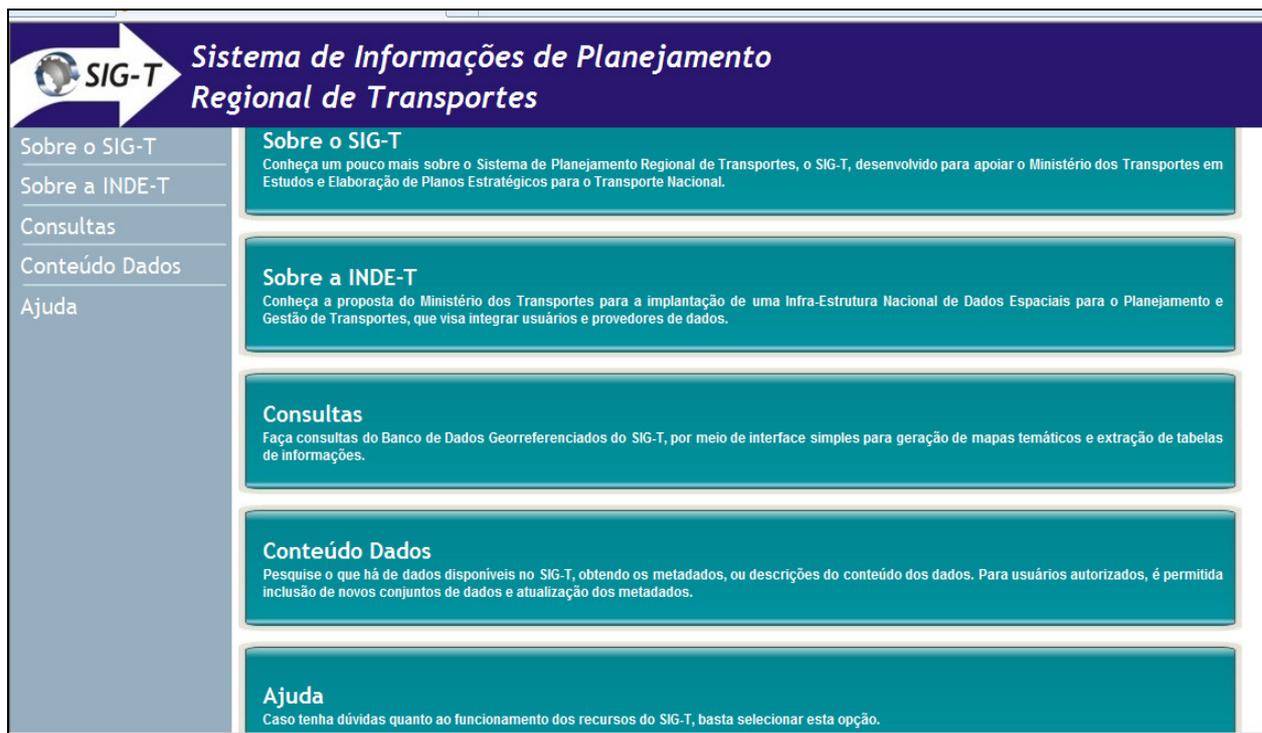


Figura 27 – Tela inicial do SIG-T

## 7.1 O MENU PRINCIPAL DO SIG-T

A tela principal do sistema apresenta um menu com cinco opções:

- Sobre o SIG-T;
- Sobre a INDE-T;
- Consultas;
- Conteúdo de Dados;
- Ajuda.

### 7.1.1. Opção <Sobre o SIG-T>

Aqui é apresentado um texto explicativo sobre o SIG-T com um resumo de suas funcionalidades (Figura 28).

**Sistema de Informações de Planejamento Regional de Transportes**

**O PLANEJAMENTO REGIONAL DE TRANSPORTES**

O planejamento de intervenções públicas e privadas no setor de transportes insere-se na consecução de metas socioeconômicas e ecológicas, rumo ao desenvolvimento sustentável. Neste contexto, as decisões dentro do planejamento de transportes devem estar embasadas em modelos de análise abrangentes, capazes de avaliar diferentes alternativas através de múltiplas iterações.

A complexidade e o volume de informações necessárias ao suporte de modelos de análise adequados, que permitam a constante reavaliação de metas e objetivos, exige que estas atividades estejam apoiadas num sistema de informações ágil e robusto, que integre os dados originados nas várias entidades relacionadas com o planejamento regional de transportes no Governo Federal.

Para que o planejamento de transporte ocorra de modo efetivo, é necessária a constituição de uma base de dados compartilhada por usuários e provedores do MT e instituições ligadas, tanto em termos de manutenção das informações como no uso destas.

O SIG-T deve estar preparado para a criação de uma futura INDE-T, por meio da adoção das normas e padrões de IDE. A concepção do SIG-T prevê o processo de manutenção e uso de informações pela interação com os provedores e usuários das informações e uso de metadados e interoperabilidade, dentro da filosofia de Infra-Estrutura de Dados Espaciais.

**O SIG-T**

O SIG-T tem sua estrutura baseada em um conjunto de componentes devidamente organizados, compreendendo um Banco de Dados Georreferenciados (BDG) e ferramentas de consulta, manutenção e análise, as quais visam atender aos diferentes perfis de usuários envolvidos nas atividades de planejamento. Estes componentes e respectivos relacionamentos e agentes envolvidos são ilustrados no diagrama abaixo:

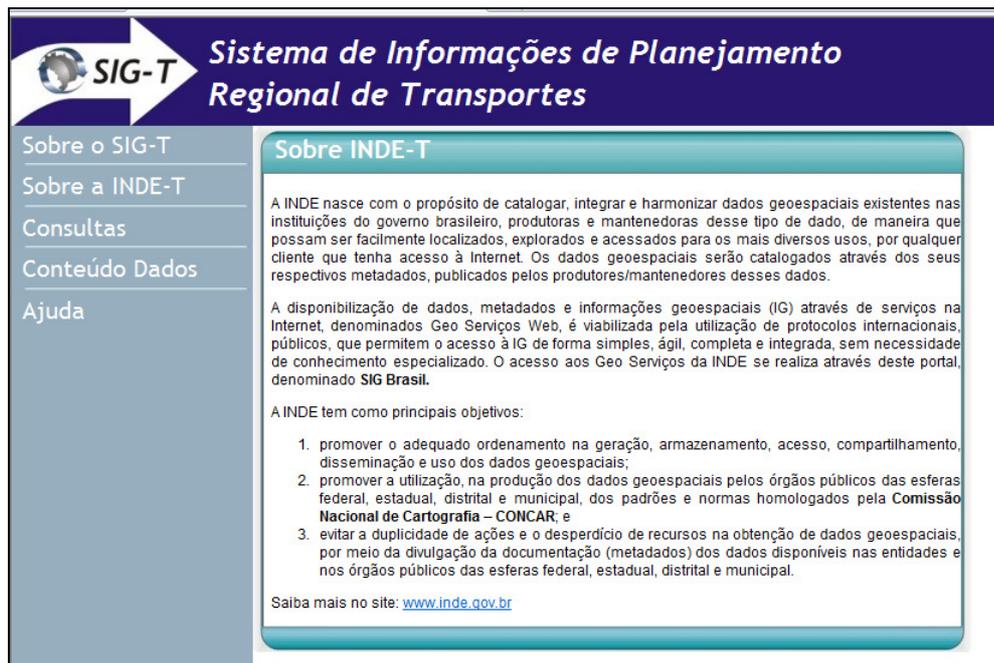
Diagrama de Fluxo:

```
graph TD
    INDE_T[INDE-T] --> UG[Usuário Gestão]
    UG --> MC[Manutenção e Consulta de Metadados]
    UG --> BDG[BDG - Banco de Dados Georreferenciados]
    UG --> MAC[Modulo de Consulta e Análise Temática Espaciais]
    MC --> BDG
    BDG --> MAC
```

Figura 28 – Tela do SIG-T da opção <sobre o SIG-T>

### 7.1.2. Opção <Sobre o INDE-T>

Nesta opção, é apresentada uma breve descrição sobre a INDE-T, Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (Figura 29).



**Figura 29** – Tela do SIG–T da opção <sobre a INDE–T>

### 7.1.3. Opção <Consultas>

O Módulo de Consultas tem por objetivo disponibilizar o acesso aos dados contidos no Banco de Dados Georreferenciado na forma de mapas ou tabelas. Podem ser criadas novas consultas ou se ter acesso a consultas previamente salvas.

As consultas previstas resultam em mapas temáticos ou tabelas de dados e suas funcionalidades, entre outras, incluem:

- Combinação de camadas geográficas no mesmo mapa;
- Associação de dados às camadas geográficas ou georreferenciadas;
- Seleção de camadas e dados através de estrutura hierárquica de temas;
- União de dados de tabelas físicas distintas em uma única visão de dados ou mapa;
- Consulta de séries históricas (valores que variam ao longo do tempo) na forma matricial.
- Produção de mapas temáticos customizados dos dados geo–referenciados, exigindo–se o mínimo de comandos;

- Filtro de ocorrências dos dados (registros), por meio de condições lógicas e/ou critérios geográficos;
- Possibilidade de customização de mapas através de definição de ordem de apresentação, de estilos e rótulos e para tabelas (visões) de dados, através de colunas de interesse, ordem de apresentação e título;
- Disponibilidade de comandos para navegação no mapa, através de ampliação e redução de escala e deslocamento. (Figura 30)



**Figura 30** – Tela do SIG-T da opção <consultas>

Ao optar por uma nova consulta, o usuário é direcionado para uma tela (Figura 29), onde deve ser selecionado, o grupo (tema) de camadas geográficas que fará que fará parte da consulta. (Figura 30).

Uma vez definido o tema, devem ser selecionadas as camadas disponíveis para este tema (Figura 31).

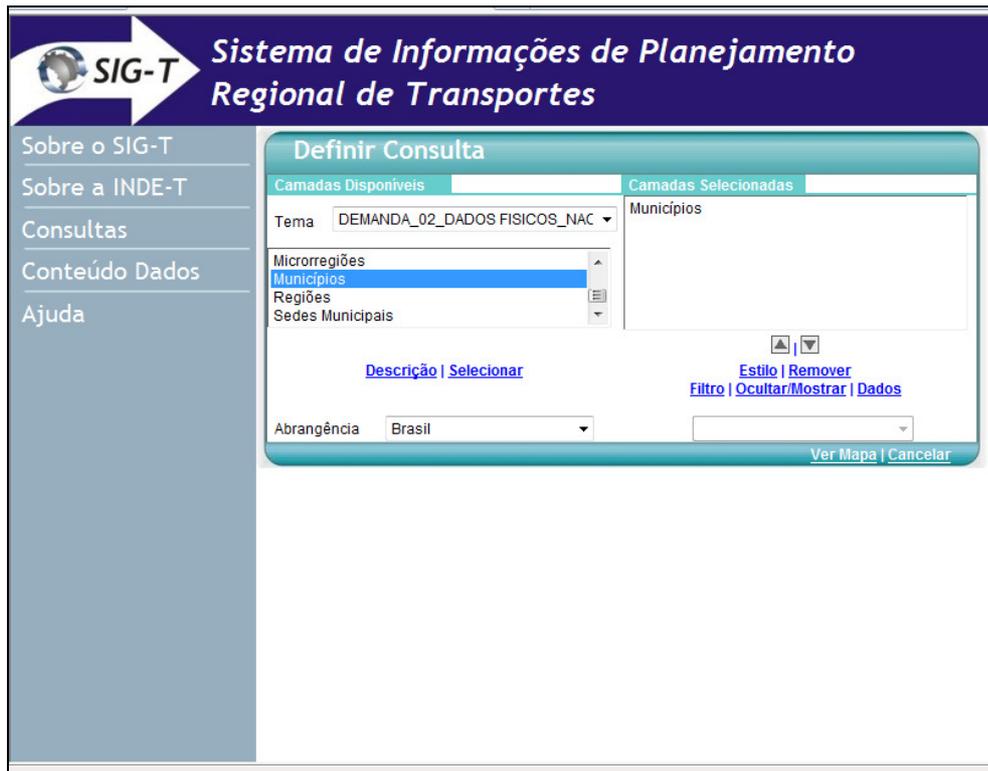


Figura 31 – Tela do SIG-T da opção <consultas> – seleção de camadas

Para cada camada seleccionada, o usuário pode definir quais os dados de interesse de cada camada geográfica seleccionada (Figura 32).

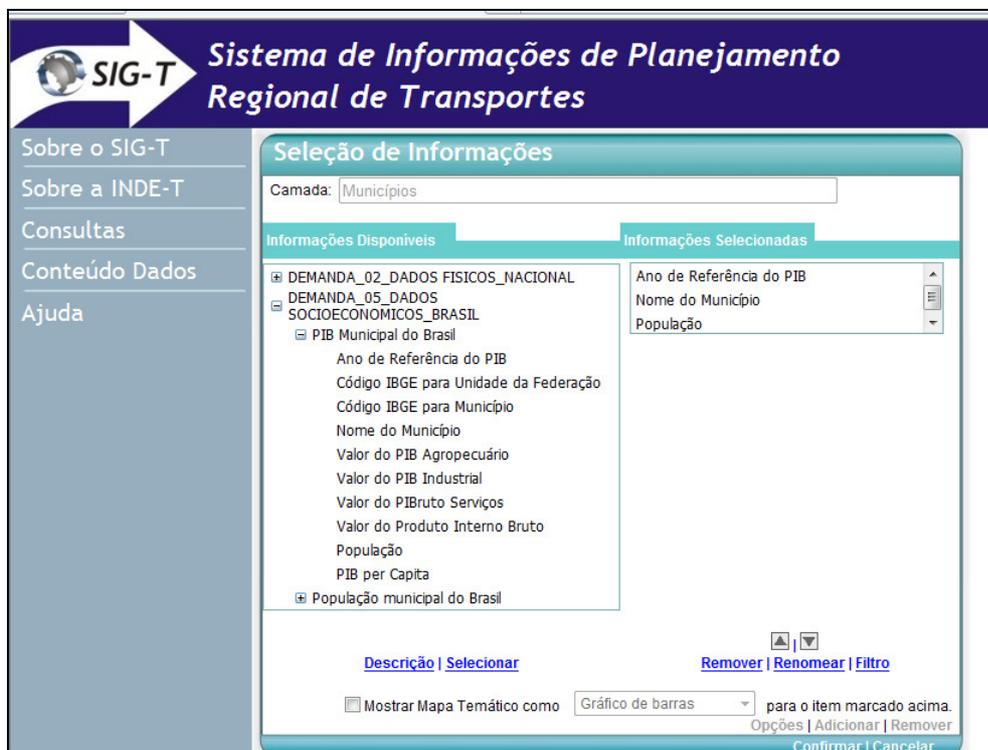
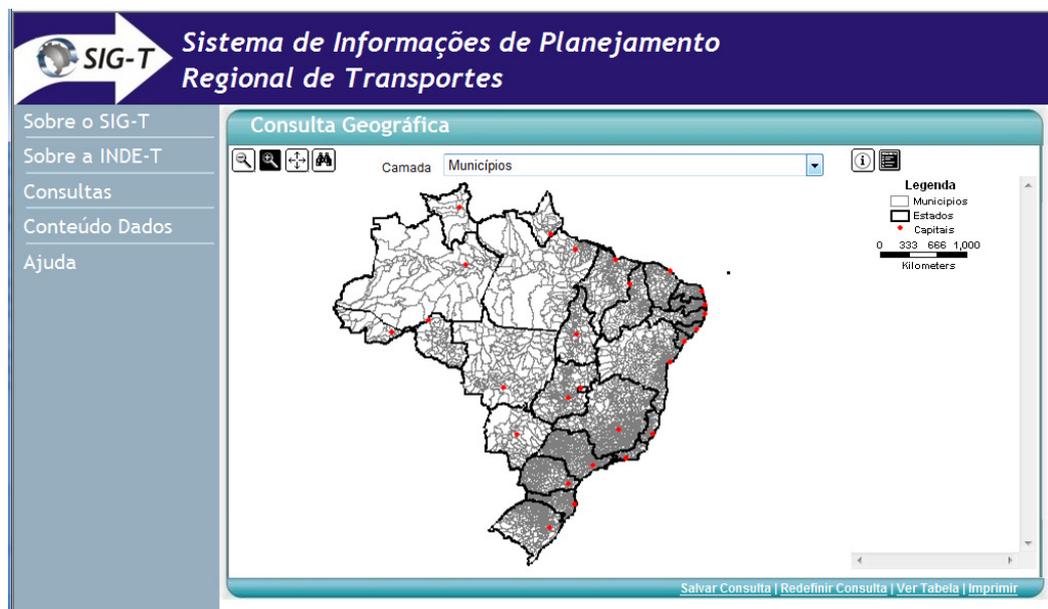


Figura 32 – Tela do SIG-T da opção <consultas> – seleção de campos por camada

Com estes recursos, a construção de uma consulta envolve os seguintes passos:

- Seleção de camadas do mapa;
- Seleção de dados de interesse para consulta, referente a cada camada;
- Definição de estilo de apresentação das camadas;
- Seleção de ocorrências (filtro) dos registros de interesse, baseada em condições lógicas com relação aos dados selecionados ou por critério geográfico, com relação espacial a outras camadas;
- Definição de mapas temáticos para representar graficamente (setores, barras, cores, etc.) qualquer dado ou conjunto destes, selecionados sobre o mapa;
- Navegação no resultado, através dos comandos de movimento, ampliação e redução da escala do mapa, busca e obtenção de informações sobre elementos específicos. Também visualizar os resultados na forma tabular, como uma planilha com os dados resultantes da consulta;
- Imprimir ou gravar os resultados alcançados (Figura 33).



**Figura 33** – Tela do SIG-T da opção consultas/visualizar mapas

#### 7.1.4. Opção <Conteúdo de Dados>

O conteúdo de dados refere-se à definição dos dados de metadados. Quando esta opção é acionada, são apresentados cinco sub-menus: Conjunto de Dados, Temas, Fontes, Métodos de Obtenção e Manutenção.

- **Conjunto de Dados:** nesta opção, são listados todos os metadados de cada conjunto de dados cadastrado no SIG-T. Um detalhamento maior desta tela pode ser visto na Figura 34. É possível cadastrar um novo conjunto de dados e fornecer todas as informações necessárias para o preenchimento completo do respectivo metadados.

The screenshot shows the 'Conjuntos de Dados' (Data Sets) screen in the SIG-T system. The interface includes a navigation menu on the left with options like 'Sobre o SIG-T', 'Sobre a INDE-T', 'Consultas', 'Conteúdo Dados', 'Conjunto de Dados', 'Temas', 'Fontes', 'Métodos de Obtenção', 'Manutenção', and 'Ajuda'. The main area displays a table of data sets with columns for 'Conjunto', 'Tipo', 'Tema', 'Ano', and 'Fonte'. A search filter is visible at the top of the table area.

Conjunto	Tipo	Tema	Ano	Fonte
<a href="#">Acessos</a>	—	OFERTA_05_SIST. VIARIO_MULTIMODAL	2010	DNIT/LOGIT
<a href="#">Aeródromos</a>	*	OFERTA_01_SIST. VIARIO_AEROVIARIO	2010	INFRAERO
<a href="#">América do Sul</a>	🏠	DEMANDA_01_DADOS FISICOS_INTERNACIONAL	2010	IBGE
<a href="#">Área protegidas não pertencentes ao SNUC</a>	🏠	DEMANDA_12_MEIO AMBIENTE_UNIDADES DE CONSERVACAO A	2010	IBAMA
<a href="#">Armazéns de Grãos</a>	*	OFERTA_09_OBJETOS LOGISTICOS_PONTOS DE CONEXAO	2009	EMBRAPA
<a href="#">Bacias Hidrográficas</a>	🏠	OFERTA_02_SIST. VIARIO_AQUAVIARIO	2010	ANA
<a href="#">Balancas Moveis e Fixas</a>	*	OFERTA_09_OBJETOS LOGISTICOS_PONTOS DE CONEXAO	2009	DNIT/Balanpas
<a href="#">Barragens e Eclusas</a>	—	OFERTA_02_SIST. VIARIO_AQUAVIARIO	2010	ANTAQ/DNIT/ANEEL
<a href="#">Biomas nacionais</a>	🏠	DEMANDA_09_MEIO AMBIENTE_BIOMAS E VEGETACAO	2010	IBAMA/Outros
<a href="#">Capacidade</a>	—	OFERTA_10_MODELAGEM_CAPACIDADE	2010	LOGIT/Transcod

Figura 34 – Tela do SIG-T da opção <conteúdo dados/conjunto de dados>

Para visualizar o detalhe contendo todas as informações referentes a um determinado conjunto de dados, basta pressionar no título do conjunto desejado, presente na coluna “Conjunto” da lista de conjuntos de dados, conforme mostrado, em detalhe, na Figura 35.

Conjunto	Tipo	Tema	Ano	Fonte
<input type="checkbox"/> <a href="#">Acessos</a>	—	OFERTA_05_SIST. VIARIO_MULTIMODAL	2010	DNIT/LOGIT
<input type="checkbox"/> <a href="#">Aeródromos</a>	⊗	OFERTA_01_SIST. VIARIO_AEROVIARIO	2010	INFRAERO
<input type="checkbox"/> <a href="#">América do Sul</a>	⬠	DEMANDA_01_DADOS FISICOS_INTERNACIONAL	2010	IBGE
<input type="checkbox"/> <a href="#">Área protegidas não pertencentes ao SNUC</a>	⬠	DEMANDA_12_MEIO AMBIENTE_UNIDADES DE CONSERVACAO A	2010	IBAMA
<input type="checkbox"/> <a href="#">Armazéns de Grãos</a>	⊗	OFERTA_09_OBJETOS LOGISTICOS_PONTOS DE CONEXAO	2009	EMBRAPA
<input type="checkbox"/> <a href="#">Bacias Hidrográficas</a>	⬠	OFERTA_02_SIST. VIARIO_AQUAVIARIO	2010	ANA
<input type="checkbox"/> <a href="#">Balanças Moveis e Fixas</a>	⊗	OFERTA_09_OBJETOS LOGISTICOS_PONTOS DE CONEXAO	2009	DNIT/Balanças
<input type="checkbox"/> <a href="#">Barragens e Eclusas</a>	—	OFERTA_02_SIST. VIARIO_AQUAVIARIO	2010	ANTAQ/DNIT/ANEEL

Figura 35 – Detalhe da tela do SIG-T da opção <conteúdo dados/conjunto de dados>

A Figura 36 surge quando o usuário seleciona quaisquer um dos conjuntos de dados. Todas as informações já cadastradas para esse conjunto de dados podem ser consultadas e/ou alteradas. A opção Objeto Geográfico e Tabela de Dados, ao serem marcadas, direcionam o usuário para duas novas telas com as informações pertinentes (Figuras 36 e 37).

**Sistema de Informações de Planejamento Regional de Transportes**

**Conjunto de Dados**

Título: América do Sul  
 Descrição: Divisão política para alguns países da América do Sul

Objeto Geográfico  
 Tabela de Dados

Data de Inserção: 29/11/2010 Registrado no Metadados em: 29/11/2010  
 Data de Produção: 15/01/2010 Data de Referência: 01/01/2010

Responsável por: Administrador  
 Obtenção dos Dados: BIT-Banco de Inform. e Mapas em Transp.

Metadados: Administrador  
 Tema: DEMANDA\_01\_DADOS FISICOS\_INTERNACIONAL  
 Fonte: IBGE

Mídia: Arquivo via E-mail Formato: Caliper Database  
 Idioma: Português Permissão de Acesso: Acesso livre

Método de obtenção: -  
 Abrangência: -  
 Processamento: -  
 URL de Acesso On-Line: -

Disponível para consulta

Palavras Chaves | Confirmar | Cancelar

Figura 36 – Tela do SIG-T da opção <conteúdo dados/conjunto de dados>

Os campos Objeto Geográfico e Tabela de Dados, ao serem marcados, direcionam o usuário para duas novas telas com as informações pertinentes (Figuras 37 e 38).

**Objeto Geográfico**

Título: América do Sul

Descrição: Divisão política para alguns países da América do Sul

Tipo: Vetorial Representação: Área

Agregação de:

Implementação: Demanda\DBD\AmericaSulPaise Escala: 1:2.500.000

Sistema de Referência/Coordenadas: SIRGAS2000 (Latitude/Longitude)

Estilo | Confirmar | Cancelar

Figura 37 – Tela do SIG-T da opção <conjunto de dados/objeto geográfico>

Na tela de Objeto Geográfico (Figura 38), as informações referem-se à localização física do arquivo da base geográfica, bem como o tipo de representação (ponto, linha, área), escala e sistema de referência adotado.

**Tabela de Dados**

Título: América do Sul

Descrição: Divisão política para alguns países da América do Sul

Arquivo Independente

Embutido no Objeto Geográfico

Georreferenciado a: América do Sul

Atributo Identificador:

Série Temporal pelo Atributo

Atributos Relacionados: Código do País (padrão ONU), Nome do País

Incluir | Excluir

Confirmar | Cancelar

Figura 38 – Tela do SIG-T da opção <conjunto de dados/objeto geográfico>

Na tela de Tabela de Dados (Figura 38), são cadastrados os atributos (campos) de cada arquivo, seja ele do tipo objeto geográfico ou tabela independente.

- **Temas:** nesta opção, são listados todos os temas já cadastrados. Esses temas são utilizados para agrupar os diferentes conjuntos de dados sob o mesmo grupo, quando adequados. Dessa maneira, um tema Dados Físicos

Nacional, poderia agrupar os arquivos geográficos contendo as divisões políticas de município, estados, mesorregiões e ,microrregiões brasileira, por exemplo (Figura 39).



Figura 39 – Tela do SIG–T da opção <conjunto de dados/temas>

- **Fontes:** nesta opção, são listados todos as fontes de dados (órgão ou entidade produtora de documento) já cadastrados (Figura 40). Cada conjunto de dados deve ter uma fonte associada.

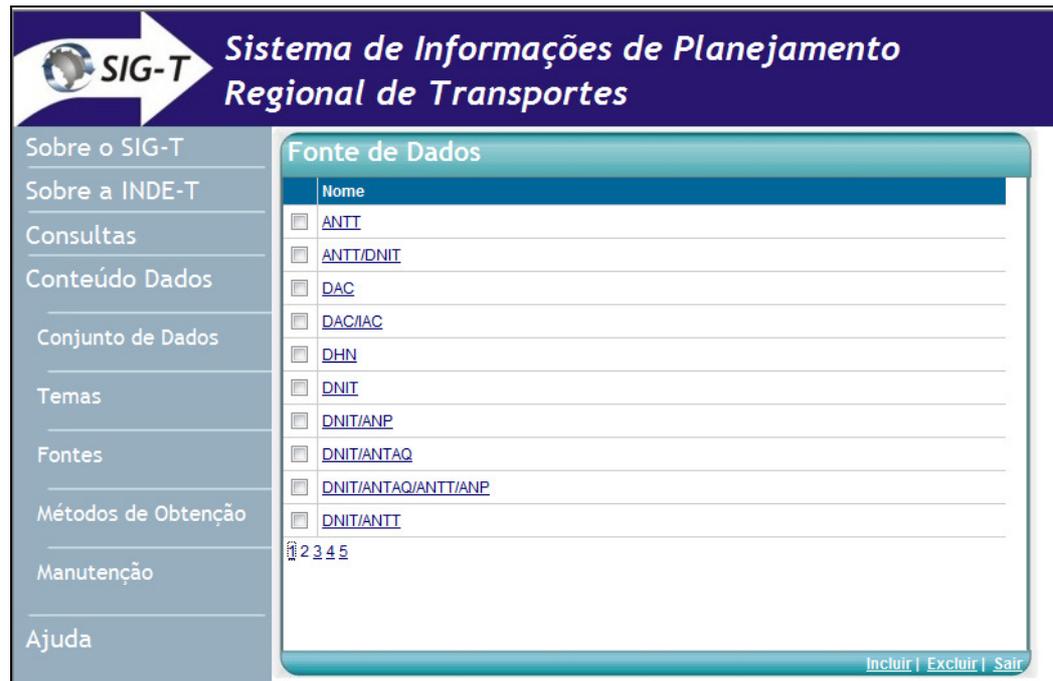


Figura 40 – Tela do SIG-T da opção <conjunto de dados/fontes>

- **Métodos de Obtenção:** nesta opção, são listados todos os métodos de obtenção utilizados para se obter os dados cadastrados.
- **Manutenção:** nesta opção são oferecidos recursos ao Administrador da Base de Dados para verificar a consistência dos dados, excluir dados temporários e incluir/excluir usuários.

Neste capítulo, foi apresentada uma visão geral da interface do SIG-T. Maiores informações sobre como utilizar o sistema SIG-T podem ser obtidas no Manual do Usuário do SIG-T, presente no Anexo V do volume 8.