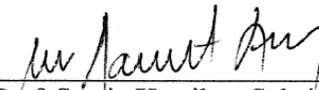


ANÁLISE ESTRUTURADA DAS DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL E A INTERDEPENDÊNCIA COM A FUNÇÃO TRANSPORTE:
PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ORIENTAR DECISÕES ESTRATÉGICAS NA
IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS PRIORITÁRIOS PARA A INFRA-ESTRUTURA DE
TRANSPORTE NO BRASIL

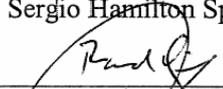
Renaud Barbosa da Silva

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO
DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO
DO GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA OCEÂNICA

Aprovada por:



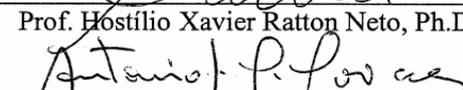
Prof. Sergio Hamilton Sphaier, Dr. Ing.



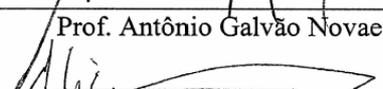
Prof. Raad Yahya Qassim, Ph.D.



Prof. Hostilio Xavier Ratton Neto, Ph.D.



Prof. Antônio Galvão Novaes, Ph.D.



Prof. Alexandre Linhares, Ph.D.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL
ABRIL DE 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

SILVA, RENAUD BARBOSA

Análise estruturada das dimensões do desenvolvimento sustentável e a interdependência com a função Transporte: proposta de metodologia para orientar decisões estratégicas na implantação de projetos prioritários para a infra-estrutura de transporte no Brasil. [Rio de Janeiro] 2008.

XVI, 217 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc. Engenharia Oceânica, 2008)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Infra-estrutura de transportes
2. Métodos qualitativos e quantitativos
3. Análise multicritério

I. COPPE/UFRJ II. Título (série)

*À minha mulher, companheira e amiga Mírian, e a todos da família,
que sempre acreditaram que eu poderia chegar a qualquer lugar
a partir de uma crença alicerçada no amor.*

*À minha filha Claudinha, orgulho amado da minha vida
e as minhas meninas Clara e Paula.*

Ao Ronald, pelo incentivo e confiança.

Ao Dé, que está em todos os oceanos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, de forma especial, à professora Maria Aparecida Cavalcanti Netto, pela orientação segura e sempre presente, que levou-me a descobrir caminhos que julgava conhecer.

Agradeço a todos os professores da COPPE com os quais tive o privilégio de conviver e receber ensinamentos da mais alta qualidade.

Ao pessoal da Secretaria do Programa de Engenharia Oceânica da COPPE, particularmente na pessoa da Secretária D. Glace Farias da Costa, pela ajuda, atenção e carinho sempre presentes.

Aos meus colegas e amigos de doutorado Luiz Miguel Miranda e Sérgio Magalhães, que ouviram minhas indagações e as esclareceram com seus conhecimentos e experiências em engenharia de transportes.

Ao professor Sérgio Hamilton Sphaier, por sua decidida contribuição para que se tornasse possível a apresentação deste trabalho.

Aos amigos de sempre, minha eterna gratidão.

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

ANÁLISE ESTRUTURADA DAS DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL E A INTERDEPENDÊNCIA COM A FUNÇÃO TRANSPORTE:
PROPOSTA DE METODOLOGIA PARA ORIENTAR DECISÕES ESTRATÉGICAS
NA IMPLANTAÇÃO DE PROJETOS PRIORITÁRIOS PARA A INFRA-
ESTRUTURA DE TRANSPORTE NO BRASIL

Renaud Barbosa da Silva

Abril/2008

Orientadora: Maria Aparecida Cavalcanti Netto

Programa: Engenharia Oceânica

Este trabalho desenvolve-se em três vertentes. Em primeiro lugar, são examinadas as dimensões do desenvolvimento sustentável e as questões que o relacionam com as necessidades do Estado brasileiro, com ênfase na infra-estrutura de transporte. A partir de premissas decorrentes desse exame, são avaliados métodos de análise multicritério que podem ser aplicados para a definição e escolha de projetos que contribuam para a implantação de uma infra-estrutura de transporte eficiente e eficaz, necessária para a criação e expansão de condições para o atendimento às demandas sociais e aos requisitos de conservação ou de mitigação dos fatores agressivos ao meio ambiente. Em segundo lugar, como resultado da avaliação realizada, foi proposto um procedimento baseado em métodos tradicionais – Delphi, Topsis e AHP, testado em condições reais do ambiente de transporte no Brasil, permitindo orientar decisores na formulação estratégica a respeito de projetos de infra-estrutura de transporte, correspondendo esta aplicação à terceira vertente do trabalho.

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

ANALYSIS OF STRUCTURED DIMENSIONS OF SUSTAINABLE
DEVELOPMENT AND TRANSPORTATION RESOURCES: PROPOSAL FOR
STRATEGIC DECISIONS METHODOLOGY TO DETERMINE PRIORITIES ON
CHOOSING PROJECTS FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN BRAZIL

Renaud Barbosa da Silva

April/2008

Advisor: Maria Aparecida Cavalcanti Netto

Department: Ocean Engineering

This thesis is presented in three parts. Firstly, the dimensions of the sustainable development and the issues related to Brazilian national requirements - with emphasis on transport infrastructure - are brought to analysis. Based on this review, Multi-Criteria Decision Making - MCDM standards methods of analysis are evaluated as tools that, applied to defining and choosing projects, would contribute to establish an efficient and effective transport infrastructure, which is necessary to create and extend the conditions to attend social demands and requirements for the conservation or the mitigation of the environment's damaging factors. Secondly, as the result of the evaluation, a proposition of a procedure is presented based on traditional methods - Delphi, TOPSIS and AHP - and tested in the actual conditions of the Brazilian transportation environment, which would guide decision makers through the formulation of strategic actions on transport infrastructure projects. The application of such procedure would correspond to the third part of this thesis.

INDICE

AGRADECIMENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
CAPÍTULOS	
1. Introdução	1
2. Dimensões do desenvolvimento sustentável e a função transporte	11
2.1. Crescimento econômico e desenvolvimento	11
2.2. A economia globalizada e a cadeia de suprimento	17
2.3. Planejamento e a infra-estrutura de transporte	20
2.4. Transporte e comércio exterior	30
2.5. Custos logísticos e investimentos em infra-estrutura de transporte	38
2.6. Transporte e meio ambiente	48
2.7. Conclusão sobre a análise das dimensões do desenvolvimento sustentável.....	61
3. Métodos aplicáveis na definição de prioridades em projetos de infra-estrutura de transporte	62
3.1. Considerações gerais sobre métodos de avaliação.....	62
3.2. Evolução dos métodos multicritério	65
3.3. Comentários e detalhes sobre métodos multicritério.....	66
3.4. Método Delphi.....	69
3.5. Método TOPSIS (<i>Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution</i>).....	74
3.6. Método de Análise Hierárquica - AHP	80
3.7. Método Multiatributo Utilitário (<i>Multi Attribute Utility Theory</i>).....	85
3.8. Outras abordagens multicritério aplicadas a problemas de transporte.....	87
3.9. Método dos Impactos Cruzados.....	88

3.10 Método SEARCH.....	92
3.11 Análise comparativa entre dois métodos de avaliação.....	95
3.12. Conclusão sobre a análise dos métodos.....	102
4. Procedimento para a definição de prioridades na execução de projetos de infraestrutura de transporte	105
4.1. Premissas adotadas	105
4.2. Métodos selecionados para a montagem do procedimento	106
4.3. Fundamentação teórica para a definição do procedimento.....	108
4.3.1. Aplicações AHP/ <i>Fuzzy</i> + TOPSIS	108
4.3.2. Aplicações AHP + TOPSIS	109
4.4. Justificativa para a escolha do procedimento	111
4.5. Procedimento	113
4.5.1. Levantamento dos dados brutos para execução do procedimento	114
4.5.2. Definição de ponderações para as alternativas	119
4.5.3. Avaliação final	122
4.5.4. Relatório com as propostas	122
4.6. Conclusão quanto à definição do procedimento.....	122
5. Aplicação do procedimento	123
5.1. Planejamento e delimitação da pesquisa	123
5.2. Dados preliminares e definição dos instrumentos de pesquisa	124
5.2.1. Instrumentos para a pesquisa de campo	124
5.2.2. Coleta de dados	124
5.2.3. Aplicação do questionário tipo 1	125
5.2.4. Processamento dos dados da etapa 1	125
5.3. Aplicação do TOPSIS clássico	127
5.3.1. Seleção do número de empreendimentos para avaliação	127
5.3.2. Aplicação do questionário tipo 2	127
5.3.3. Processamento dos dados e determinação dos coeficientes de prioridade.....	128

5.4. Aplicação parcial do AHP	134
5.5. Aplicação do TOPSIS com elementos do AHP	140
5.6. Aplicação de Impactos Cruzados – IC.....	144
5.7. Análise dos resultados.....	147
6. Conclusão, visões prospectivas e recomendações para desenvolvimento do tema	154
7. Referências	158

APÊNDICES

Apêndice A – Questionários para pesquisa de campo

Apêndice B – Levantamento de projetos prioritários

Apêndice C – Matrizes e dados processados pelo TOPSIS clássico

Apêndice D – Matrizes e dados processados pelo TOPSIS/AHP

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Matriz de Transporte, 2005	29
Figura 2.2 – Matriz de transporte projetada, 2023	29
Figura 2.3 – Custos logísticos como porcentagem do PIB	40
Figura 2.4 – Atividades, funções e componentes inter-relacionados com a infra-estrutura de transporte	44
Figura 2.5 – Realização do Orçamento de Investimentos, Ministério dos Transportes 1998-2007	47
Figura 2.6 – Componentes de mudança climática	49
Figura 2.7 – Emissão de CO ₂ da queima de combustíveis fósseis pelos maiores emissores e pelo Brasil, em milhões de toneladas	55
Figura 2.8 – Taxas comparadas do crescimento econômico e da emissão de CO ₂ entre Brasil e China	56
Figura 3.1 – Procedimentos básicos do Método Delphi	71
Figura 3.2 – Curvas de indiferença no TOPSIS	77
Figura 3.3 – Resultados do programa SMIC	91
Figura 3.4 – Processo de formulação estratégica (SEARCH)	93
Figura 3.5 – Variáveis que caracterizam o SEARCH	94
Figura 3.6 – Procedimento para a aplicação do Delphi e do SMIC	99
Figura 4.1 – Fluxograma geral do procedimento	114
Figura 4.2 – Árvore hierárquica para avaliação dos projetos	116
Figura 5.1 – Menu principal do <i>software</i> SITOP	131
Figura 5.2 – Matriz principal do SITOP	132
Figura 5.3 – Matriz AHP teórica	136
Figura 5.4 – Modelo da matriz AHP com os atributos de avaliação	136
Figura 5.5 – Matriz AHP para o Arco Rodoviário RJ – processamento EC	138
Figura 5.6 – Resultados obtidos para o Arco Rodoviário RJ – processamento EC.....	139

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Modelo de Rostow: estágios do desenvolvimento econômico	24
Tabela 2.2 – Principais categorias de produtos exportados entre abril de outubro de 2006 e setembro de 2007	25
Tabela 2.3 – Programa de Aceleração do Crescimento, 2007 – 2010	28
Tabela 2.4. – Estimativa de custo de transporte interno e externo, por modo	30
Tabela 2.5. – Evolução do volume e da produção mundiais de mercadorias	31
Tabela 2.6 – . Comércio Mundial entre 2003 e 2005	34
Tabela 2.7 – Custos logísticos associados no comércio internacional	39
Tabela 2.8 – Investimentos em infra-estrutura de transporte previstos até 2023	46
Tabela 2.9 - Emissões mundiais de dióxido de carbono oriundas de queima de gases e de combustíveis fósseis, em milhares de toneladas métricas, 2001-2005	54
Tabela 2.10 – Emissão de CO ₂ pela queima de combustíveis fósseis	58
Tabela 2.11 – Emissões de CO ₂ dos combustíveis fósseis pelo setor Transporte no período 1990-1994, em Gg (equivalente a 10 ³ t)	58
Tabela 2.12 – Estimativa de emissão de CO ₂ dos combustíveis fósseis pelo setor Transporte em 2005, valores em milhões de toneladas	59
Tabela 2.13 – Emissão de CO ₂ /TKU por modo de transporte	60
Tabela 3.1 – Matriz de decisão multicritério	68
Tabela 3.2 – Matriz básica do AHP	81
Tabela 3.3 – Coeficientes randômicos em relação à ordem <i>n</i> de matrizes	83
Tabela 3.4 – Escala de julgamento de SAATY	84
Tabela 4.1 – Índices de consistência em função da ordem <i>n</i> de matrizes	121
Tabela 5.1 – Resultados da pesquisa sobre atributos	125
Tabela 5.2 – Levantamento geral dos empreendimentos propostos	126

Tabela 5.3 – Graus de concordância para avaliar afirmativas	128
Tabela 5.4 – Ponderações dos atributos para aplicação do TOPSIS	129
Tabela 5.5 – Empreendimentos processados pelo TOPSIS	133
Tabela 5.6 – Empreendimentos prioritários avaliados por TOPSIS com coeficiente maior que 0,50	135
Tabela 5.7 – Empreendimentos com as respectivas ponderações AHP	137
Tabela 5.8 – Empreendimentos prioritários avaliados por TOPSIS/AHP	141
Tabela 5.9 – Ponderações médias, por grupo da infra-estrutura de transporte	142
Tabela 5.10 – Empreendimentos prioritários avaliados por ponderações médias	142
Tabela 5.11 – Comparação de prioridades TOPSIS, TOPSIS/AHP	143
Tabela 5.12 – Matriz IC aplicada na avaliação do Arco Rodoviário RJ	145
Tabela 5.13 – Matriz IC aplicada na avaliação do Porto de Itaqui – MA	146
Tabela 5.14 – Comparação entre ponderações TOPSIS e TOPSIS+AHP	149

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Impactos ambientais na Grã-Bretanha	51
Quadro 5.1 – Atributos definidos para a avaliação das prioridades dos projetos	126
Quadro 5.2 – Afirmativas para avaliação TOPSIS	128

DEFINIÇÃO DE SIGLAS E OUTROS TERMOS

AHP - *Analytical Hierarch Process*

ALICE-Web – Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior, da Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC)

ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários (www.antaq.gov.br)

ANTT – Agência Nacional de Transportes Terrestres (www.antt.gov.br)

ATT – *Advanced Transport Telematics*

AVANÇA BRASIL – ação estratégica correspondente ao Plano Plurianual de Investimentos para o período 2002-2003, elaborado a consolidar a estabilidade econômica com o desenvolvimento sustentado.

BIRD – Banco Internacional para a Reconstrução e Desenvolvimento/Banco Mundial (www.worldbank.org)

CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e Caribe (www.eclac.org)

COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (www.coppe.ufrj.br)

CORSIM – (Microscopic Traffic Simulation Model), software para simulação de tráfego, em ruas e em rodovias. Possui diversas versões, sendo a 5.0 a mais recente

DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de transportes (www.dnit.gov.br)

EIA – *Energy International Administration* (www.eia.doe.gov)

ELECTRE - *Elimination et Coix Traduisant la Réalité*

EXPERT CHOICE – software para resolver matriz AHP (www.expertchoice.com)

FIPE - Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (www.fipe.org.br)

GEIPOT – Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (www.geipot.gov.br), criado em 1965 e posto em liquidação em 1992, com a reestruturação do setor de transportes no Brasil

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate*

INTERAX – Método de avaliação desenvolvido em 1980, que incorpora os conceitos do impacto cruzado.

KSIM – simulador desenvolvido por J.Kane, na década de 50, aplicável na análise de impactos cruzados

LÓGICA FUZZY – ou lógica nebulosa, baseada na teoria dos conjuntos *Fuzzy*, contraria a lógica tradicional binária. Na lógica *Fuzzy* as avaliações requerem mais a observação do comportamento das variáveis do que sua medição exata, os graus de verdade variam de 0 a 1, ou seja, podem ser parcialmente falsos ou parcialmente verdadeiros.

MADM - *Multi-Attribute Decision Making*

MAUT - *Multi Attribute Utility Theory*

MCDM - *Multi-Criteria Decision-Making*

COM - *Multi-Criteria Optimization*

OECD – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (<http://www.oecd.org>)

OMC – Organização Mundial do Comércio (www.wto.org)

ONU – Organização das Nações Unidas (www.un.org)

PAC – Plano de Aceleração do Crescimento (www.planejamento.gov.br)

PAEG – Plano de Ação Econômica do Governo

PED – Programa Estratégico de Desenvolvimento

PIB – Produto Interno Bruto

PNLT – Plano Nacional de Logística de Transportes

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (www.pnud.org.br)

PROMETHEE - Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation

TOPSIS - *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*

UNEP - *United Nations Environment Programme*

SEARCH - *Scenario evaluation and analysis through repeated cross impact handling*

SIAFI - Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal.

SMIC - *Cross Impact Systems and Matrices*

TEU - Contêiner padrão de 20 pés de comprimento, empregado como referência para estabelecer capacidades de navios, de movimentação em portos e para estatísticas em geral com relação a cargas containerizadas.

TKU – tonelada por quilômetro útil ou efetivamente transportada

VIKOR – método desenvolvido para resolver problemas MCDM, semelhante ao Topsis. Tem como foco a avaliação e classificação de alternativas conflitantes a partir da proximidade com uma solução ideal.

WMO - *World Meteorological Organization*

WSM - *Weighted Sum Model*

WPM - *Weighted Product Model*

1. INTRODUÇÃO

Crescimento e desenvolvimento representam o grande desafio para que o Brasil seja incluído, efetivamente, no contexto da economia globalizada e dessa forma se tornar um de seus beneficiários. Um dos vetores-chave nesse processo é a existência de uma infraestrutura de transportes compatível com as exigências dos mercados interno e externo, em termos de sustentabilidade e competitividade. O propósito desta tese é oferecer uma contribuição para que formuladores de políticas (*policy-makers*) e tomadores de decisão (*decision-makers*) possam dispor de um instrumento metodológico que os auxilie na escolha de projetos destinados à implantação de uma infra-estrutura de transporte que seja, ao mesmo tempo, eficiente, eficaz, e efetiva.

FERREIRA (1986, p. 1703) afirma que a função transporte consiste no “*ato ou efeito de transportar, de levar de um lugar para outro*”, enquanto que a infra-estrutura, geralmente é, “*parte inferior de uma estrutura*” (idem, p. 945)”. Com efeito, transporte é o termo genérico e a infra-estrutura correspondente é o conjunto de meios e facilidades de transporte necessário ao atendimento das demandas logísticas de determinada estrutura; no caso o Brasil.

O sistema de transporte, caracterizado pela conexão intermodal, pela mobilidade e por um conjunto de externalidades, é algo complexo, na medida em que impacta as finanças públicas. Todos os elementos desse sistema se inter-relacionam e são influenciados pela política de transporte. Assim, é essencial que se analise o relacionamento entre infra-estrutura, mobilidade e crescimento (DIDIER e PRUD’HOMME 2007).

Crescimento e desenvolvimento devem, igualmente, ser conceituados. O primeiro está relacionado à acumulação de riqueza nacional em função da utilização dos diversos fatores de produção, segundo uma formulação teórica entre as inúmeras que foram desenvolvidas, desde Adam Smith. Seu indicador mais conhecido é o PIB – Produto Interno Bruto, geralmente empregado como referência para correlacionar dados macro e microeconômicos. Parâmetros, como política cambial, carga tributária, *superávit* em

conta corrente, taxa de juros, comércio exterior, poupança e dívida interna, taxa de desemprego, entre outros, também podem ser empregados para determinar o crescimento de uma economia. O desenvolvimento, por sua vez, pode ser conceituado, genericamente, como resultante do uso continuado e consistente do produto obtido pelas operações realizadas no país.

A CEPAL – Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe, da ONU, sintetiza a diferença entre crescimento e desenvolvimento, ao conceituar o primeiro como “expansão quantitativa da economia” e o segundo como “mudança qualitativa positiva, envolvendo distribuição de renda e avanços sociais” (BURSZTYN, 2001, p.163). Da mesma forma, CASTRO (1993, p. 36) afirma que “não há desenvolvimento se a alma do povo estiver mergulhada no desânimo e na apatia. A população deve ter um instinto de progresso”. Eis um ponto a ser aprofundado quando se discute forma de atendimento a demandas sociais, particularmente quando se avaliam os limites que devem ser adotados para uma política assistencialista voltada para a redução da pobreza.

Assim, desenvolver um país significa intervir nos mais diversos setores da sociedade, por meio de ações como: (a) distribuição da renda nacional pela via do pleno emprego e de ações sociais compensatórias; (b) implantação e continuidade de políticas educacionais em todos os seus níveis; (c) acesso universal aos serviços de saúde, educação, transporte, comunicações, energia e segurança pública; (d) formulação de políticas industriais, comerciais e agrícolas que suportem os objetivos estratégicos nacionais; (e) preservação ambiental; e (f) manutenção de padrões éticos e de justiça igualitários, ágeis e eficazes em todos os níveis de Estado. A esse conjunto de amplo espectro pode-se atribuir a denominação de desenvolvimento sustentável.

A preservação ambiental como grande vetor do desenvolvimento sustentável foi o principal tema abordado pela 62ª Assembléia Geral da Organização das Nações Unidas – ONU, realizada em 2007, representando uma sinalização quanto à necessidade de se atribuírem ações proativas nesse aspecto a todos os países, respeitadas as diferenças entre os respectivos níveis de desenvolvimento.

Em consonância com o conceito de desenvolvimento sustentável, pode-se considerar a infra-estrutura de transporte como capaz de contribuir para o crescimento e desenvolvimento nacionais, mediante: (a) disponibilidade de meios de transporte de boa qualidade para pessoas e cargas, envolvendo nível de serviço, flexibilidade, tarifas acessíveis e contribuição para a redução do impacto ambiental; (b) acesso aos portos em geral e aos terminais rodoviários, ferroviários e aéreos, e seu funcionamento, que torne possível a integração entre os modos de transporte; (c) oferta de serviço de transporte de cargas, com matriz que possibilite a intermodalidade com menores custos operacionais, aumento da eficiência energética e redução do impacto ambiental; (d) disponibilidade de instalações de armazenagem ao longo da malha existente; (e) agilidade nos procedimentos portuários de carga e descarga de produtos; (f) sistema de fornecimento de combustíveis, de energia elétrica e de serviços de comunicações eficientes, confiáveis e com menor impacto ambiental; (g) utilização de recursos da tecnologia da informação, aplicáveis a transporte, denominados de infoestrutura de transporte, no rastreamento, na segurança dos veículos e na tomada de decisões correspondentes; e (h) marcos regulatórios que orientem e fiscalizem o funcionamento da oferta de serviços de transporte de acordo com a política de sustentabilidade adotada no país.

Nessa perspectiva, infra-estrutura de transporte é mais que o simples deslocamento de cargas e de pessoas de um ponto a outro. Em seu entorno, variáveis relacionadas ao crescimento e ao desenvolvimento devem ser objeto de avaliação como: distribuição demográfica, impacto ambiental, exploração econômica e sustentada dos recursos locais, habitação, saúde, educação e acessibilidade da população, e presença do Estado como agente regulador, em termos amplos.

Em um país como o Brasil, investimentos em infra-estrutura de transporte consomem grande quantidade de recursos. O retorno sobre esses investimentos, para efeito decisório, não deveria ser avaliado apenas por meio de instrumentos quantitativos clássicos, baseados em valor presente líquido, como os dos programas computacionais HDM e EBM, do Banco Mundial – BIRD, utilizado pelo Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT. Variáveis qualitativas diversas, principalmente as de natureza social e ambiental devem ser consideradas, sendo a presença do Estado,

em suas três instâncias executivas, essencial para que sejam realizados investimentos diretos, como também, formuladas políticas que promovam, incentivem e fomentem iniciativas do setor privado. O Governo Federal dispõe de dois instrumentos para esse propósito: (1) o Plano de Aceleração do Crescimento – PAC (BRASIL, 2007) e (2) o Plano Nacional de Logística e Transportes - PNLT (BRASIL, 2007a). A execução de ambos dependerá de escolhas e definição de prioridades.

Os recursos governamentais próprios são escassos, como demonstram os números do PAC e o país enfrenta problemas de tal magnitude, que reduzem sua capacidade de investimento público, como: (a) o elevado montante da dívida pública que é, em qualquer de suas especificações, da ordem de 50% do PIB (GIAMBIAGI, 2006, p.174; 2007, p. 241); (b) a taxa básica de juros sendo mantida elevada, como recurso monetarista para controle da inflação, em 11,25% a.a. em novembro de 2007 (BCB-COPOM, 2007); (c) o elevado e crescente custo operacional da administração direta – em termos de gastos primários (GIAMBIAGI, 2007, p. 42); (d) o *déficit* dos sistemas previdenciários (BRASIL, 2007c); (e) a elevada carga tributária – de quase 40% do PIB – que contribui para a elevação dos níveis de sonegação (BRASIL, 2006); (f) a lentidão da burocracia para a legalização de novos negócios (BANCO MUNDIAL, 2006); e (g) o reduzido nível de poupança interna (BRESSER-PEREIRA, 2006).

Para que o desenvolvimento seja priorizado, a estratégia de alocação de recursos para investimentos em infra-estrutura depende de aporte metodológico consistente para avaliar qualitativa e quantitativamente os elementos que impactam suas dimensões, de forma sustentável. De acordo com BANISTER (2002), um dos argumentos para a sustentabilidade é a necessidade de equilíbrio entre o crescimento econômico, a distribuição dos seus resultados na sociedade e o meio ambiente, o que dificulta a tomada de decisões. O autor afirma que vários especialistas costumam abordar o transporte *versus* desenvolvimento sustentável focalizando suas análises no transporte de pessoas, especialmente no transporte urbano. Relata, como exemplo, que no Encontro Rio 92 – o grande evento sobre meio ambiente que reuniu cerca de 30.000 participantes – três propósitos foram definidos: (a) reduzir o crescimento e o número de viagens motorizadas; (b) estimular o uso de meios de transporte alternativos que

produzam menor impacto ambiental; e (c) reduzir a confiança (ou fidelidade) no carro particular.

Mesmo que se considerem legítimas as propostas da Rio 92, é necessário pensar em transporte de cargas como instrumento de crescimento e desenvolvimento. Nesse sentido, o desafio imposto aos formuladores de políticas públicas no Brasil é planejar e construir, de forma sustentável, rodovias, ferrovias e hidrovias, armazéns, terminais e portos fluviais, interligados em direção ao litoral, com os menores custos possíveis. Isso requer a adoção de políticas industrial, agrícola, de energia, de transportes, e de uma política ambiental pragmática, integrada às demais. Ao construir rodovias no coração da floresta e intervir em rios para transformá-los em energia elétrica ou em hidrovias (o modo de transporte mais barato) é inevitável perder qualidade ambiental. Portanto, é necessário fazê-lo de forma ordenada, com base em estudos e análises específicos propostos pela ONU. A grande quantidade e diversidade de recursos ambientais existentes permite manejá-los e resguardar a maior parte para o bem-estar da nação e da humanidade em geral. O desafio posto é que o país deve inserir-se no concerto das nações desenvolvidas, por meio de ações diretas e não apenas como beneficiário dos “créditos de carbono” - a despeito da boa intenção dos ambientalistas - escorada no protocolo de Kioto, rejeitado pelos Estados Unidos, o principal poluidor e, ao mesmo tempo, detentor da maior economia mundial em termos de Produto Nacional Bruto. Em dezembro de 2007, após a realização da Conferência de Mudanças Climáticas da ONU, em Bali, na Indonésia, novas perspectivas se abriram com a disposição dos Estados Unidos de rever seu posicionamento a respeito do tema, marcado pela não-adesão ao Tratado de Kioto.

Esta pesquisa tem por objetivo apresentar uma proposta metodológica para orientar decisões estratégicas na escolha de projetos prioritários para a infra-estrutura de transporte no Brasil, com base na análise da interdependência entre a função transporte e desenvolvimento sustentável. Considerou-se a necessidade dessa metodologia constituir-se num instrumento de planejamento eficaz e de fácil aplicação, que auxilie os formuladores de políticas públicas e tomadores de decisões na implantação da infra-

estrutura de transporte. Associadas a essa questão também estão presentes nesse estudo outras indagações, como:

- Que medidas relacionadas a planejamento estratégico são aplicáveis para induzir o crescimento econômico e promover o desenvolvimento, a partir do funcionamento de uma infra-estrutura de transporte associada a outros elementos semelhantes, nas áreas de educação, energia, comunicações, meio ambiente e segurança?
- Quais as necessidades do Brasil, em infra-estrutura de transportes, como fatores impulsionadores de desenvolvimento para as próximas duas décadas?
- Que montante de recursos, distribuídos no longo prazo será necessário para atender aos investimentos em infra-estrutura de transportes?
- Quais os procedimentos metodológicos mais indicados para produzir dados, informações e conhecimentos que orientem as decisões estratégicas, táticas e operacionais?
- Em função da escassez de recursos, como se determinar as prioridades para que sejam implantados, em curto prazo (no máximo três anos), projetos prioritários para as necessidades nacionais?

Desde o Plano Real, de 1994, a principal meta do governo tem sido a de manter a estabilidade da economia, os índices de inflação sob controle e administrar as dívidas interna e externa. Apesar de essa meta estar sendo alcançada, alguns pontos representam gargalos quanto a crescimento e desenvolvimento. Entre outros, destacam-se: (a) o crescimento econômico, com um PIB a taxas inferiores às médias mundiais e latino-americanas (OMC, Relatório 2006); (b) a distribuição de renda (IBGE, 2007); (c) dívida interna elevada, em torno de 50% (GIAMBIAGI, 2006); (d) Índice de Desenvolvimento Humano – IDH apenas 0,06 pontos acima da média mundial (PNUD, 2007), embora incluído no grupo dos países desenvolvidos (70º lugar); (e) infra-estrutura de transporte degradada, contribuindo para a elevação do custo Brasil (BRASIL, 2007a); (f) carga tributária elevada (BRASIL, 2006); dificuldades para abertura de novos negócios; e (g) dependência das exportações de *commodities* (ALICEWEB, 2007).

A eliminação ou redução de tais gargalos poderia conduzir ao desenvolvimento sustentável, destacando-se a implantação de uma infra-estrutura de transporte como um dos vetores para o sucesso de uma política desenvolvimentista, baseada na sustentabilidade. O círculo vicioso de uma “boa economia e um mau desenvolvimento” deve ser transformado em virtuoso pela ação responsável dos tomadores de decisão, dos setores governamental e privado. Assim, o tratamento das principais variáveis interdependentes que interferem no crescimento econômico e no desenvolvimento sustentável com o emprego de metodologias que possam avaliar alternativas decisórias, é um recurso que poderá produzir instrumentos para a tomada das melhores decisões em um ambiente de recursos escassos para investimentos em infra-estrutura de transporte.

Na confecção do referencial teórico foram utilizadas pesquisas bibliográfica, documental e de campo. Recursos metodológicos específicos, aplicáveis a problemas de cunho multicriterial, foram igualmente pesquisados, particularmente as técnicas: (a) TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*); (b) AHP (*Analytical Hierarchy Process*); (c) Método SEARCH (*Scenario evaluation and analysis through repeated cross impact handling*); e (d) MAUT (*Multi Attribute Utility Theory*)

Também foram considerados os métodos Delphi e Análise de Impactos Cruzados (SMIC- *Cross Impact Systems and Matrices*) como instrumentos complementares na abordagem de problemas multicriteriais. A análise comparativa desses instrumentos permitiu que se desenvolvesse um procedimento metodológico para a definição de prioridades para projeto, construção e manutenção de uma infra-estrutura de transporte aderente ao processo de desenvolvimento sustentado.

Os dados coletados na pesquisa de campo foram processados com o auxílio de planilha eletrônica MS-Excel[®] e do software *Expert Choice*[®]. Foi empregado, também um *software*, baseado em banco de dados, especialmente desenvolvido para a pesquisa.

O trabalho está estruturado nas seguintes partes:

Capítulo 1 - Introdução

Apresentam-se a motivação e o ambiente geral da pesquisa, o problema abordado, seus objetivos, relevância e a metodologia empregada para a obtenção dos resultados pretendidos.

Capítulo 2 - Dimensões do desenvolvimento sustentável e a função transporte

Discute-se a relação entre a economia em geral e a brasileira, em particular, no que se refere às variáveis que devem ser levadas em conta na construção de um instrumento metodológico de planejamento para a infra-estrutura de transportes que atenda às demandas por crescimento econômico e desenvolvimento sustentável. Aborda-se o *continuum* do planejamento no Brasil, desde os anos 50, passando pelo período do regime militar e alcançando os dias atuais. O papel do comércio exterior é ressaltado e as características da infra-estrutura de transportes brasileira são igualmente descritas e relacionadas com os custos logísticos e com os investimentos em novos projetos. Abordam-se, ainda, os impactos ambientais subjacentes ao crescimento e ao desenvolvimento sustentável, com detalhamento sobre as emissões de dióxido de carbono, um dos principais agentes causadores do aquecimento global.

Capítulo 3 – Métodos aplicáveis na definição de prioridades em projetos da infra-estrutura de transporte

Apresentam-se os conceitos básicos de análise multicritério e se analisam as características de alguns dos principais métodos empregados para avaliações qualitativa e quantitativa de atributos relacionados à definição de prioridades na implantação de infra-estrutura de transportes. Também são considerados métodos para desenho de cenários, utilizados para a tomada de decisões no campo do planejamento estratégico, de acordo com variáveis econômicas e sociais inerentes ao crescimento econômico e ao desenvolvimento sustentável. Os métodos Delphi, TOPSIS, AHP, SEARCH, MAUT e Impactos Cruzados foram detalhados, incluindo, quando aplicável, a formulação matemática de cada um. São apresentadas, também, experiências realizadas por especialistas na comparação entre os mencionados métodos em função de aplicações no planejamento de empreendimentos em transporte. Também são mostradas experiências na aplicação do modelo TOPSIS sob condições da lógica *Fuzzy*. As experiências analisadas referem-se a projetos como: definição de prioridades de investimentos em

infra-estrutura multinacional de transporte, planejamento de corredores de transporte com variáveis de desenvolvimento sustentável, e planejamento do sistema de transporte europeu.

Capítulo 4 - Procedimento para a definição de prioridades na execução de projetos para a infra-estrutura de transporte

Descrevem-se as premissas adotadas para a escolha do procedimento desenvolvido e faz-se análise comparativa entre os métodos pesquisados. A partir deles constrói-se um procedimento híbrido, baseado nos métodos Delphi, TOPSIS e AHP, com abertura para uma avaliação prescritiva por meio do Impacto Cruzado. Este procedimento é mostrado em uma árvore hierárquica e em um fluxograma que orientam a construção do respectivo algoritmo. É executável por meio de *softwares* específicos, um deles desenvolvido pelo pesquisador, para a determinação dos indicadores de prioridade e dos coeficientes de consistência.

Capítulo 5 - Aplicação do procedimento

Demonstra-se, com base em dados reais, levantados por meio de pesquisa de campo, a aplicabilidade do procedimento desenvolvido. A amostra é a demanda brasileira por investimentos em infra-estrutura de transportes, cujo atendimento é da responsabilidade do Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT, ambiente em que a pesquisa foi realizada – esta de âmbito nacional – com observações e coleta de dados nos locais dos empreendimentos avaliados. Na aplicação do procedimento, os atributos avaliados são determinados com base no trinômio eficiência de transporte, crescimento e desenvolvimento sustentável. No final do capítulo é feita uma análise dos resultados obtidos.

Capítulo 6 - Conclusão, visões prospectivas e recomendações para desenvolvimento do tema

Sintetizam-se os resultados alcançados pela pesquisa em função dos objetivos, questões e expectativas definidas no início do trabalho, com ênfase na avaliação da interdependência entre infra-estrutura de transporte, crescimento econômico e desenvolvimento sustentável. As questões relativas ao meio ambiente foram exploradas

no nível da importância que o tema apresenta nesta primeira década do século XXI. A partir desses elementos são exploradas algumas visões de futuro e possíveis desmembramentos do tema, como fonte de pesquisa diante dos desafios relativos ao desenvolvimento sustentável em sua mais alta concepção.

Desse modo, esta tese oferece como contribuição um instrumento objetivo capaz de auxiliar planejadores e decisores na escolha e definição de prioridades de projetos para a infra-estrutura de transporte, que considere, de forma ampla, as variáveis relacionadas ao desenvolvimento sustentável do país.

2. DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A FUNÇÃO TRANSPORTE

Este capítulo objetiva identificar, analisar e comparar questões que caracterizam o estado atual do debate sobre desenvolvimento sustentável e suas inter-relações com a função transporte. Explora as concepções inerentes a crescimento e desenvolvimento, suas dimensões, desafios e implicações para a sociedade, delineando os principais gargalos e as alternativas que devem ser consideradas para sejam alcançados os objetivos finais. Também são analisadas as relações entre transportes e variáveis subjacentes como planejamento, comércio exterior, custos e investimentos, e meio ambiente.

2.1. Crescimento econômico e desenvolvimento

Desde Aristóteles, que definiu, teleologicamente, o homem como um “animal político”, que teria, como estágio superior a organização política, a economia tem sofrido intensas modificações, envolvendo, principalmente, a participação do indivíduo como ser gregário e social. No processo evolutivo das sociedades políticas, o crescimento econômico esteve no centro das discussões dialéticas, principalmente a partir de Karl Marx, tendo sido objeto de produção das mais diversas teorias, desde as idéias do escocês David Hume, um seguidor do empirismo de Locke e de seu compatriota Adam Smith. A propósito, SIMONSEN (1993, p.33) comenta que já houve quem definisse a teoria do crescimento econômico como um “cemitério de idéias”, tal a volatilidade de princípios e conceitos, a começar por uma das formas mais bem elaboradas – a de David Ricardo, denominada de teoria da marcha para o estado estacionário, que parte da união do montante de capital com a força de trabalho. Dessa forma, a mão-de-obra é remunerada por um fundo de salário; o valor do produto pela função de produção; e a renda da terra como excedente de fertilidade. Finalmente, o lucro resulta do valor da produção, deduzidos salários e renda da terra. Essa concepção foi sendo modificada por meio de formulações analíticas sofisticadas, como as de SAMUELSON (1947), que demonstrou a identidade entre os múltiplos aspectos da economia e estabeleceu as relações matemáticas entre produção e consumo, e as de PASINETTI (1960) que, em

artigo clássico desenvolveu uma das mais rigorosas formulações matemáticas das teorias de Ricardo sobre valor e distribuição. Nos modelos apresentados, verificou-se que havia uma falha porque, na prática, o capital poderia substituir o trabalho. Marx foi um pouco além, quando, em “O Capital – Livro II” construiu um primeiro modelo de produção de mercadorias por meio de outras de mesma natureza, no qual a economia seria um sistema fechado de produção; ou seja, cada etapa do processo produtivo fornecia insumo para o produto seguinte. Na visão atual se poderia considerar esse raciocínio como precursor da cadeia de suprimento. Outros modelos teóricos surgiram e a maioria tem ido para o “cemitério das idéias”. Argumenta SIMONSEN (*op.cit.*) que tais teorias falharam no ambiente das décadas de 40 e 50, porque partiam da premissa de que os países subdesenvolvidos eram economias fechadas, talvez pela influência do nacionalismo entre os anos 20 e 40 e, também, pela falência do comércio internacional decorrente da crise americana de 1929. Em síntese, crescimento econômico está relacionado diretamente à acumulação de riquezas, geradas em função da teoria econômica vigente ou praticada.

Dois princípios da história da teoria do crescimento continuam válidos. O primeiro deles é que instituições estáveis favorecem o crescimento econômico, como definiram David Hume e Adam Smith. O segundo é o importante papel desempenhado pela poupança, associada ao investimento em capital humano. No primeiro caso, o Brasil pode ser incluído, a despeito de intensas discussões que possam advir do que se consideraria como ‘instituições estáveis’. A esse propósito é oportuna a reflexão de MONTEIRO (2007) sobre as relações entre o Executivo e o Legislativo no Brasil, ao comparar o modelo brasileiro, em que parlamentares tornam-se ministros sem renunciar aos respectivos cargos eletivos. Nesse aspecto, a Constituição dos Estados Unidos é clara, em sua seção 6(2):

Nenhum senador ou deputado – durante o tempo para o qual tiver sido eleito – será indicado para qualquer (...) posto [no Executivo Federal] (...); nenhuma pessoa que detenha [qualquer posto executivo] será um membro de [uma das casas legislativas] durante sua permanência nesse posto] (MONTEIRO, *idem*, p. 593).

No Brasil não há tal vedação; assim ministros podem ser deputados, senadores reassumem seus mandatos para votar matérias de interesse do Executivo e logo

retornam aos seus cargos até que, em nova oportunidade, reassumem os seus mandatos, com novos retornos ao Executivo e assim indefinidamente. Questiona-se: em qual das duas economias está a “relação estável”, supondo-se que a estabilidade pressupõe a independência entre os poderes constituídos? É possível acreditar que a estabilidade das instituições brasileiras possa se tornar uma impedância ao crescimento, se assumida a hipótese da existência de “relações incestuosas entre os dois poderes” como a própria história do país tem demonstrado ao longo de sua vida republicana.

O segundo princípio – poupança e investimento em capital humano – recebeu de SIMONSEN (1993) um tratamento analítico, a partir da formulação feita por HARROD (1939) e DOMAR (1946) na época da Segunda Guerra Mundial. No Brasil, essa formulação rudimentar em termos atuais, chegou a ser aplicada no primeiro governo do regime militar, no Programa de Ação Econômica do Governo (BRITO, 2004). A fórmula era simples: $g = s/v$, onde g era a taxa de crescimento do produto real; s a taxa de poupança; e v a relação incremental capital/produto. Acreditou-se, no Brasil de 1964, que com 15% de taxa bruta de poupança, poderia haver um crescimento de 6% ao ano.

Os autores mencionados desenvolveram, em períodos diferentes, modelos para explicar a taxa de crescimento econômico em função da poupança e da produtividade do capital, que receberam tratamentos mais sofisticados como os de SOLOW (1957), geradores de polêmicas envolvendo Kaldor, Pasinetti, Samuelson e Modigliani, economistas ingleses (os dois primeiros) e americanos, seguidores da teoria keynesiana, que defende a intervenção do Estado na economia. Esses debates receberam, nos anos 80, a contribuição de Robert Lucas Jr., Prêmio Nobel de Economia de 1995, economista americano, líder da ‘nova escola de Chicago’. Essa nova formulação, de acordo com SIMONSEN (1993, p. 8) substitui a função de produção por $Y=f(K,u(1-d)N)$, onde u é o coeficiente de qualidade da mão-de-obra e d é a fração da mão-de-obra desviada para treinamento. Se o incremento de u for proporcional a d , e maior que zero, conclui-se que a taxa de crescimento em longo prazo será decorrente da taxa de poupança e da taxa de aumento da produtividade da mão-de-obra, resultante de uma política de formação de capital humano. A lição extraída desses exercícios de teoria macroeconômica é que,

para crescer, não basta poupar, é necessário promover e realizar projetos reais de educação, de desenvolvimento do capital humano.

A comparação desse segundo princípio com a realidade brasileira é, mais uma vez, pouco alentadora, porque se de um lado se tem aumento crescente das reservas cambiais, via exportações, uma faceta da poupança, por outro, há uma carência acentuada de investimentos no setor educacional com vistas ao desenvolvimento sustentado, por meio do aumento da capacidade de gerar produtos e serviços com maior valor agregado. Assim países como a Coreia do Sul, Irlanda, Índia, China vêm investindo maciçamente na educação e os resultados já foram ou estão sendo alcançados de forma gradativa, a despeito de controvérsias quanto à sustentabilidade, particularmente no que se refere à questão ambiental envolvendo China e Índia.

Para o alcance dos objetivos nacionais de um país, como o Brasil, é fundamental que as variáveis envolvidas sejam analisadas de forma holística. Isso implica ampliar o conceito de desenvolvimento econômico para o de desenvolvimento sustentável. GIOVANNINI E LINSTER (2005), ao discorrerem sobre a política geral da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico – OCDE (OECD no original), enfatizam que o desenvolvimento sustentável está relacionado à qualidade e à quantidade de crescimento econômico e abrange três dimensões de bem-estar: econômico, ambiental e social. Anteriormente LIECHTI (2002) afirmou que a sustentabilidade como fator de desenvolvimento está fundamentada em três pilares: (a) meio ambiente, orientado para a regeneração da natureza; (b) econômico, quando não ameaça o funcionamento eficiente da economia; e (c) social, quando beneficia e é justo para as pessoas.

Essas dimensões, sustentam os autores, compreendem a satisfação das necessidades em termos amplos, seja sob o ponto de vista econômico, seja pela convivência em um meio ambiente “limpo” e com amplas oportunidades de emprego e integração social. Em complemento, a Comissão de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas, por meio do RELATÓRIO BRUNDTLAND (ONU, 2007), conceitua desenvolvimento sustentável como aquele que atende às necessidades atuais sem comprometer o

atendimento às futuras gerações, e afirma que os atuais níveis de produção e de consumo no mundo estão 25% acima da capacidade de sustentação da Terra. Além disso, se a cada habitante do Planeta fosse dada a oportunidade de viver de acordo com a média das pessoas dos países mais ricos – Grupo dos Sete (Estados Unidos, Japão, Alemanha, Grã-Bretanha, França, Canadá e Itália) – seria necessário o equivalente a 2,6 planetas para sustentá-lo.

As afirmativas são preocupantes porque geram impacto em termos de restrições ao crescimento econômico em países populosos dele carentes, como o Brasil, onde persiste má distribuição de renda. É legítimo acreditar que, nos países com essas características, o crescimento é um dos propulsores do desenvolvimento, porque, na essência, são diretamente proporcionais e devem ser calibrados de acordo com a estratégia nacional. É uma linha tênue que os separa, dificultando a tomada de decisões, dado que para crescer é necessário criar instrumentos de desenvolvimento que, por sua vez, só ocorrerá se houver crescimento. Com efeito, isso coloca os decisores diante de um processo de avaliação de alternativas; na verdade um grande exercício de *trade-off*; ou seja, de escolhas compensatórias do tipo decidir entre direcionar recursos para investimento em infra-estrutura que possam gerar empregos no futuro, ou reduzir tais investimentos com compensação nos aumentos de gastos com políticas sociais. Esse cenário exige grande cuidado e responsabilidade por parte dos formuladores de políticas públicas.

Independentemente das escolhas para alocação eficiente de recursos escassos, um dos instrumentos propulsores do crescimento e do desenvolvimento é a disponibilidade para a sociedade, em todos os seus segmentos, de uma infra-estrutura ampla, entre as quais a de transporte, compatível com a extensão territorial da nação e, ao mesmo tempo, com os limites impostos pela necessidade de preservação ambiental. É certo que ao se decidir, em termos de Brasil, pela ampliação e pleno funcionamento de sua infra-estrutura de transporte, haverá impactos ambientais, estando aí mais um *trade-off* a ser tomado.

A conceituação de desenvolvimento sustentável extraída do RELATÓRIO BRUNDTLAND (ONU, 2007), numa primeira leitura, induz ao “não-crescimento”; ou

seja, a um freio na produção e no consumo, orientação que poderia ser seguida pelos países ricos e desenvolvidos. Esse freio, de alguma forma contraditório, vem sendo cobrado pelas nações desenvolvidas, daqueles que estão em busca do seu desenvolvimento. Um exemplo é a divulgação de estudos sobre os biocombustíveis, como o de Paul J. Crutzen, Prêmio Nobel de Química, que lança dúvidas sobre o impacto dos gases liberados pela produção e consumo desses combustíveis no efeito estufa (O GLOBO, CIÊNCIA, 28/09/2007). Segundo essa pesquisa, os biocombustíveis a partir da canola liberariam 70% a mais de gases do que os provocados pelos de origem fóssil. O etanol brasileiro, segundo a mesma pesquisa, seria menos prejudicial, oferecendo impacto menor, atingindo, contudo, a produção de alimentos. A respeito de impactos presentes e futuros, BANISTER (2002, p.107) considera que o desenvolvimento sustentável compreende:

[...] melhor qualidade de vida para todos, agora e para gerações futuras. Está relacionada com o alcance do crescimento econômico na forma de elevados padrões de vida, com proteção e possível melhoria do meio ambiente, não apenas para seu próprio benefício, mas porque um meio ambiente degradado, mais cedo ou mais tarde, reduzirá o crescimento econômico e a qualidade de vida. Desenvolvimento sustentável é igualmente voltado para deixar claro que estes benefícios econômicos e ambientais são disponibilizados para todos, não apenas para poucos privilegiados.

A respeito desse conceito, ao analisar os “poucos privilegiados” KANITZ (2003) exortou os países desenvolvidos sobre a necessidade de salvarem suas florestas temperadas, destruídas em mais de 90% na Europa e nos Estados Unidos. Esses mesmos países, pela via acadêmica ou por meio de ONG, tentam orientar o desenvolvimento sustentável nos países emergentes de acordo com suas respectivas visões autoprotecionistas. Na questão da conservação das florestas, o Brasil tem sido alvo preferencial em razão das queimadas na Amazônia. A 62ª Assembléia Geral da ONU, realizada em 2007, rediscutiu temas levantados pela Rio 92, como metas para a redução de poluição somente para países desenvolvidos. Essa questão é relevante quando se observa, nos dias atuais, que a China está prestes a ultrapassar os Estados Unidos como o grande poluidor, a Índia segue a mesma trilha e o Brasil ocuparia a 6ª posição, responsável pelas queimadas da Amazônia que geram espaços para a criação do gado “verde” e para a expansão do agronegócio. A 13ª Conferência sobre Mudanças Climáticas, patrocinada pela ONU, realizada em Bali, na Indonésia, não trouxe

resultados práticos em relação a mudanças quanto ao protocolo de Kioto, não referendado pelos Estados Unidos. No entanto, mudou a posição da Austrália, antes ao lado dos norte-americanos e abriu caminhos para discussões sobre o estabelecimento de metas de redução de emissões. Até a próxima reunião de cúpula, em Copenhague, Dinamarca, é esperado que todos os países cheguem a um acordo multilateral e estabeleçam metas objetivas quanto aos fatores que contribuem para o aquecimento global, com uma possível adesão dos Estados Unidos.

Quanto à Amazônia, é evidente a necessidade de se manejar de forma sustentável o uso do solo, como, também, em termos de transporte, melhorar o fluxo de produtos transportados, tanto os destinados à exportação como ao mercado interno. O acesso aos portos setentrionais com custos de transporte competitivos envolve a redução da dependência do modo rodoviário, que também impacta o meio ambiente pela queima de combustível fóssil, grande liberador de dióxido de carbono.

As características identificadas no contexto de crescimento e desenvolvimento mostram que, de fato, há interdependência entre eles, principalmente quando o enfoque é predominantemente ambiental. Neste momento, uma forma de ruptura epistemológica quanto ao conceito neoliberal de desenvolvimento, praticado a partir das idéias de Adam Smith, parece estar em curso. Discute-se, de forma crescente, a partir do cadinho de reflexões da ONU, sobre a validade do dogma pós-revolução industrial, que preconizava a maximização da produção e da lucratividade sem limites.

2.2. A economia globalizada e a cadeia de suprimento

As últimas duas décadas têm sido caracterizadas pela compreensão generalizada de que crescimento e desenvolvimento dependem, entre outros fatores, da abertura dos mercados e da troca progressiva de bens e serviços. Essa tem sido a premissa que conduz países em direção à formação de blocos econômicos, de áreas de livre comércio ou mesmo de integração mais aprofundada. Em 2007, a União Européia-UE, a mais bem-sucedida das experiências, completou 50 anos de existência e já conta, com a participação de 26 países. O desenvolvimento dessa integração, ainda em andamento, a

partir da reunião de cinco países, em 1957, na cidade de Roma – Itália, vem demonstrando que a solução para o crescimento e desenvolvimento de países, por meio da integração, não é tão simplista. Deve-se considerar a assimetria que existe, permanece e, em alguns casos, aumenta, a partir do que se tem denominado de globalização. No entanto, exemplos individuais, como o da China, principalmente, e de outros países asiáticos, têm demonstrado que a globalização da economia tornou-se um fator instigante para que outros mecanismos de desenvolvimento fossem implantados, a fim de tornar a abertura dos mercados um fator efetivo de crescimento, tanto sob o ponto de vista econômico como, também, social. Assim, para citar outro exemplo, pode-se considerar a Coreia do Sul como referência de crescimento econômico, baseado, principalmente, na educação do homem como recurso da produção. A União Européia, em particular, tem beneficiado não só os países originariamente desenvolvidos, como Alemanha, França, Inglaterra, como também os até então excluídos da riqueza ocidental, como Portugal. Este tem sido contemplado, particularmente, com a implantação de infra-estrutura, destacando-se a recomposição de suas principais vias de transporte rodoviário e ferroviário. Outro exemplo importante, no âmbito da UE, é o salto para o desenvolvimento da Irlanda que vem apresentando índices acima da média européia, com explica VERHUSLT *et al.* (2007) em entrevista concedida ao *WorkForAll*, grupo belga de reflexão (*think-tank*), de natureza pluralista. No ambiente em que está inserido o Brasil, tem havido a tentativa de implantação do Mercosul, que ainda não se consolidou em face de diversos fatores, entre os quais a já mencionada assimetria das economias envolvidas – Brasil, Argentina, Uruguai, Paraguai e da Venezuela, esta candidata a ingresso. A Alca – Área de Livre Comércio entre as Américas – ainda está longe de se tornar realidade, em vista de conflitos de interesses entre os países em desenvolvimento e os Estados Unidos, principalmente nos aspectos relacionados aos subsídios concedidos aos produtores norte-americanos de bens primários. Mais uma vez, a assimetria das economias é fator significativo, considerando-se que o PIB norte-americano constitui-se em mais de 70% do total dessa possível área de livre comércio. O Nafta (Acordo de Livre Comércio Norte-Americano), envolvendo Estados Unidos, Canadá e México, tem sido benéfico para o México, embora seus efeitos já tenham atingido limites tais, que tornaram esse país um dos grandes defensores, ao lado dos Estados Unidos, da implantação da Alca.

Um ponto que é comum a todos os países dependentes de crescimento e desenvolvimento é a busca da estabilidade econômica e monetária, notadamente em alguns países asiáticos, como China, Índia, Coreia do Sul e outros. Na Europa, a Rússia vem atingindo metas que a colocam no caminho certo quanto aquele objetivo, alavancada pela alta do petróleo, porém integrante do grupo de grandes poluidores do meio ambiente. Na América Latina, México, Chile, Argentina e Brasil são os principais atores desse processo. Essa ação está direcionada para a atração dos investimentos de grandes empresas transnacionais, que pretendam atuar em mercados globais e locais. CARVALHO (2002) afirma que as empresas, no ambiente de *supply chain demand*, devem atender a alguns requisitos, entre os quais, destaca-se a resposta simultânea a mercados globais e locais. Com efeito, o autor escreve:

[...] há a necessidade de diversificar mercados, baixando o grau de dependência e encontrando clientes posicionados em todo o espectro planetário. As empresas precisam, assim, de se transnacionalizarem, tendendo a operar em ambientes simultaneamente externos e internos. (CARVALHO, idem p.45)

Essa prática vem no bojo do crescimento acelerado do comércio internacional nas últimas décadas. BAUCHET (1998) afirma que, entre 1980 e 1985, a produção mundial cresceu 2,5% e as exportações aumentaram em 1,5%. A partir dessa época, as posições se inverteram, de modo que, entre 1990 e 1995, a produção cresceu 1,5% e as exportações 6,0%. Análise dos últimos relatórios da Organização Mundial do Comércio (OMC) confirma essa tendência.

A relação com a cadeia de suprimento é devida pela grande movimentação de matérias-primas, componentes e produtos acabados que ocorre, por meio do transporte marítimo principalmente, entre o ocidente e o oriente. Há uma intensiva prática do *global sourcing* pelas organizações em geral. Sob esse ponto de vista, o mundo seria plano na visão de FRIEDMAN (2005), a ponto de produtos e serviços de grandes empresas trans e multinacionais terem se tornado parte de complexas cadeias globais de suprimento. Um fato significativo para realçar a presença do transporte nas cadeias de suprimento globais é o aumento crescente da capacidade dos grandes porta-contêineres. Foi lançado em 2006, o Emma Maersk, com capacidade para transportar até 11.000 TEU (www.maersk.com, acesso em 13/03/2008). À medida que aumenta a capacidade desses

grandes navios, a relação custo/TEU reduz-se e com isso a cadeia de suprimento se torna mais competitiva. No Brasil, por questões de demanda, de conexões terrestres e pelo reduzido emprego da cabotagem, ainda não se vê possibilidades de operar intensivamente com grandes porta-contêineres (acima de 6.000 TEU). A movimentação pelos portos brasileiros, em 2006, foi de 6,2 milhões de TEU (CBC - Câmara Brasileira de Contêineres, Transporte Ferroviário e Multimodal), número modesto em termos internacionais, considerando-se que, em 2005, o porto de Singapura – o maior do mundo nesse segmento – movimentou 23,2 milhões de TEU (www.cbcconteiner.org, acesso em 06 de julho de 2007).

2.3. Planejamento e a infra-estrutura de transporte

A despeito de a industrialização brasileira ter-se iniciado, em termos significativos, a partir dos anos 40, o crescimento econômico, de fato, ocorreu a partir do Plano de Metas (1956-1961) implantado pela política desenvolvimentista do governo JK. Esse plano foi, provavelmente, a primeira tentativa exitosa de realização de um planejamento voltado para os interesses nacionais como um todo (SILVA, 2007). Fatos marcantes foram a instalação da indústria automobilística e investimentos significativos em infra-estrutura, principalmente energia e transportes. A política adotada resultou em taxas crescentes de inflação e de endividamento externo, que acabaram por afetar a “euforia do crescimento”. Para reduzir esses impactos negativos, foi estabelecido, em 1963, o Plano Trienal (1963-1964), que teve duração efêmera e ineficaz, abafado pelo golpe militar de 1964. A ditadura estabelecida prometeu recompor política e economicamente o País, e afastar a “ameaça comunista”, pretendendo devolver os poderes aos civis em curto prazo. Isso não ocorreu e, somente com a promulgação da Constituição de 1988, o País retomou sua normalidade democrática.

No início do regime militar, em 1964, foi criado o Plano de Ação Econômica do Governo – PAEG, com postura liberal, porém sem descolar a interferência governamental dos agentes econômicos; tanto que a presença do Estado, na economia, cresceu significativamente, embora a taxa de inflação tenha sido reduzida (MOURA, 2007). Em 1967 foi identificada a necessidade de um planejamento de longo prazo para que problemas estruturais fossem equacionados e permitissem o crescimento

continuado. O governo lançou o Plano Decenal de Desenvolvimento Econômico e Social que, embora fosse um plano de grande abrangência, não foi implantado sem que as razões para tal fossem dadas pelas autoridades governamentais. Surgiu, então, um novo instrumento de planejamento, o Programa Estratégico de Desenvolvimento – PED, implantado de 1968 a 1970. Acoplado a esse programa foi proposto o Orçamento Plurianual de Investimentos – OPI, dividido em programas, subprogramas, projetos e atividades. Foram previstos custos, órgãos responsáveis pela sua execução e fontes de recursos diversas. O sucessor do PED foi o Plano Metas e Bases para a Ação do Governo – MBAG, criado em 1970, também acoplado ao OPI (1971 a 1973) e a um novo instrumento de planejamento federal, o I Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (1972 a 1974) – I PND. No MBAG foram priorizados os investimentos em educação, saúde, saneamento, agricultura e abastecimento. Também foi prevista uma intervenção mais efetiva no desenvolvimento científico e tecnológico. Nesse contexto ocorreu o que foi denominado de “milagre econômico”, entre 1970 e 1973. Nesse período, havia certa abundância de recursos externos o que fez com que megaprojetos desenvolvimentistas, como o programa nuclear, fossem implantados sem qualquer consulta à sociedade. Esse modelo foi afetado pelo “choque do petróleo”, no final de 1973, evento que provocou mudanças nas perspectivas do planejamento governamental. Em 1974 foram realizados estudos e revisões em função das novas variáveis macroeconômicas e surgiu o II PND, considerado por muitos como o melhor instrumento de planejamento integrado, criado no Brasil após o Plano de Metas. No entanto, esse instrumento esgotou-se a partir da crise dos anos 80 e o planejamento integrado foi sendo gradativamente abandonado. Foi substituído por tentativas erráticas, tais como o I Plano Nacional de Desenvolvimento da Nova República – I PND-NR (1985); o Plano de Consistência Macroeconômica – PCM (1987); e o Programa de Ação Governamental – PAG (1987). Em termos de planejamento, a década de 80 constituiu-se nos ‘anos perdidos’. Havia uma grande preocupação quanto à necessidade de se estabelecer uma Política Industrial e o assunto foi sendo discutido por amplos setores entre a segunda metade dos anos 80 e o início dos 90. Debatia-se nos diversos setores da sociedade civil, incluída a academia, o papel do Estado diante do desafio do desenvolvimento. Enquanto isso, a Política Industrial não saía dos debates e, nesse meio tempo, foi promulgada a Constituição de 1988.

O planejamento governamental posterior à nova Carta Magna sofreu mudanças significativas, se comparado com as práticas normativas fortemente adotadas pelos governos anteriores, vigentes a partir dos anos 60 do século passado. Foi implantado o conceito de planejamento e orçamento, instituído no artigo 165 de nova Carta, que cria o Plano Plurianual, a Lei de Diretrizes Orçamentárias (LDO) e unifica os orçamentos anuais (Fiscal, Seguridade Social e de Investimento das Estatais) no Orçamento Geral da União. Em torno desse universo, os planejadores, estimulados pelo sucesso do Plano Real, caracterizado pelo controle da inflação e pelo crescimento das exportações, têm dedicado esforços no sentido de evitar erros do passado, buscando, antes de tudo, pensar o futuro de forma holística, sem a pretensão de serem os únicos detentores do que é o melhor para o País (MOURA, 2007). Vale lembrar, sempre, palavras de MATUS (1997), para quem planejar significa pensar antes de agir, pensar sistematicamente com método; explicar cada uma das possibilidades e analisar suas respectivas vantagens e desvantagens, com a proposição de objetivos. Significa, também, projetar para o futuro, porque ações tomadas hoje poderão ser eficazes ou não, dependendo do que ocorrer no futuro.

Há muitas críticas, ainda, sobre a forma pela qual o planejamento é elaborado no Brasil. Vale lembrar que ainda prevalece um certo grau de determinismo inconsciente citado por GARCIA (2002), comparando-o à “procustomania” proposta por MATUS (1997), para quem o planejamento seria elaborado com base em soluções economicistas, sem uma análise mais aprofundada do ambiente onde o mesmo seria executado. De acordo com o autor,

Procustos (ou Procastu), personagem da mitologia grega, torturava suas vítimas deitando-as em um dos dois leitos que possuía, cortando a golpes de espada os pés dos que ultrapassassem o leito menor, ou distendendo as pernas dos que não preenchessem o leito maior. Fazia isso porque tinha o poder de ajustar o tamanho de suas vítimas às dimensões que quisesse. (idem, p.4)

Nos dias atuais pode-se associar a procustomania ao processo de execução orçamentária do governo, com base nos cortes indiscriminados, particularmente nas verbas previstas para a recuperação da malha de transporte e dos novos investimentos para o setor. Tudo para ajustar ‘o corpo da vítima’ ao tamanho estabelecido pelo Fundo Monetário

Internacional - FMI na obsessiva busca pelo *superávit* primário, prática adotada até recentemente, quando o país saiu da dependência do FMI. Deve-se, também, considerar que essa prática pode evoluir para um certo poder absoluto relacionado a uma pessoa, a um partido ou a um regime político, entre outras distorções.

De qualquer forma um modelo de planejamento, por mais abrangente que seja, será sempre uma visão simplificada da realidade. Isso não significa que as variáveis complexas não devam ser consideradas; muito pelo contrário, o processo deve ser conduzido com a participação de amplos setores da sociedade dependentes dos resultados que o planejamento produzirá. O processo procustiano de contração e distensão poderá ser válido, se praticado coletivamente.

Uma questão recorrente quando se trata de desenvolvimento é: a evolução da economia produz vetores de desenvolvimento como investimentos em infra-estrutura de transportes ou estes induzem o desenvolvimento? Essa questão foi discutida por VOOREN (2004) que apresenta diversos pontos de vista sobre a relação entre desenvolvimento econômico e transporte. ROSTOW (1960) é citado como defensor da tese de que o *take-off* de países como França, Alemanha, Grã-Bretanha e Estados Unidos ocorreu a partir dos investimentos em transporte, particularmente em ferrovias. É oportuno comentar o modelo de ROSTOW (*idem*), para quem o desenvolvimento econômico dos países ocorreria em cinco estágios, que podem ser sintetizados na tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Modelo de Rostow: estágios do desenvolvimento econômico

Estágio	Características
Sociedade tradicional	Economia dominada pelas atividades de subsistência. Elevado emprego de mão-de-obra e reduzida disponibilidade de capitais.
Estágio de transição	Aquisição das condições para o <i>take-off</i> da economia. Elevado grau de especialização gera excedentes que necessitam de infra-estrutura de transporte para sua comercialização. As exportações estão baseadas em produtos primários.
<i>Take-off</i>	Aumento da industrialização, com migração dos trabalhadores da agricultura para o setor manufatureiro. Há elevados níveis de investimento, superiores a 10% do PIB. A transição econômica é fortalecida e apoiada por novas instituições sociais e políticas. O crescimento é auto-sustentável e produz poupanças para novos investimentos.
Maturidade	A economia torna-se diversificada e as inovações tecnológicas estimulam o surgimento de novas oportunidades de investimento. A produção de bens e serviços torna-se muito variada e a dependência do comércio exterior torna-se reduzida.
Massificação do consumo	A economia é direcionada para o consumo em massa, principalmente de bens duráveis. O setor de serviços passa a ser crescentemente dominante.

Fonte: www.bized.ac.uk (20/05/2005)

Com base nesta tipologia pode-se considerar que o Brasil se encontra posicionado nos estágios transição e *takeoff*. No primeiro caso porque grande parte do sucesso do seu comércio exterior pode ser creditada às exportações de produtos primários, como soja e minério de ferro. Por outro lado, porções de grande industrialização, inclusive com tecnologia de ponta, podem ser identificadas no País, caracterizando um certo estado de *take-off*. Isso pode ser exemplificado pela Tabela 2.2, na qual se podem observar as principais categorias de produtos exportados no período de 12 meses, de outubro de 2006 a setembro de 2007. São mostrados os valores, quantidades e relação valor quantidade dos itens exportados. Ressalte-se que o etanol foi incluído, não pelo valor

exportado, mas pela tendência de crescimento na produção e exportação desse produto nos próximos anos, em função dos impactos ambientais causados pelos combustíveis fósseis.

Tabela 2.2 – Principais categorias de produtos exportados entre abril de outubro de 2006 e setembro de 2007

Categorias	US\$ bilhões	%	% acum.	Peso, t	US\$/t
Veículos automotivos e partes	12.715.907.509	8,3	8,3	1.897.088	6.702,86
Máquinas e equip.mecânicos	11.350.247.420	7,4	15,7	1.711.682	6.631,05
Combustíveis diversos	11.260.010.821	7,3	23,0	30.394.314	370,46
Complexo soja	10.273.678.812	6,7	29,7	38.042.243	270,06
Minério de ferro	10.200.950.469	6,7	36,4	261.214.562	39,05
Semi-manuf.siderúrgicos	9.694.699.892	6,3	42,7	17.344.860	558,94
Carnes diversas	8.991.185.569	5,9	48,6	5.112.821	1.758,56
Máquinas e equip.elétricos	6.251.247.328	4,1	52,6	545.579	11.458,01
Açúcar (de cana e outros)	6.133.151.404	4,0	56,6	21.085.102	290,88
Aeronaves e partes	4.353.988.964	2,8	59,5	4.081	1.066.892,66
Café	3.340.490.927	2,2	61,7	1.542.333	2.165,87
Etanol	1.653.673.651	1,1	62,7	2.982.169	554,52
Outros produtos	57.230.847.514	37,3	100,0	69.034.323	829,02
Total	153.450.080.280			450.911.157	340,31

Fonte: AliceWeb/MDIC (14/10/2007)

Verifica-se que as seis primeiras categorias - entre elas soja e minério de ferro - responderam por 42,7% das exportações. Na mesma tabela constata-se que grande parte dos produtos exportados apresentam reduzida relação US\$/t, decorrente do baixo valor agregado e da grande massa que possuem. É o caso principalmente da soja, do minério de ferro, dos combustíveis e do açúcar. A média geral apurada foi de US\$ 340,31 por tonelada exportada. Nas importações do mesmo período, no total de US\$ 110.270.766.961 (ALICEWEB, 2007) a média foi de US\$ 949,30 por tonelada. Esses números levam à constatação de que os custos unitários do transporte interno para os produtos de baixo valor agregado devem ser reduzidos reduzidos. Caso contrário, a competitividade no mercado internacional será afetada pelos concorrentes com menores custos logísticos. Se forem consideradas as categorias de produtos com maior valor agregado, constata-se que o País já alcançou o terceiro patamar da classificação de Rostow, o *take-off*, com crescente participação dos manufaturados. Para que realmente

esse nível seja alcançado em sua plenitude é necessário completar as exigências infra-estruturais da transição (estágio2).

VOOREN (2004) utiliza modelagem matemática para simular alternativas de ação, com o emprego de dados estatísticos e de coeficientes estimados. Em função dos resultados, propõe a construção de cenários que respondem, sob determinadas condições, à questão da interação entre transporte e economia. A característica marcante do trabalho desse autor é a escolha de um caminho diferente do usualmente empregado em modelos de planejamento de transportes, que geralmente trabalham opções excludentes; isto é, a economia influencia investimentos em transportes ou estes provocam mudanças positivas na economia.

No Brasil se pode afirmar que estudos sobre planejamento de transportes, em bases científicas, começaram nos anos 60 com a criação do Grupo Executivo para a Integração da Política de Transportes – GEIPOT, instituído pelo o Decreto nº 57.003, de 11 de outubro de 1965 (www.geipot.gov.br). A criação do GEIPOT, então um grupo interministerial, foi, provavelmente, inspirada pelo Banco Mundial que, na mesma época, financiou um estudo denominado *Brazil Transport Survey*, que, mais tarde, também influenciou a criação do Programa de Desenvolvimento do Setor de Transportes – PRODEST (PNLT, 2007). Em 1969, por meio do Decreto-Lei nº 516, o GEIPOT, mantida a sigla, tornou-se Grupo de Estudos para Integração da Política de Transportes, subordinado ao Ministério de Transportes. Finalmente, em 1973, foi transformado na Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes, que atuou até 2001, quando foi extinta com a reestruturação do setor de transportes, conforme estabeleceu o Decreto nº 4.135, de 20/02/2002. Durante sua existência, o GEIPOT atuou, de fato, como gerador de conhecimento e de estudos de planejamento para o Setor de Transportes no Brasil.

Em 1996 foi lançado um programa denominado Brasil em Ação, destinado a realizar 42 empreendimentos que contribuiriam, de acordo com os planejadores da época, para o desenvolvimento sustentável. Três anos depois o número de empreendimentos foi

ampliado para 58 projetos. Foram consumidos recursos da ordem de R\$ 70 bilhões ao longo desse período (www.abrasil.gov.br, acesso julho 2007).

Em 1999, o Governo Federal lançou um novo programa em substituição ao Brasil em Ação – o Plano Plurianual de Investimentos - PPI para o período 2000-2003, que logo tornou-se conhecido como Avança Brasil, um ambicioso instrumento de planejamento constituído de 365 projetos. (www.planejamento.gov.br, acesso julho 2007), programa desenvolvido, em conjunto, pelo Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES. O programa previu investimentos em um total de R\$ 317 bilhões para serem aplicados em energia, transportes, telecomunicações, desenvolvimento social, meio ambiente, informação e conhecimento, que seriam desenvolvidos com recursos próprios e por meio de parcerias público-privadas. Apesar desses números grandiosos e da ambição de desenvolver um programa que criasse uma infra-estrutura compatível com a demanda por desenvolvimento, pouco foi realizado em razão de: (a) escassez de recursos próprios, por ter sido dada prioridade à obtenção de *superávit* primário; (b) não-regulamentação do programa de parcerias público-privada.

Em face da crescente pressão por investimentos em infra-estrutura, o Governo Federal criou, no início de 2007, o Programa de Aceleração do Crescimento – PAC, a ser executado no período 2007-2010. Os recursos envolvidos nesses quatro anos são da ordem de R\$ 503,9 bilhões, distribuídos de acordo com a Tabela 2.3.

Tabela 2.3 – Programa de Aceleração do Crescimento, 2007 – 2010

R\$ bilhões

LOGÍSTICA	58,3
Orçamento fiscal e da seguridade	33,0
Estatais federais e demais Fontes	25,3
ENERGIA	274,8
Orçamento fiscal e da seguridade	-
Estatais federais e demais Fontes	274,8
INFRA-ESTRUTURA SOCIAL	170,8
Orçamento fiscal e da seguridade	34,8
Estatais federais e demais Fontes	136,0
TOTAL PAC	503,9
Orçamento fiscal e da seguridade	67,8
Estatais federais e demais Fontes	436,1

Fonte: www.planejamento.gov.br, acesso em julho 2007

Sob o ponto de vista de planejamento não se pode considerar que o PAC seja um programa, no padrão como foi concebido o Avança Brasil. Está mais para uma listagem de empreendimentos, já previstos no PPI 2000-2003, que foram considerados prioritários segundo critérios discutidos na cúpula do governo federal. O PNLT, lançado alguns meses depois, foi elaborado com metodologia participativa e destinado, numa primeira etapa, a embasar o Plano Plurianual PPA 2008-2011. Os dados do PNLT (BRASIL, 2007a) também deverão, de acordo com os seus formuladores, servir de base para a elaboração do PPA 2012-2015 e, também, como indicação para os demais PPA até 2023, que é o limite temporal das propostas do PNLT.

Em termos de planejamento estratégico para o setor de transporte, houve, de fato, uma estagnação nas últimas duas décadas, como é fundamentado no PNLT, que ressalta a importância do GEIPOT para a criação de uma estrutura de estudos avançados relativos ao setor de transporte.

Um ponto relevante entre os objetivos do PNLT é ambição de, por meio das ações propostas, contribuir para mudança radical na matriz de transporte brasileira. Com efeito, é esperado que, no horizonte entre 15 e 20 anos, o modo ferroviário passe a representar 32% da matriz de transporte de cargas, contra os atuais 25%. Nessa mesma

perspectiva, o modo aquaviário sairia dos atuais 13% para 29%. Finalmente, explicita o PNLT, o modo rodoviário atingiria, no mesmo intervalo de tempo, o patamar de 33%. Alterações menores ocorreriam, também, com os modos dutoviário e aéreo, que atingiriam 5 e 1%, respectivamente.

As figuras 2.1 e 2.2. mostram, dentro do ponto de vista do PNLT, as situações em 2005 e a projetada para 2025.

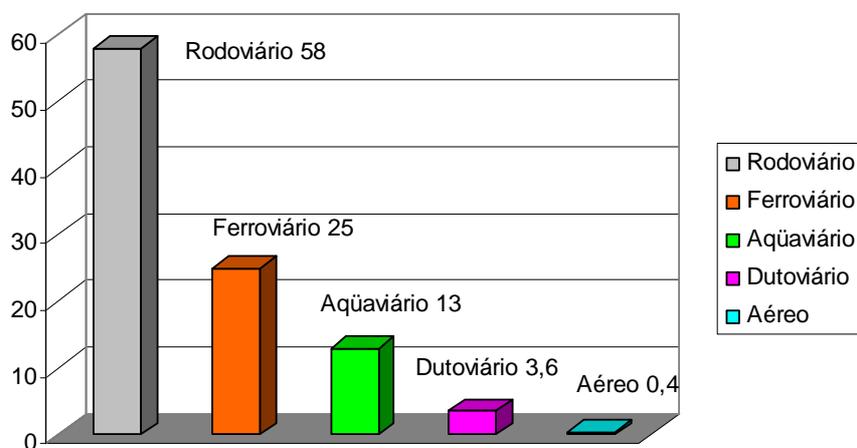


Figura 2.1 – Matriz de Transporte, 2005
 Fonte: PNLT (2007, p.8)

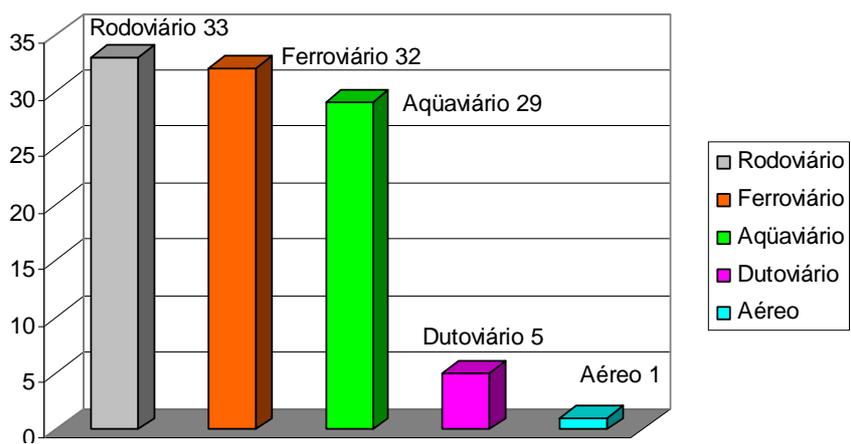


Figura 2.2 – Matriz de transporte projetada, 2023
 Fonte: PNLT (2007, p.8)

Para que seja atingida a meta prevista quanto à matriz de transporte nos próximos 15 anos, é essencial que ao longo desse período as ações de planejamento sejam orientadas no sentido de privilegiar, ao máximo, a oferta de alternativas nos modos aquaviário e ferroviário, de modo que um processo gradativo de transferência intermodal seja implantado. Com isso, a infra-estrutura de transporte poderá contribuir para o alcance de metas relacionadas tanto a crescimento como a desenvolvimento, além de oferecer condições para que os custos internos sejam reduzidos e facilitem o aumento da participação brasileira no comércio mundial.

2.4. Transporte e comércio exterior

O problema de custos no comércio exterior, tanto na exportação como na importação, aflora com maior gravidade quando se consideram os custos internos de transporte. A Tabela 2.4 mostra uma estimativa de custo médio de transporte, aplicável para os trajetos internos em US\$/10³TKU, construída com base nos dados do Sistema de Informações de Fretes da ESALQ/USP (SIFRECA, 2007).

Tabela 2.4. – Estimativa de custo médio de transporte, por modo, em US\$/10³TKU*

Modo de transporte	Custo interno	Custo externo (marítimo)	Total
Rodoviário	65,00	59,35	124,35
Ferrovário	46,36	59,35	105,71
Hidroviário interior	23,35	59,35	82,70

Fonte: própria, baseada em dados do SIFRECA (2007) (*) Custo interno

A diferença entre os custos internos rodoviário e hidroviário interior é da ordem de 178%. Comparado com o ferroviário essa diferença cai para 99%. Esclareça-se que a estimativa é média, havendo grandes diferenças; por exemplo, o custo de frete ferroviário entre Porto Franco – MA e o porto de Itaqui-MA, é de US\$ 30,40/10³ TKU enquanto que entre Pederneiras-SP e Santos-SP é de US\$ 58,64/10³ TKU (SIFRECA,

2007). A explicação está em que o primeiro trajeto é realizado pela VALE que, provavelmente, estaria trabalhando com custo marginal (custo para produção de uma unidade adicional), porque o seu foco é o transporte de minério de ferro. NOVAES (2004, p.230) explica, com precisão, o conceito de custo marginal aplicado aos transportes de mercadorias. O que se pretende ressaltar é o impacto que o frete rodoviário traz para o custo da soja posto no porto de destino, no exterior. Considerando-se a cotação média em setembro de 2007, na bolsa de Chicago, que foi de US\$ 270/t, tem-se que o custo interno transporte rodoviário representa 24,1% do preço F.O.B. porto de embarque. Como a distância média interna do Brasil é superior à da Argentina, terceiro maior exportador de soja e como o grande concorrente e segundo maior exportador, os Estados Unidos, transportam o produto essencialmente por meio de hidrovias interiores, é imperativo que o Brasil aja no sentido de reduzir a participação do modo rodoviário no transporte da soja e de produtos agrícolas semelhantes, com baixo valor agregado.

O comércio internacional, estimulado pela globalização cresceu, em termos de volume, o dobro da produção mundial, demonstrando a importância do transporte nesse novo ambiente. A circulação de mercadorias entre países aumentou consideravelmente, fato que pode ser confirmado pela leitura da Tabela 2.5, onde é mostrada a evolução dos dois segmentos da economia mundial, sob a forma de índice, considerado o ano de 1995 como base.

Tabela 2.5 – Evolução do comércio e da produção mundiais de mercadorias
Base 1995 = 100

Segmento econômico	1950	1970	1990	1995	2003
Comércio mundial	6	31	76	100	150
Produção mundial	17	50	94	100	124

Fonte: UNCTAD – United Nations Conference on Trade and Development

Uma das razões para a inversão, a partir dos anos 90, foi, provavelmente, o fracionamento e o deslocamento da produção dos países desenvolvidos para os emergentes, tanto por questões de custo (a principal), como por questões ambientais.

O grande impacto ocorreu na Ásia, com a Coréia assumindo um papel de destaque no comércio mundial. Além da Coréia, Singapura, Taiwan e Malásia, entre outros, experimentaram grande crescimento nas suas exportações. A esse grupo, juntou-se a China, com um crescimento extraordinário, aumentado com a reintegração de Hong Kong. Nesses países, particularmente na China (Hong Kong), o transporte multimodal é, entre outros fatores, parte significativa para o elevado nível de competitividade que apresentam. Os grandes complexos portuários de Hong Kong e Singapura, os maiores do mundo em termos de movimentação de contêineres, são concentradores (*hub ports*), recebendo (matéria-prima e componentes em geral) e remetendo (produtos acabados) contêineres para todo o mundo. Tanto os que entram, como os que saem, principalmente em Singapura e em Hong Kong, fazem parte de um processo logístico de transporte multimodal, que integra, basicamente, três modos - ferrovias, rodovias e aquavias. Isso é feito de forma a minimizar o custo dos transportes, principal item de custo logístico total. Daí a importância da existência de uma boa infra-estrutura de transportes, considerado o nível de competitividade do mercado internacional. O Banco Mundial estima que os custos logísticos, no Brasil, representem 20% PIB, com o custo do transporte sendo o principal componente (PNLT, 2007:71). Outros seriam a carência de terminais intermodais, de instalações de armazenagem e de transferência, o desperdício nos transportes e na armazenagem, a carga tributária em cascata, encargos sociais, juros elevados, política cambial, participação desprezível nos fretes internacionais e outras.

Esse quadro dos custos de transporte e do seu entorno, no Brasil, induz à reflexão sobre o que SEASSARO (1999, p.133 *apud* MONIÉ e VIDAL, 2006) afirmou sobre utilização da função transporte como agregador de valor aos negócios:

[...] em relação à queda dos custos de transporte, a circulação de cargas é, com efeito, sempre menos sensível ao fator distância entre o porto e lugar de origem ou destino terrestre das mercadorias. Inversamente, ela é cada vez mais sensível a diferentes fatores relativos, principalmente, ao tempo e ao custo de manipulação das cargas, assim como ao nível dos equipamentos de serviços complementares à movimentação. (p.981)

Quando SEASSARO (*idem*) discorre sobre a queda nos custos de transporte é certo que está se referindo ao transporte marítimo internacional, porque no caso dos custos de transporte interno – *manipulação das cargas* – a situação é diversa, como escreve o citado autor, principalmente nos países de grande extensão territorial e em processo de

desenvolvimento. Sobre esse ponto, relatório recente da UNCTAD (2007) ressalta que a situação atual de países em desenvolvimento é pior do que anteriormente, devido à elevação dos custos de transportes internos e à baixa conectividade. Dessa forma, para que a competitividade internacional seja alcançada é necessário trabalhar tanto as vantagens da redução dos custos do transporte marítimo como a eficiência do transporte interno conectado entre os modos terrestres, portos e terminais, seja para exportação como, também, para o mercado interno, com o uso da vantagem de se ter um litoral com cerca de 8,5 mil quilômetros de extensão.

Em síntese, são muitos os desafios impostos aos formuladores de políticas em relação à infra-estrutura de transporte como impulsionadora do comércio exterior, nos dois sentidos (exportação e importação). Entre eles podem ser propostos os seguintes:

- Intervenção na matriz de transporte de carga com o oferecimento de alternativas que facilitem a implantação da intermodalidade;
- Redução da distância física entre os portos de entrada/saída do país e os mercados internacionais para compensar os custos internos com a movimentação de mercadorias. Produtos agrícolas, de baixo valor agregado, devem ser embarcados o mais próximo possível dos mercados compradores a fim de se reduzir o valor do frete e dos seguros;
- Implantação de corredores de transporte, integrados com as hidrovias e com projetos de desenvolvimento econômico e social, de modo a minimizar os custos de movimentação interna das mercadorias;
- Aceleração do debate nacional sobre o porto concentrador (*hub port*) do País. Não existe, ainda, porto concentrador em todo o Atlântico Sul, o que contribui para o aumento dos custos de transporte, pela maior quantidade de navios porta-contêiner necessários ao atendimento das demandas de importação e de exportação. Os custos de transporte (frete) são estabelecidos em US\$/t para granéis e US\$/TEU para cofres de carga. Esses custos estão decaindo,

influenciados pela oferta de navios com capacidade cada vez maior (CONTAINERIZATION INTERNATIONAL, 2002).

- Aplicação da Lei nº 9.611, de 19 de fevereiro de 1998, regulamentada em 2000, que dispõe sobre o Transporte Multimodal de Cargas. Esse tipo de transporte é regido por um único contrato (inclusive seguro), independentemente dos modos empregados para a realização do transporte. Foi criada a figura do Operador de Transporte Multimodal - OTM, que é o responsável por toda a operação de transporte.

A despeito do relativo sucesso, a participação do Brasil no comércio internacional, em 2005, ainda foi modesta; não mais que 0,95%, resultado do total mundial de US\$ 20,67 trilhões contra US\$ 195,89 bilhões do Brasil (OMC, 2006). Na Tabela 2.6. são mostrados, com mais detalhes, os principais dados sobre o comércio mundial.

Tabela 2.6 – Comércio Mundial entre 2003 e 2005

Região	Exportação			Importação		
	2005	2004	2003	2005	2004	2003
Mundo	10.159	9.203.000	7.578.000	10.511.000	9.556.000	7.857.000
América do Norte	1.478.000	1.162.965	1.106.240	2.284.735	2.011.405	1.727.465
Estados Unidos	904.383	818.775	724.771	1.732.348	1.525.516	1.303.050
América do Sul et*	354.900	283.800	219.000	297.600	242.700	189.700
Brasil	118.308	96.475	73.084	77.585	66.433	50.845
Europa	4.371.915	4.050.855	3.386.495	4.542.675	4.160.880	3.461.555
CIS (Rússia et**)	340.205	265.485	194.595	215.960	172.980	132.280
África	297.700	230.000	176.700	249.300	210.200	163.100
Oriente Médio	538.000	399.100	302.500	322.100	275.700	210.200
Ásia	3.050.900	2.650.500	2.136.100	2.871.000	2.481.800	1.972.300
China	761.954	593.326	438.228	660.003	561.229	412.760
Japão	594.905	565.675	471.817	514.922	454.542	382.930
Outros asiáticos	983.000	877.678	707.804	905.000	793.859	625.085

Fonte: Relatório Anual da OMC – 2006 (*) Caribe (**) Comunidade Integrada

Em 2006, o comércio mundial atingiu à marca de US\$ 24,7 trilhões contra US\$ 228,9 bilhões do Brasil (UNCTAD, 2007), que permaneceu com participação abaixo de 1%; ou seja, 0,93%, ligeiramente menor que em 2005. Com esses números ocupa a 23ª posição no comércio mundial (OMC, 2006), o que não é compatível com sua posição em termos de PIB, bem superior, oscilando entre o 10º e 15º lugares, dependendo da variação cambial e da metodologia adotada para o cálculo. Em princípio, a leitura a ser feita é de que o Brasil apenas acompanhou, de forma vegetativa, o crescimento do comércio mundial, sem aumentar em termos reais sua participação no total das transações.

Embora haja crescente contribuição dos produtos manufaturados para a pauta de exportações, são os produtos primários, como minério de ferro, complexo soja e combustíveis, os grandes responsáveis pelos números das exportações brasileiras. No horizonte de curto e médio prazos, o cenário não será diferente, haja vista a vocação natural do Brasil para a produção de itens da cadeia de alimentar, tanto de origem vegetal como animal. Assim, entre os problemas a serem considerados, para efeito de planejamento econômico, apontam-se as variáveis que interferem na competitividade dos grãos, particularmente da soja, no mercado internacional, onde o Brasil é o maior exportador. A importância do tratamento desse problema decorre, entre outros, de quatro fatores: (a) a soja é uma *commodity* com preço de venda estabelecido pelo mercado (Bolsa de Chicago), influenciado, ainda, pelo pagamento de prêmios de equalização; (b) os Estados Unidos, cujo governo subsidia o seu *agribusiness*, é o maior produtor e segundo exportador mundial de soja; (c) a influência da produção do etanol, nos Estados Unidos, privilegiando a cultura do milho, fator positivo em relação à soja exportável pelo Brasil; e (d) a instabilidade do dólar no mercado internacional, com desvalorização crescente, particularmente frente ao real.

Diante desse cenário, a manutenção da competitividade no mercado internacional exige soluções relacionadas ao custo do produto exportável, posto no porto de embarque. Um dos itens de peso financeiro sob o domínio do exportador é o custo logístico que, no caso da soja, compreende basicamente os custos de transporte, de armazenagem, de transbordo e de embarque. Em um país como o Brasil, com 8.514.215 de km² (IBGE,

2000), o custo interno com o transporte da soja, no modo rodoviário corresponde a aproximadamente 25% do preço F.O.B. porto de embarque (número obtido com o cruzamento da cotação da Bolsa de Chicago com dados da Tabela 2.4).

A escolha da soja, produto de grande volume e baixo valor agregado, como referência para discussões sobre infra-estrutura logística, deve-se à necessidade de essa característica exigir soluções logísticas otimizadas e, também, por ser um produto-chave na cadeia alimentícia mundial, situação que se manterá, ainda por longo tempo. Daí a relevância de medidas que contribuam para consolidar o País como grande pólo exportador. Acrescente-se que a soja também tem importante participação na cadeia farmacêutica, na de cosméticos e, resalte-se, na de biocombustíveis.

Em termos de planejamento regional, um benefício a ser obtido com a criação de uma infra-estrutura racional para o transporte de produtos de baixo valor agregado é o desenvolvimento de Arranjos Produtivos Locais – APL, também conhecidos como *clusters*, reunião de produtores de bens e serviços integrados às facilidades locais de suprimento, que poderão beneficiar-se da infra-estrutura de transporte para o escoamento dos seus produtos. A indústria moveleira e a produção de alimentos na cadeia produtiva da soja são bons exemplos para esse tipo de iniciativa.

Deve ser enfatizado, também, que as conexões produzidas pela integração entre as diversas modalidades de transporte poderão contribuir efetivamente para o desenvolvimento econômico das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, na medida em que a circulação de mercadorias seja um dos fatos geradores de empregos.

O comércio exterior é, portanto, um segmento para o qual o governo vem dirigindo parte significativa de seu planejamento estratégico, no sentido de alavancar as exportações. Segundo WOOD *et al.* (1995, p. 9) "todas as nações gostariam de exportar mais do que importam, a fim de gerar um saldo positivo no comércio, que ajudaria a alavancar tanto a moeda nacional como a geração de empregos." Apesar do otimismo com relação ao saldo comercial positivo e crescente, obtidos no período 2003-2006, deve ser enfatizado, mais uma vez, o crescimento do comércio internacional em geral e

a valorização crescente do real frente ao dólar norte-americano, questões que devem ser consideradas quando se discute a eficiência da infra-estrutura de transporte do país. Quanto às importações, estas têm aumentado e isso é natural, porque, de um modo geral, os grandes países mantêm um certo equilíbrio na relação exportação/importação. O Brasil é um dos poucos em que ocorre, ainda, um elevado desnível entre exportações e importações. Como a indústria brasileira já trabalha com níveis de ocupação elevados e quase no limite (FIESP, 2007) é provável que as importações sejam incrementadas a fim de cobrir os investimentos necessários à ampliação do parque industrial.

Por outro lado, o aumento real das exportações não depende de simples manifestação de vontade governamental e sim de ações concretas em diversos campos, a saber: (a) na área tributária, com a adoção de reformas que reduzam a acumulação de custos ao longo da cadeia de valor, decorrente de impostos cumulativos sobre o processo produtivo; (b) na área dos encargos sociais, com modernização da forma de atribuição dos mesmos, diferenciando empresas por tamanho, capacidade de geração de empregos, atuação em direção às exportações, etc.; (c) implantação de procedimentos já previstos em documentos legais, como a Lei nº. 8.630/93, de 25/02/93, que alterou o regime jurídico dos portos organizados, assim como a implantação de aeroportos-indústria, tornada possível com a regulamentação federal (SRF/MF, 2003); (d) implantação, nos principais portos brasileiros, do Código Internacional de Proteção de Embarcações e Instalações Portuárias (*ISPS Code*), sem a qual é certo que haverá problemas quanto à exportação de mercadorias de maior valor agregado; (e) redução gradativa da taxa básica de juros; (f) implantação de procedimentos de financiamento à produção, particularmente no setor de agroindústria; (g) construção de uma infra-estrutura de transportes integrada, envolvendo os principais modos (rodoviário, ferroviário e aquaviário), com vistas à efetiva prática da multimodalidade; e (h) recuperação, sob o ponto de vista físico, dos principais portos brasileiros, principalmente quanto aos acessos, tanto por terra como pelo meio aquaviário.

Como o Brasil é um país de dimensões continentais nos sentidos transversal (leste/oeste) e longitudinal (norte/sul), grande parte das cargas de baixo valor agregado é transportada, por rodovias, nos dois sentidos, em percursos algumas vezes superiores a

2.000 km. É fundamental que seja criado um diferencial competitivo – redução dos custos internos de transporte – destinado a compensar fatores adversos. Entre esses, citam-se a distância marítima dos mercados consumidores externos e internos, as especulações do mercado mundial de *commodities* e os subsídios governamentais oferecidos aos produtores de outros países, além das barreiras não tarifárias, incluídas as de proteção sanitária.

Essas reflexões são feitas no sentido posicionar o Brasil no contexto da globalização e, particularmente, diante dos problemas de infra-estrutura de transporte, considerando-se que o mercado exterior é parte da estratégia de desenvolvimento nacional.

2.5. Custos logísticos e investimentos em infra-estrutura de transporte

Não se tem um consenso sobre o significado exato de custo logístico, afirmativa feita com base na revisão da literatura que mostra discrepâncias dos autores sobre que atividades deveriam ser incluídas na sua conceituação. GONZALEZ *et al.* (2007 p. 7) quando trata do assunto, relacionando-o à infra-estrutura de transporte, particularmente naqueles países com grande inserção no comércio internacional, afirma que custos logísticos incluem:

[...] custos de transação – aqueles relacionados ao transporte e comércio (processamento de licenças, alfândega, padrões), custos financeiros (estoques, armazenagem, segurança) e custos não financeiros (seguros).

A definição proposta pelo autor pode ser ampliada e adaptada a cada ambiente. No Brasil, custos administrativos na aquisição, inclusive licitações públicas, podem ser incluídos com parte dos custos logísticos, do mesmo modo que estoques em trânsito, dada a sua extensão territorial. Estudos detalhados sobre custos logísticos internos, aplicáveis à realidade brasileira, foram produzidos por NOVAES (2004), nos quais foram incluídas as variáveis diretamente relacionadas com a malha de transporte empregada para a distribuição de produtos. Dada a importância dos custos internos para

um país como o Brasil, pode-se complementar o conceito de GONZALEZ *et al.* (*op.cit.*) com os detalhes apresentados por NOVAES (*op.cit.*).

Em função da diferença entre os conceitos adotados pelos países, a comparação de custos logísticos internacionais se torna pouco precisa. Estudo do BANCO MUNDIAL (2007) mostra dados muito diversos sobre um dos elementos importantes do custo logístico no mundo. Na tabela 2.7 são mostrados os custos médios, por contêiner, na exportação e na importação.

Tabela 2.7 – Custos logísticos associados no comércio internacional

Economia	Exportação, US\$ por contêiner	Importação, US\$ por contêiner
Leste Asiático e Pacífico	884,80	1.037,10
Europa e Ásia Central	1.450,20	1.589,30
América Latina e Caribe	1.067,50	1.225,50
Oriente Médio e Norte da África	923,90	1.182,80
OECD	811,00	882,60
Sul da Ásia	1.236,00	1.494,90
África Sub-Sahara	1.561,10	1.946,90
Estados Unidos	625,00	625,00
Argentina	1.470,00	1.750,00
Brasil	895,00	1.145,00
Chile	510,00	510,00
Colômbia	1.745,00	1.773,00
Costa Rica	660,00	660,00
México	1.049,00	2.152,00
Peru	800,00	820,00
Uruguai	552,00	666,00

Fonte: Parte do Relatório “Fazendo Negócios”, Banco Mundial (2007)

A situação da América Latina oferece resultado positivo se comparada com outras regiões, com exceção dos países integrantes da OECD. A situação brasileira é regular se comparada ao Chile, Peru e Costa Rica. Em relação aos grandes competidores internacionais há um grande espaço para melhorar seu desempenho. A Figura 2.3 mostra o desempenho dos custos logísticos no Brasil em relação ao PIB, em comparação com outros países e com média dos países da OECD.

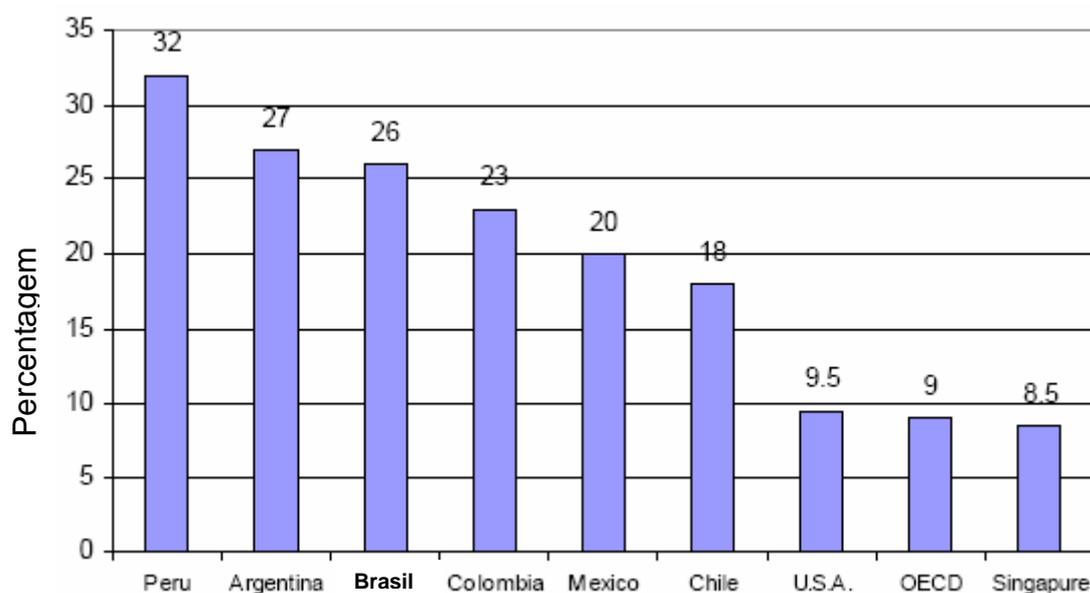


Figura 2.3 – Custos logísticos como porcentagem do PIB

Fonte: Guasch e Kogan, 2006

Os números brasileiros demonstram um elevado descompasso entre os custos logísticos e o desempenho dos setores produtivos do país. Ao compará-los com os de dimensões semelhantes, como os Estados Unidos, o custo brasileiro é três vezes maior, provavelmente em função das diferenças entre as matrizes de transporte. No Brasil o transporte é concentrado no modo rodoviário e, nos Estados Unidos, prevalece um equilíbrio entre os modos na movimentação de carga, permitindo compatibilizar modo de transporte e valor agregado.

Os custos logísticos têm influência determinante na gestão da cadeia de suprimentos, decorrente, entre outros aspectos, da necessidade de realizar *trade-offs* onde o transporte, *outsourcing* e estoques tornaram-se variáveis de grande valor no processo

competitivo entre as cadeias. De acordo com MACULAN FILHO e CAVALCANTI NETTO (2001, p.59) "no cenário da liberação das economias e competição entre cadeias de empresas, esse processo indica ser tendência duradoura". Isso tem gerado um crescente relacionamento entre os integrantes da cadeia de suprimentos, produzindo novas formas de colaboração, de modo a tornarem competitivas as respectivas cadeias no mercado internacional.

O principal elemento motivador desse processo de aproximação e parceria é a busca por menores custos logísticos. No Brasil, esses custos estão na ordem de 26% do PIB, de acordo com a metodologia do Banco Mundial divulgada por GUASCH e KOGAN (2006), dos quais o custo de transporte corresponde a 31,8%, significando que a relação custo de transporte/PIB é de 8,3%. Estes números são objeto de atenção dos setores empresariais e de governo por ser a infra-estrutura de transporte vetor relevante na acumulação de custos ao longo da cadeia de suprimentos. Dada a natureza continental do Brasil, tais custos assumem papel significativo, porque os mercados, tanto interno como externos, dependem de uma malha de transporte multimodal eficiente, que torne os produtos competitivos. Não se deve, contudo, considerar custos como a principal meta na construção de uma matriz de transporte otimizada. O desenvolvimento sustentado, ao longo de corredores de transporte e das vias subjacentes, é, provavelmente, o fator que produzirá maior contribuição para o crescimento e desenvolvimento do País.

Os custos logísticos têm sido um desafio constante para os gestores das cadeias de suprimento. No entanto, dadas as características da economia brasileira antes do Plano Real, instituído em 1994, controle de custos não era a maior preocupação dos negócios em geral. As formas contábeis clássicas bastavam para alimentar as planilhas de custos que, invariavelmente, eram repassadas adiante, dentro do que, atualmente, denomina-se cadeia de valor. Com a abertura dos mercados e com a moeda sob controle, percebeu-se que não bastava ratear custos, segundo os manuais de contabilidade clássicos. O mercado tornou-se elástico, dentro do conceito econômico, e as empresas foram desafiadas a reduzir custos, de forma sistemática e racional, para se manterem competitivas. Custos na produção direta estão com a capacidade de redução limitada,

em função dos cortes de pessoas, da automatização crescente e das negociações com fornecedores, à luz das planilhas de custos dos materiais diretos. Restou o processo logístico, onde despontam os custos de transporte, de estoques, de armazenagem, de processamento de pedidos e de distribuição, representando a quase totalidade dos custos logísticos. Estes são, sem dúvida, um dos desafios impostos aos gestores dos tempos atuais.

Ao se refletir sobre o assunto, algumas questões exploratórias despontam. Está a solução dos problemas de custos logísticos relacionada à metodologia – na compreensão da cadeia de suprimento (sob o ponto de vista de custos) – na cultura empresarial brasileira (pouco colaborativa, não disposta a trocar informações) – na matriz de transporte de carga, concentrada no modo rodoviário – na elevada, quase 40% do PIB carga tributária? ou, no desperdício endêmico?

A partir da última questão, lembra-se que especialistas em custos acreditam que, na indústria, funciona a máxima que se pode chamar de ‘20/40’; isto é, as empresas com bom desempenho são aquelas que têm um desperdício equivalente a 20% do custo dos produtos vendidos, enquanto as de mau desempenho estão na ordem de 40% ou mais. Esses números resultam de todos os tipos de desperdício, incluindo projeto, fabricação, retrabalho, armazenagem, distribuição, danos ao meio ambiente e logística reversa. Nas grandes cidades brasileiras, as pessoas ainda ‘varrem’ suas calçadas com água potável, hoje reconhecidamente um produto escasso e caro. O consumo pouco racional da energia elétrica é outro sumidouro por onde escoam boa parte dos custos de produção associados à logística. Um dos maiores desperdícios encontra-se na forma de uso dos modos de transporte, onde quase 60% da carga, em TKU, é transportada por rodovias (DNIT, 2005), com o emprego de equipamentos com baixa eficiência energética, em estradas precárias e mal conservadas.

A cadeia de suprimentos, desde sua origem, no fornecedor primário, acumula em cada produto que a integra, custos de materiais, mão-de-obra, serviços agregados, impostos e outros, agregados como indiretos. Entre esses, esconde-se a maior parte dos custos logísticos representados, principalmente, por custos de transporte, de financiamento de

estoques, de armazenagem, tributos em cascata e outros. Não se pode estabelecer um número preciso, porém, considera-se que os custos logísticos, em termos médios, estejam embutidos nos custos dos produtos entre 10 e 30% do mesmo (CHRISTOPHER 1997). Produtos importados, de pequeno valor agregado, têm custos logísticos muito acima desses números, representados, principalmente, pelo de transporte.

Cada componente de uma cadeia de suprimentos adiciona valor ao seu produto. Esse valor corresponde, aproximadamente, ao preço de venda menos matéria-prima, componentes e serviços adquiridos. Essas aquisições trazem, no seu bojo, os custos logísticos incorridos no processo anterior de adição de valor e, assim, por diante. Desse modo, quanto mais próximo do consumidor final a empresa estiver, maior quantidade de custos logísticos embutidos nas diversas etapas da cadeia logística estará agregada.

CHRISTOPHER (idem) descreve os valores adicionados pelos diversos elos da cadeia de suprimentos em que a Xerox® está inserida. A maior parte do valor adicionado (68%) fica fora do controle da empresa, o que a levou a desenvolver maior relacionamento com seus fornecedores para implantar parcerias no gerenciamento da cadeia, pesquisando os custos logísticos, principalmente os de transporte, que vêm embutidos em todos os produtos intermediários. Esses custos são ignorados em grande parte das organizações, sendo tratados em um nível de agregação muito alto, o que força sua alocação sob a forma de absorção. O custo de transporte deve ser calculado isoladamente e servir como referência para que sejam negociadas parcerias ao longo da cadeia de suprimento, a fim de minimizá-lo. Nesse ponto, a avaliação do impacto decorrente do funcionamento da infra-estrutura de transporte é essencial para que se possam buscar alternativas para a redução do mencionado custo. Investimentos são necessários para que os custos de transportes se reduzam, seja pela melhor qualidade dos modos, principalmente o rodoviário, seja pela máxima utilização do transporte multimodal. Na visão de GONZALEZ *et al.* (2007), os custos logísticos estão relacionados à necessidade de que haja alinhamento e interdependência de ações entre três grandes integrantes da cadeia de suprimento: (a) transporte; (b) empresas logísticas; e (c) facilidades no comércio. Apesar de a infra-estrutura ser a parte *hard* do sistema, a análise e a escolha das políticas para o setor não devem ficar restritas à

solução de gargalos físicos. Fatores como regras e procedimentos de regulação dos serviços, - a parte *soft* - devem ser igualmente considerados. Assim, os autores afirmam que o bom funcionamento da infra-estrutura como parte do sistema logística depende, tanto de setores públicos como privados. Na Figura 2.4 é mostrada uma adaptação quanto sobre o relacionamento entre o público e o privado, no modelo proposto originalmente por GONZALEZ *et al* (2003).

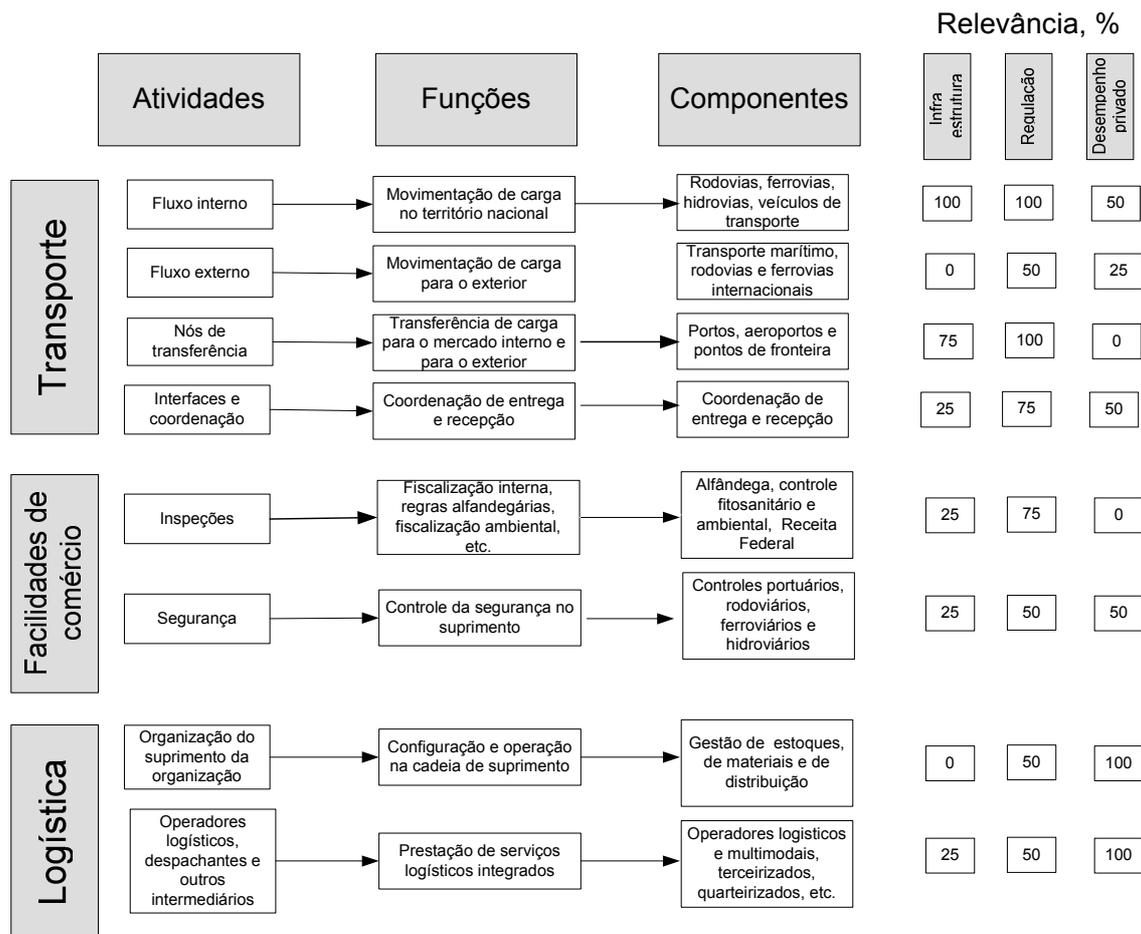


Figura 2.4 – Atividades, funções e componentes inter-relacionados com a infra-estrutura de transporte

Fonte: Adaptado de BANCO MUNDIAL (2006) *apud* GONZALEZ *et al.* (2007)

Este modelo é passível de discordâncias quanto à densidade das relevâncias. Por exemplo, em Transporte, a relevância atribuída ao impacto entre infra-estrutura e fluxo externo é nula, o que se contrapõe aos custos logísticos, considerando-se o resultado final. É evidente que esse par de impactos é naturalmente menor, se comparado com o

fluxo interno, no caso considerado 100%. Outros pontos também seriam objeto de discussão; porém o valor do referido modelo consiste em demonstrar a integração dos atores no processo logístico e na respectiva avaliação do papel dos custos envolvidos.

No contexto financeiro é fundamental analisar, além dos custos logísticos, os investimentos necessários para construção de uma infra-estrutura de transporte em curto, médio e longo prazos. Nesta tese, o horizonte considerado é o de planejamento até 15 anos. As necessidades brutas de investimentos, processadas pelo PLNT (BRASIL, 2007) para os sete vetores logísticos propostos, com base no orçamento e em projeções próprias, indicam que em três etapas, 2008-2011, 2012-2015 e 2016-2023, será necessário investir em infra-estrutura de transporte cerca de 174,41 bilhões de reais, inclusive no sistema aeroportuário. Esse número, como registra o relatório do PNLNT (BRASIL, 2007) não deve ser considerado definitivo, porque a previsão aeroportuária ainda é precária e alguns projetos ferroviários de grande monta não foram incluídos, destacando-se; (a) o prolongamento da Ferronorte, de Rondonópolis-MT até Porto Velho – RO; (b) o prolongamento da Nova Transnordestina em direção ao eixo da Ferrovia Norte Sul; (c) a interligação da Ferrovia Norte-Sul com a malha ferroviária do Sudeste; (d) o prolongamento da ferrovia Nova Transnordestina até o oeste baiano; e (e) a extensão da ferrovia Norte Sul até Ribeirão Castanheiras e Lucas do Rio Verde – MT. Além desses empreendimentos, outro, de natureza ferroviária, também incluído no planejamento de longo prazo do Ministério de Transportes é a ligação ferroviária Cuiabá - Santarém. Com a exclusão dos investimentos previstos para o setor aeroportuário, são mostrados, na Tabela 2.8, os números projetados pelo PLNT. A última coluna refere-se aos valores médios, por km ou por projeto, calculados pelo pesquisador para que seja feita uma avaliação quanto aos valores usualmente praticados pelo setor de transporte.

Tabela 2.8 – Investimentos em infra-estrutura de transporte previstos até 2023

Período	Modo de transporte/tipo de projeto	Extensão, km ou nº de projetos	Recursos, R\$ milhões	%	Custo R\$/km ou R\$/projeto
2008-2011	Rodoviário	19.743	42.296	25,99	2.142.328,93
	Ferroviário	4.099	16.969	10,43	4.139.790,19
	Hidroviário	3.363	2.672	1,64	794.528,69
	Portuário	56	7.301	4,49	130.375.000,00
Subtotal			69.238	42,55	
2012-2015	Rodoviário	3.769	13.109	8,06	3.478.110,90
	Ferroviário	2.183	3.048	1,87	1.396.243,70
	Hidroviário	3.244	3.962	2,43	1.221.331,69
	Portuário	58	5.450	3,35	93.965.517,24
Subtotal			25.569	15,71	
Após 2015	Rodoviário	19.691	18.789	11,55	954.192,27
	Ferroviário	13.974	30.539	18,77	2.185.415,77
	Hidroviário	7.882	6.173	3,79	783.176,86
	Portuário	55	12.411	7,63	225.654.545,45
Subtotal			67.912	41,74	
	Rodoviário	43.203	74.194	45,60	1.717.334,44
	Ferroviário	20.256	50.556	31,07	2.495.853,08
	Hidroviário	14.489	12.807	7,87	883.911,93
	Portuário	169	25.162	15,46	148.887.573,96
Total geral			162.719	100,00	

Fonte: PNLT, BRASIL (2007a, p.17)

Os custos ferroviários estão irregulares para os três períodos, porém no global estão com valores em R\$/km dentro da média usualmente aceita por especialistas e pelo setor (ANTF, 2007). Os custos rodoviários estão acima da média, de acordo com os critérios adotados pelo DNIT (2007), que conduzem a valores médios abaixo de R\$ 10⁶/km. A média dos custos hidroviários está igualmente acima dos valores médios normalmente estimados pela ANTAQ. Contudo, há de se levar em conta outros fatores de custos, como obras-de-arte especiais, derrocamento, dragagem, e outros.

Estimou-se, com base em medições cartográficas, em 6.000 km o total das linhas ferroviárias a serem projetadas e construídas; inclusive a Cuiabá-Santarém. Com base no custo R\$/km previsto pelo PNLT, obteve-se o valor 14,98 bilhões de reais. Com a adição desse valor, a estimativa do montante dos investimentos previstos para os próximos 15 anos alcançará a cifra de 177,7 bilhões de reais. Isso representa cerca de 11,9 bilhões de reais/ano, valor próximo de 0,5% do PIB brasileiro, estimado em R\$ 2,2

trilhões, para 2006 (IBGE, 2007). Aparentemente não é uma cifra exagerada se forem consideradas as necessidades de investimentos em infra-estrutura de transporte. No entanto, é preciso adicionar a esses valores os custos de recuperação da malha rodoviária existente e os de manutenção dos novos empreendimentos. Em 2007, dos R\$ 10,878 bilhões orçados, na rubrica investimentos do Ministério dos Transportes, foram realizados somente R\$ 3,364 bilhões, que representaram apenas 30,9% do orçamento autorizado. A Figura 2.5 mostra a série histórica dos valores orçados em comparação com os realizados, no período 1998 a 2007. Os números de 2007 ainda não são definitivos, embora tenham sido fornecidos pelo SIAFI - Sistema Integrado de Administração Financeira do Governo Federal.

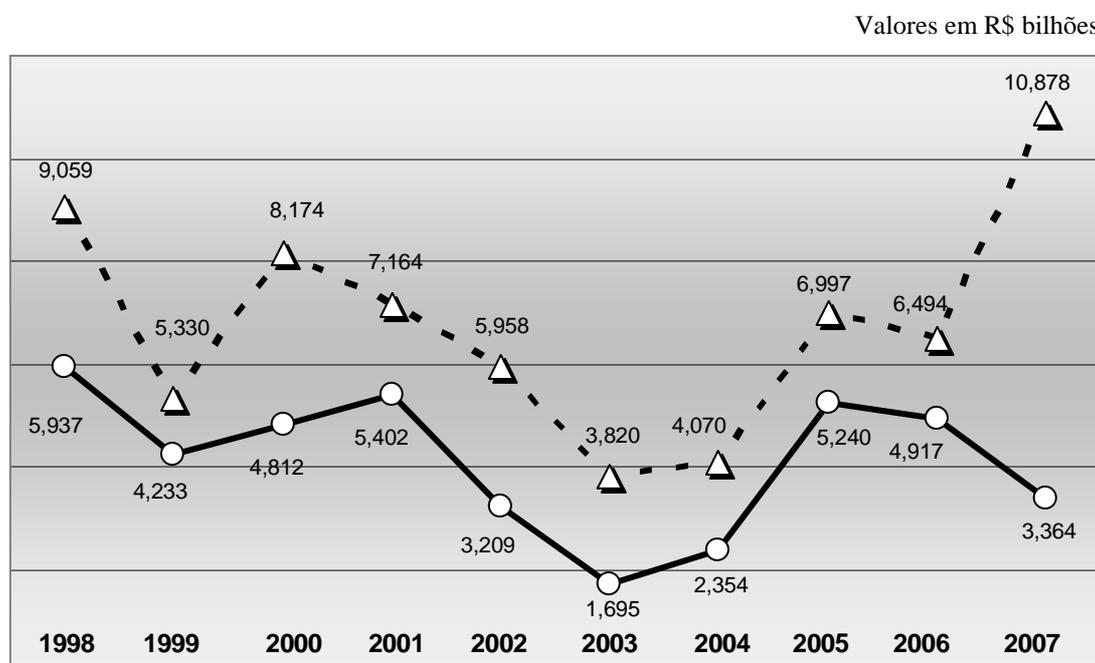


Figura 2.5 – Realização do Orçamento de Investimentos, Ministério dos Transportes 1998-2007

Fonte: SIAFI (2008)

Orçado - - - - -
Realizado - - - - -

Observa-se que, historicamente, tem ocorrido um hiato entre orçamento e aplicação, que é justificado pelos gestores públicos sob diversos argumentos. Esses números foram discutidos durante a fase de pesquisa, e obteve-se, como justificativa, intervenções e ações externas do Tribunal de Contas da União - TCU, da Controladoria Geral da União - CGU, da Casa Civil da Presidência da República, do Ministério do Meio Ambiente, entre outros. No órgão responsável pela execução dos projetos - DNIT - verificou-se

que parte desse *gap* sistemático decorre da falta de projetos e de instrumentos de gestão para escolher, com segurança, aqueles que devem ser priorizados, em função do orçamento disponível. Isso ficou evidente em 2007, quando houve um aumento de 67,5% dos valores orçados em relação a 2006, embora com montante inferior a 0,5% do PIB. Esse crescimento deveu-se às dotações referentes ao PAC. Assim, é razoável supor que algum tipo de instrumento metodológico expedito deva ser empregado para auxiliar na agilização do processo decisório. Na construção desse instrumento devem ser consideradas as variáveis que produzam impacto positivo na infra-estrutura de transporte e que observem os padrões do desenvolvimento sustentável.

2.8. Transporte e meio ambiente

O meio ambiente constitui-se parte significativa do desenvolvimento sustentável. O assunto toma vulto, na medida em que afeta diretamente a população, particularmente em função das visíveis mudanças climáticas que vêm ocorrendo no mundo. O transporte de pessoas e de cargas sempre representou um papel importante na economia dos povos desde os fenícios, na era A.C., passando pelos portugueses a partir do século XV. James Watt, com a invenção do vapor, tornou possível um novo salto nos transportes; primeiro com a criação, por Richard Trevithick, em 1804, da locomotiva a vapor e, logo a seguir, com a construção por Robert Fulton, do navio Clermont, lançado em 1807. O transporte desenvolveu-se, inicialmente, sob o modo aquaviário, basicamente marítimo. Mesmo já tendo sido criado um veículo a vapor por Cugnot, em 1765, somente no final do século XIX foi inventado o motor à explosão que propiciou, no início do século XX, a criação do automóvel, atribuído a muitos inventores e, também, do avião. Portanto esse século começou com os recursos de transporte disponíveis para os quatro do cinco modos existentes. Essa foi a *genesis* do transporte moderno, a partir da qual a atividade cresceu, significativamente, e vem contribuindo para o fortalecimento do comércio intra e internacional.

Para posicionar a função Transporte no contexto do meio ambiente são mostrados, na Figura 2.6, os componentes do processo de mudança climática na visão do IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change* – IPCC, entidade, constituída pela

Organização Meteorológica Mundial (*World Meteorological Organization – WMO*) e pelo Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas (*United Nations Environment Programme – UNEP*), com a responsabilidade de unir cientistas e as populações em geral para a produção e divulgação de dados, informações e conhecimentos que contribuam para o desenvolvimento humano.

Observa-se que a queima dos combustíveis fósseis e a exploração do solo são fatores relevantes, na ótica do IPCC e em função dos debates internacionais patrocinados pela ONU.

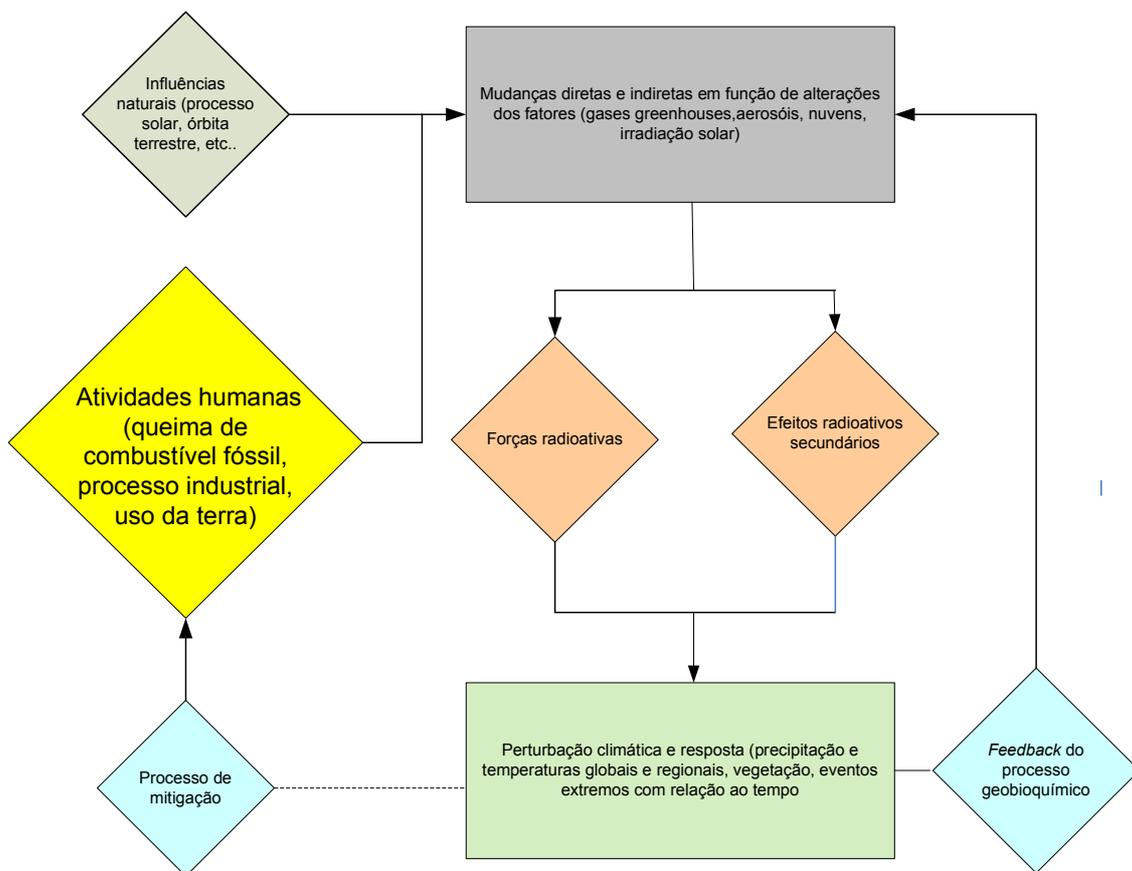


Figura 2.6 – Componentes de mudança climática
 Fonte: IPCC (2007)

Desde a última década do século XX, o transporte vem sofrendo grandes modificações. Duas grande mudanças são apontadas por BANISTER (2002). A primeira refere-se às discussões em torno do impacto ambiental produzido; e a segunda ao desafio imposto pela necessidade do desenvolvimento sustentável. Anteriormente, os impactos causados pelo transporte restringiam-se a poluições locais, como os de natureza sonora, visual ou de poluentes de ação direta. Agora, o problema tornou-se amplo e universal, envolvendo agressões ambientais do tipo chuva ácida, efeito estufa, uso de combustíveis não renováveis e outros fatores relacionados ao bem-estar e à saúde das pessoas. Na Inglaterra, continua esse autor, um estudo realizado em 1998 por diversos organismos relacionados ao meio ambiente, à saúde e ao desenvolvimento, como a OECD, resumiu os impactos ambientais do transporte na Grã-Bretanha, como pode ser observado no Quadro 2.1. O amplo espectro de fatores e conseqüências relativo ao impacto do transporte sobre diversas categorias relacionadas ao crescimento e ao desenvolvimento possibilitou aos formuladores e decisores de políticas públicas refletirem sobre os *trade-offs* que deverão ser feitos em relação aos seus respectivos países. É evidente que a situação retratada no ambiente da Grã-Bretanha é diferente do que seria no Brasil, por exemplo, a começar pelo tamanho do país, passando pela densidade demográfica e pelas características climáticas, entre outras variáveis. Permanece, contudo, a necessidade de reflexão sobre os impactos que deverão ser considerados em relação a projetos, construção, ampliação e manutenção da infra-estrutura de transporte no país.

Quadro 2.1 – Impactos ambientais na Grã-Bretanha

Categorias	Impactos ambientais	Contribuição
Energia e recursos minerais	combustíveis, principalmente óleo; extração de materiais para construção de infra-estrutura.	44,8 milhões de toneladas de petróleo; consome 1/3 do total de energia no país; 120.000 t por km em rodovias de três pistas; 78 milhões de pedras extraídas.
Recursos da terra	terra utilizada para infra-estrutura	cerca de 42 ha/km de terra para rodovias de três pistas; 1.725 ha de terra rural para transporte e utilidades por ano.
Recursos de água	poluição da superfície e do fundo oriunda das pistas; mudanças no sistema de águas pela construção de infra-estrutura; poluição pela derrama de óleo.	25% de incidente de poluição da água
Qualidade do ar	poluição global (ex: CO ₂); poluição local por CO, NO _x , partículas em suspensão, compostos orgânicos voláteis.	25% de emissão de CO ₂ no país; 76% de emissão de CO ; 56% de NO _x ; 51% fumaça negra (partículas); 40% de compostos orgânicos voláteis.
Lixo sólido	sucata de veículos; óleo usado; pneumáticos.	aproximadamente 1,5 milhões de veículos sucateados anualmente e mais de 40 milhões de sucata de pneumáticos por ano.
Biodiversidade	modificação ou destruição dos <i>habitats</i> da vida selvagem pela construção de infra-estrutura.	
Ruído e vibração	ruído e vibração próximos de rodovias, ferrovias e aeroportos.	aproximadamente 3.500 reclamações sobre ruídos de rodovias; 6.500 reclamações devido a ruídos do tráfego aéreo.
Ambiente de construção	avarias para a infra-estrutura (rodovias, superfície e pontes); avarias em propriedades por acidentes; corrosão em prédios por poluição local.	mais de 15 milhões de libras anuais de custo por avarias nas rodovias.
Saúde	mortes e ferimentos devido a acidentes; distúrbios devido a ruídos; doenças e mortes prematuras devido a poluição local.	3.500 mortes; 44.000 ferimentos sérios; 49% das pessoas sujeitas a ruído de aviões ou trens consideram isso uma moléstia; 63% consideram o mesmo em relação ao ruído das rodovias; entre 12.000 e 24.000 mortes prematuras devido à poluição do ar; entre 14.000 e 24.000 hospitalizações associados à poluição do ar.

Fonte: BANISTER, 2002, p. 71

O transporte de mercadorias, atividade com crescimento constante no âmbito da economia global, produz impactos significativos no meio ambiente, principalmente em países de grande extensão territorial, como o Brasil, onde o modo rodoviário supera os demais no transporte de cargas e de pessoas. Além do impacto sobre a natureza e diretamente sobre a saúde da população, o uso maciço do modo rodoviário demanda energia e, dependendo do tipo utilizado, gera maior impacto. De acordo com o relatório de LIECHTI (2002), os impactos ambientais decorrem, principalmente da: (a) emissão de dióxido de carbono (CO_2); (b) emissão de NO_x (óxidos de nitrogênio); (c) produção de ruídos acima de 65 db; (d) acidentes; (e) degradação ambiental pela ocupação desordenada de terra para expansão da infra-estrutura de transporte. Entre esses destaca-se o dióxido de carbono como o principal agente do efeito estufa e do conseqüente aquecimento global do planeta.

No Brasil, a contribuição desse gás para a degradação do ambiente é significativa, sendo o transporte rodoviário um dos responsáveis, dado seu uso intensivo no transporte de cargas e no de veículos urbanos para pessoas, em razão da carência do transporte de massa. Os outros dois grandes agentes emissores de CO_2 são a queima de florestas (provavelmente o maior) para uso na agricultura e na pecuária e a queima de combustíveis fósseis pela indústria e pela produção de energia elétrica. Pesquisadores e instituições que trabalham o assunto discordam quanto aos números exatos, mas se admite que a emissão total desse poluente, no Brasil, ultrapasse um bilhão de toneladas/ano. O cientista brasileiro José Goldemberg, do Instituto de Eletrotécnica da USP fez uma projeção em que a emissão de CO_2 no Brasil alcançou, em 2006, o total de 1,141 bilhão de toneladas, das quais 75%, cerca de 855 milhões, derivadas do corte e da queima de florestas (O ESTADO DE SÃO PAULO, 2007). Sustenta o especialista que o Brasil mantém-se em 5º lugar como emissor do dióxido de carbono, superado apenas por Estados Unidos, China, Rússia e Japão. Os números apresentados por Goldemberg são contestados, na mesma matéria, pela secretária de Mudanças Climáticas do Ministério do Meio Ambiente, Thelma Krug, especialista no assunto, com renome internacional. Afirma a cientista que a emissão de CO_2 por meio de queimadas, no mesmo período, correspondeu a 684 milhões de toneladas. As duas estimativas não estão tão díspares e têm, em comum, um embasamento científico precário, eis que os cálculos foram feitos com base em dados registrados entre 1990 e 1994, empregados

para a obtenção do primeiro e único inventário brasileiro de emissões de gases do efeito estufa. Esse trabalho foi realizado pela COPPE (2006; 2006a), em duas pesquisas, uma com abordagem *top-down* e outra sob a forma *bottom-up*, com o patrocínio do Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT.

No ambiente de transporte, os dados da EIA - *Energy International Administration* quanto à emissão de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis mostram uma correspondência exata com a estimativa de emissões totais, explicável porque os quatro maiores emissores (Estados Unidos, China, Rússia e Japão) não produzem queimadas de grande extensão como no Brasil. Na Tabela 2.9 são mostrados os números da EIA para o período 2001-2005. Verifica-se que os quatro maiores emissores respondem por 50% do total, com um crescimento, no período, de 23,3%; enquanto, em termos mundiais, o crescimento foi de 17,4. A posição do Brasil é pouco relevante, se comparada com o total das emissões - apenas 1,28% do total, em 2005, ocupando a 18ª posição. O crescimento das emissões brasileiras foi de 4,1%, menos de um quarto do crescimento mundial no período 2001-2005. Esses dados conduzem a uma reflexão sobre a vinculação entre crescimento e desenvolvimento sustentável, reforçada pelo fato de que a China, o país que mais cresceu no período 2001-2005, com uma taxa acumulada de 57%, também foi responsável pela maior agressão ao meio ambiente pelo seu nível de emissão de CO₂ que cresceu, no mesmo período, a uma taxa de 74,5% (VIEIRA, 2006). À primeira vista, a desigualdade entre o crescimento da economia e o da emissão de dióxido de carbono mostra que o preço pago pelo crescimento econômico chinês é muito alto e fere os princípios estabelecidos pela ONU para o desenvolvimento sustentável.

Tabela 2.9 - Emissões mundiais de dióxido de carbono oriundas de queima de gases e de combustíveis fósseis, em milhões de toneladas métricas, 2001-2005

Ordem	País	2001	2002	2003	2004	2005	%	% ac.
1	Estados Unidos	5.723,12	5.763,14	5.812,81	5.935,47	5.956,98	21,13	21,13
2	China	3.050,88	3.376,15	3.983,12	4.753,33	5.322,69	18,88	40,01
3	Rússia	1.569,51	1.569,42	1.627,41	1.668,69	1.696,00	6,02	46,02
4	Japão	1.177,70	1.185,79	1.234,15	1.241,91	1.230,36	4,36	50,39
5	Índia	1.016,67	1.014,71	1.029,08	1.128,92	1.165,72	4,13	54,52
6	Alemanha	868,64	841,34	865,22	867,29	844,17	2,99	57,52
7	Canadá	565,59	586,45	613,42	626,29	631,26	2,24	59,76
8	Grã-Bretanha	565,42	556,22	566,65	576,34	577,17	2,05	61,80
9	Coréia do Sul	446,13	465,24	479,40	488,14	499,63	1,77	63,58
10	Itália	441,60	448,46	470,31	465,55	466,64	1,66	65,23
11	Irã	332,01	362,48	384,33	403,91	450,68	1,60	66,83
12	África do Sul	390,74	377,11	409,38	438,13	423,81	1,50	68,33
13	França	402,52	398,60	405,15	412,49	415,27	1,47	69,81
14	Arábia Saudita	299,89	309,62	344,78	385,76	412,35	1,46	71,27
15	Austrália	366,75	374,60	375,27	381,22	406,64	1,44	72,71
16	México	377,41	383,77	389,43	381,85	398,25	1,41	74,12
17	Espanha	327,82	344,87	353,25	373,67	387,11	1,37	75,50
18	Brasil	346,21	343,79	343,07	352,70	360,57	1,28	76,78
19	Indonésia	296,84	311,39	314,95	341,56	359,47	1,28	78,05
20	Ucrânia	314,50	322,29	352,64	342,08	342,57	1,22	79,27
	Subtotal	18.879,94	19.335,43	20.353,84	21.565,30	22.347,35		
	Demais países	5.131,60	5.210,51	5.426,00	5.620,55	5.845,39	20,73	100,00
	Total	24.011,54	24.545,94	25.779,84	27.185,85	28.192,74		

Fonte: EIA – *Energy International Administration*, 2007

Na Figura 2.7 são mostradas as curvas de crescimento das emissões de CO₂ pelo Brasil e pelos cinco maiores países emissores, excluídas as emissões oriundas de queimadas.

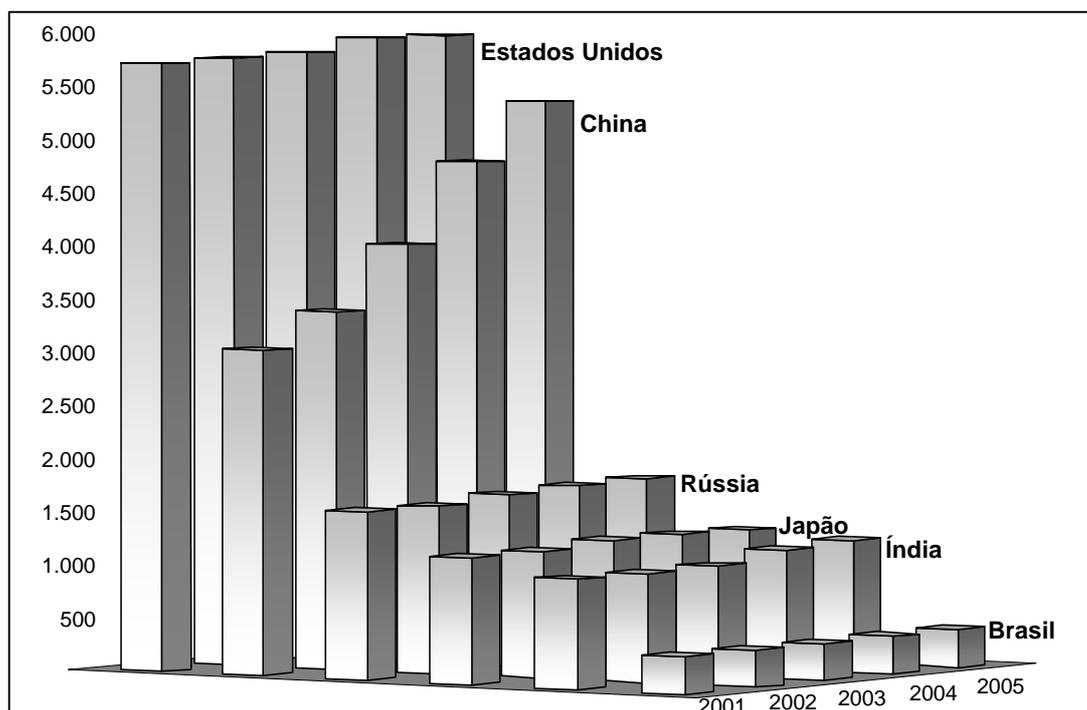


Figura 2.7 – Emissão de CO₂ da queima de combustíveis fósseis pelos maiores emissores e pelo Brasil, em milhões de toneladas

Fonte: EIA – *Energy International Administration* (2007)

Esses dados evidenciam que, mesmo que o Brasil adicione o volume de emissões de CO₂ decorrente das queimadas produzidas para o crescimento do negócio agropecuário, ainda assim ficará em patamar abaixo dos cinco primeiros. Na verdade, a 6ª posição não é honrosa quanto à responsabilidade do país em relação ao seu meio ambiente global, mas se forem equacionadas as políticas ambientais quanto ao manejo florestal, verifica-se que o comportamento brasileiro em relação à indústria, transporte e produção de energia elétrica é vantajoso, se comparado aos grandes países poluidores. Esse ponto reforça a política emergente de se estimular ao máximo o uso de biocombustíveis, principalmente nos setores industrial e de transporte.

Ao se discutir crescimento econômico, a China tem aparecido como destaque, seja pelo sucesso denotado por suas taxas, como pelo nível de emissão de poluentes. O Brasil, mesmo crescendo a taxas 1/3 menores têm uma relação com o meio ambiente mais próxima daquilo que é preconizado como desenvolvimento sustentável. Na Figura 2.8 faz-se uma comparação entre Brasil e China quanto as suas respectivas taxas de

crescimento econômico (em termos de PIB) e de emissão de CO₂ derivado da queima de combustíveis fósseis, durante o período 2001-2005.

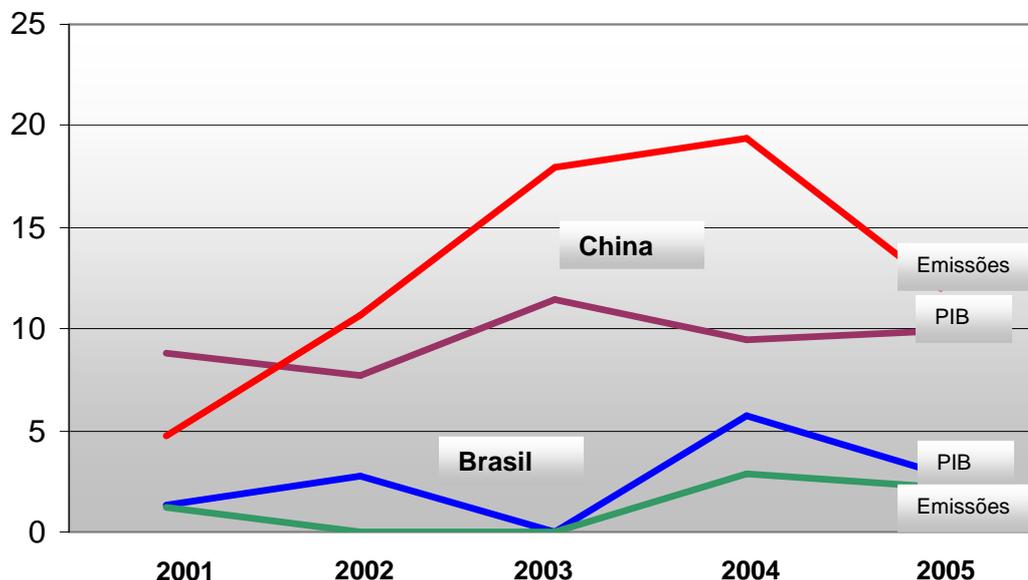


Figura 2.8 – Taxas comparadas do crescimento econômico e da emissão de CO₂ entre Brasil e China

Fontes: Dados coletados de EIA – *Energy International Administration* (2007), IBGE (2007), Vieira (2007)

A comparação é pertinente porque a base é a mesma. Não estão incluídas as emissões decorrentes de queimadas, que também ocorrem no continente asiático, como demonstram os dados divulgados pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, *United Nations Environment Programme* – UNEP (2007). O crescimento do PIB brasileiro, mesmo em taxas modestas, tem-se mantido em patamar abaixo do crescimento da emissão de dióxido de carbono oriundo da queima de combustíveis fósseis. Ao contrário, a China cresce a taxas elevadas, em média 10% no período 2001-2005; porém, muito menores do que a taxa de emissão de CO₂.

Por outro lado, os números demonstram que, na questão da emissão de CO₂, o foco não está no desmatamento, mesmo que essa seja uma prática condenável e de ampla visibilidade. Ocorre aqui o mesmo fenômeno emocional que afeta as pessoas diante de tragédias aéreas. Há uma comoção nacional quando um acidente com aeronave de grande porte provoca a morte de 200 pessoas; o mesmo sentimento não aflora diante de

números muito maiores relacionados às mortes diárias provocadas pelos acidentes rodoviários. O primeiro, pela quantidade em um único evento, é o que se poderia chamar de “perdas no atacado” e o segundo seria classificável como ‘varejo’. No caso das emissões, as queimadas são vistas via satélite, divulgadas amplamente pela mídia mundial, (emissão de CO₂ no atacado), produzindo grande impacto nas pessoas. O mesmo não ocorre com a queima de combustíveis fósseis pelos veículos de todos os tipos, (emissão no varejo). E esse é o ponto central das discussões entre países desenvolvidos e em desenvolvimento. Em 2005, as emissões mundiais de CO₂ pela queima dos combustíveis fósseis alcançaram 28,2 bilhões de toneladas (EIA, 2007). No mesmo período as queimadas brasileiras representaram 776,3 milhões, como está registrado no Inventário de Emissões do Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT (BRASIL, 2007c), com dados de 1994 e elaborados pela COPPE (2006). Pelos números divulgados por HOUGHTON *et al.* (1991) *apud* COMCIÊNCIA (www.comciencia.br, acesso out 2007) a emissão de dióxido de carbono pelas queimadas de florestas tropicais estava na ordem de dois bilhões de toneladas/ano no início da década de 90. Supondo-se que esse número tenha triplicado até 2005, corresponderia a pouco mais de 20% das emissões de todas as fontes. O mesmo autor considera que o Brasil contribui com percentuais entre 12 e 20%, números que ficariam próximos das estimativas feitas pelo Ministério do Meio Ambiente. Em síntese, o Brasil é um grande emissor de CO₂; porém, pelos números disponíveis, sua participação, consideradas todas as fontes é, no máximo, equivalente ao crescimento anual das emissões derivadas somente da queima de combustíveis fósseis.

Para avaliar a contribuição do setor de transporte no Brasil quanto à emissão de CO₂ foram considerados os números divulgados pelo Inventário de Emissões do MCT (BRASIL, 2006b), ano base 1994 e pelo o Balanço Energético Nacional do Ministério das Minas e Energia - MME, versão 2007, com dados até 2006 (BRASIL, 2007d). Também, empregadas as estimativas feitas pela EIA apresentadas na Tabela 2.9, que foi obtida com base em uma série histórica, que cobriu o período de 1980 a 2005.

Para que se possa comparar em bases semelhantes, a Tabela 2.10 mostra o total das emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis, de acordo com dados de diferentes fontes.

Tabela 2.10 – Emissão de CO₂ pela queima de combustíveis fósseis

Fonte	1994	2004	2005
MCT/COPPE	231,4	ND	N/D
MME	ND	328, 8	N/D
EIA	265,36	352,70	360,57

Fontes: COPPE, MCT, MME, EIA

Os dados do Inventário de Emissões da COPPE (2006; 2006a), com a abordagem *bottom-up*, foram empregados como referência para uma atualização, com base nos dados da EIA. Os dados de 1994 foram projetados para 2005, com as quantidades por grandes emissores tratadas proporcionalmente. Os dados coletados pela COPPE são apresentados, na Tabela 2.11, de forma agregada e reduzida, pelo pesquisador, ao setor transportes.

Tabela 2.11 Emissões de CO₂ dos combustíveis fósseis pelo setor Transporte no período 1990-1994, em Gg (equivale a 10³ t)

Modos de transporte	1990	1991	1992	1993	1994
Aéreo	5.818	6.089	5.728	6.047	6.204
Rodoviário	71.150	75.052	75.923	78.338	83.302
Ferroviário	1.614	1.611	1.657	1.682	1.260
Marítimo	3.437	3.300	3.452	3.922	3.558
Total	82.019	86.052	86.760	89.989	94.324

Fonte: COPPE (2006b)

A razão de proporcionalidade entre os dados da EIA, em 2005 e os da COPPE, em 1994, é de 1,558. Com sua aplicação pode-se estimar a provável quantidade de emissões em 2005, com base nas medições da COPPE e nas projeções da EIA. O resultado é apenas uma referência para considerações sobre o impacto do transporte no meio ambiente brasileiro, como pode ser visualizado na Tabela 2.12.

Tabela 2.12 - Estimativa de emissão de CO₂ dos combustíveis fósseis pelo setor Transporte em 2005, valores em milhões de toneladas

Modos de transporte	Projeção 2005	%
Aéreo	9.667	6,6
Rodoviário	129.802	88,3
Ferroviário	1.260	1,3
Marítimo	5.544	3,8
Total	146.977	100,00

O tratamento proporcional não levou em conta o fato de que, no período pesquisado pela COPPE, havia estagnação nos setores ferroviário e marítimo. As ferrovias ainda não estavam operando por meio de concessões. Nos últimos anos, as gestões agressivas das ferrovias têm provocado migração no transporte de cargas de baixo valor agregado, principalmente soja, do modo rodoviário para o ferroviário. Logo, em termos macro, os números totais quanto às emissões de CO₂ podem ter sido objeto de transferência e até de alguma redução, dada as relações entre emissões/TKU (tonelada por quilômetro útil) favoráveis ao modo ferroviário.

O modo rodoviário é, pelos números mostrados, o grande emissor de dióxido de carbono, decorrente da matriz de transporte de cargas que o privilegia com 58% da carga transportada, como consta do PNLT (BRASIL, 2007a). Em 2023 é esperado que o modo rodoviário passe a responder por 33% da carga transportada, como prevê o mencionado plano. Haverá uma contribuição efetiva para o desenvolvimento sustentável, tanto pela redução da participação do modo rodoviário na matriz de transporte como por ações efetivas de implantação crescente dos biocombustíveis.

A relação entre a emissão de dióxido de carbono e a carga transportada em TKU é um dado importante quanto à maximização do uso do transporte multimodal como fator positivo para o desenvolvimento sustentável. A Tabela 2.13, baseada em dados divulgados pela ANTAQ (2007) mostra a relação CO₂ /TKU por modo de transporte.

Tabela 2.13 - Emissão de CO₂ /TKU por modo de transporte

Modo de transporte	CO ₂ /TKU, em g
Rodoviário	116
Ferroviário	34
Hidroviário	20

Fonte: ANTAQ (2007)

Pelos dados da Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas – FIPE (2007), a carga transportada em 2006, pelos cinco modos de transporte foi de 647,5 bilhões de TKU, destacando-se o modo rodoviário com 407,7 bilhões. Com base na tabela 2.13 pode-se estimar o total de emissões de CO₂ oriundas do mencionado modo, que foi da ordem de 47,2 milhões de toneladas, número compatível com os dados da tabela 2.11, porque corresponde a 36,4%, percentual próximo da estimativa feita em 1994 pela COPPE (2006a, p. 57), que foi de 36%. Assim, cada ponto percentual de transferência de TKU, base 2006, para o modo hidroviário corresponderá a uma redução de 391.428 t de emissão de CO₂; para o modo ferroviário a redução por ponto percentual será de 334.344 t.

Esse é um dado significativo em números absolutos. No entanto, se comparado com os dados dos países desenvolvidos é pouco relevante, em termos ambientais. O maior impacto na transferência intermodal, com base nos dados apresentados anteriormente, será a redução dos custos logísticos. O problema das emissões de CO₂ no Brasil, tanto em termos absolutos como relativos, está na queimada das florestas, questão que exige, como já comentado anteriormente, providências no ‘atacado’. Reduções no setor transportes terão mais impacto econômico do que ambiental.

O foco dado às emissões de CO₂ decorreu da significativa participação desse poluente para a agressão ambiental, particularmente nos efeitos climáticos causados pelo aquecimento global.

As pesquisas, análises, comentários e ensaios realizados ao longo deste capítulo procuraram demonstrar que um grande número de variáveis interage com a função

transporte no processo de crescimento e desenvolvimento do país. Assim, é esperado que os formuladores de políticas públicas e decisores responsáveis por sua execução compreendam a importância dessas variáveis ao fazerem as escolhas de empreendimentos necessários à construção de uma infraestrutura de transporte. Outra contribuição do capítulo foi a produção de subsídios para a construção de metodologia que possa ser adotada na escolha de projetos de infraestrutura de transportes sob a ótica do crescimento e do desenvolvimento sustentável.

2.9 Conclusão sobre a análise das dimensões do desenvolvimento sustentável

Neste capítulo foram analisadas as questões que devem ser observadas pelos formuladores de políticas públicas e decisores ao definirem prioridades de investimentos em infraestrutura de transporte. Tais questões estão vinculadas com os atributos escolhidos para avaliar, por meio de estimativas numéricas ponderadas, o grau de importância de cada empreendimento. Verificou-se, por meio da pesquisa realizada, que as questões relacionadas ao meio ambiente devem ser objeto de cuidadosa avaliação em face da sua crescente importância em relação ao desenvolvimento sustentável dos países emergentes.

Os dados levantados neste capítulo foram empregados como dimensões norteadoras na elaboração do procedimento de avaliação de prioridades em investimentos para a infraestrutura de transporte. Foi considerada a interdependência entre as mencionadas dimensões e sua vinculação com a função transporte para que se definissem, com segurança, as metodologias mais adequadas para servirem de referência na construção do procedimento proposto. Dessa forma, sua contribuição possibilitou a construção de um instrumento que pudesse realizar análise conjunta das variáveis relacionadas a crescimento, planejamento, suprimento, comércio exterior, custos logísticos, dispêndios em investimentos e meio ambiente.

3. MÉTODOS APLICÁVEIS NA DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES EM PROJETOS DA INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE

Para alcançar um dos objetivos da tese – definição de procedimentos que contribuam para que decisores façam escolhas direcionadas às necessidades do desenvolvimento sustentável, foram realizadas pesquisas sobre métodos de avaliação que trabalham variáveis qualitativas e as processam com recursos quantitativos. Buscou-se identificar teorias, métodos e aplicações multicritério aplicáveis a esses propósitos, além de conhecimentos heurísticos sobre a realidade brasileira relacionados a transporte e logística. Na revisão dos métodos que sustentam o procedimento proposto foram adotadas as seguintes premissas:

- (a) Os métodos estão fundamentados em modelo em modelo prescritivo;
- (b) Existem experiências diversas relatadas em veículos de grande credibilidade;
- (c) Algumas das experiências relatadas abordaram o ambiente de planejamento de infra-estrutura de transporte;
- (d) A amplitude das aplicações está compatível com as dimensões e com as características regionais e limitações do Brasil.

3.1. Considerações gerais sobre métodos de avaliação

Diante da complexidade que envolve o processo de tomada de decisões sobre a infra-estrutura de transporte buscaram-se elementos que possam contribuir para a construção de procedimentos objetivos geradores de informações que auxiliem os decisores na escolha de prioridades para a execução de projetos nacionais, em nível estratégico. É esperado, também, que tais informações, transformadas em conhecimento e ação executiva, resultem no funcionamento eficiente (custos operacionais competitivos), eficaz (alcance dos objetivos) e efetivo (atendimento às demandas sociais e ambientais), de uma infra-estrutura de transporte associada aos demais esforços nacionais em busca do crescimento econômico e do desenvolvimento sustentável. Em paralelo aos métodos pesquisados, foi adotada, sempre que aplicável, a recomendação de SCHOPENHAUER

(2006, p. 42-43) que, por simples, parece sensata diante de um país das peculiaridades do Brasil.

Às vezes é possível desvendar, com muito esforço e lentidão, por meio do próprio pensamento, uma verdade, uma idéia que poderia ser encontrada confortavelmente já pronta num livro. No entanto, ela é cem vezes mais valiosa quando obtida por meio do próprio pensamento (...) nesse caso, a idéia chega no tempo certo, quando se fazia necessária, por isso é fixada com segurança e não pode mais desaparecer. Trata-se da mais perfeita aplicação e do esclarecimento deste verso de Goethe: “O que herdastes de teus pais,/ Adquire, para que o possua.”

Uma das interpretações dos versos de Goethe remete à consideração de que a Pátria (pai) fornece o conhecimento atávico sobre o qual se tem a posse, o domínio; e, portanto, a capacidade de analisar em suas partes e de se criticar no seu todo.

Essas reflexões acerca de conhecimento conduzem o pesquisador a refletir quanto à discussão sobre a fronteira entre modelos puramente matemáticos e métodos mistos. CHURCHMAN e EINSENBURG, 1969 *apud* NUNAMAKER *et al.*, 1988, p. 826) escreveram:

Parece óbvio que não podemos resolver nos dias atuais a maior parte dos problemas políticos e organizacionais simplesmente através de um modelo matemático ou de um algoritmo por computador. Além disso, necessitamos projetar melhor deliberação e julgamento. Uma vez que nós começarmos a compreender o processo de deliberação e de julgamento, poderemos convergir para um método objetivo melhor: este é o caminho para expressar uma deliberação ótima de forma precisa e garantida.

A afirmativa citada é muito clara quanto à orientação que os pesquisadores devem seguir, diante de problemas de grande complexidade na vida real, como é o caso do planejamento de recursos infra-estruturais para países em desenvolvimento, como o Brasil. E mais, para a construção de uma infra-estrutura de transporte que deve considerar um número elevado de variáveis relacionadas com o crescimento econômico, social e ambiental, dirigidas para o desenvolvimento verdadeiramente sustentável.

Modelos de decisão são, em geral, classificados, de acordo com BELL *et al* (1988), em três grandes categorias: (a) normativos; (b) descritivos; e (c) prescritivos. Os normativos concentram-se nos métodos racionais para a tomada de decisões e estão relacionados aos processos matemáticos que poderiam auxiliar os tomadores de

decisões, porque estes têm um comportamento racional e um sistema organizado de preferências. Sobre o tema, VON NEUMANN e MORGENSTERN (1947) propuseram a Teoria da Escolha Racional, com base na qual o ato do decisor está de acordo com um conjunto de axiomas que tornam o comportamento consistente e racional. Derivada desse estudo, a Teoria da Utilidade Esperada trabalha com decisões em ambiente de incerteza, no qual a utilidade total de uma opção é a utilidade prevista (BARON, 2004). Significa segundo este autor, que a utilidade média cruza as diversas situações possíveis com as saídas ponderadas, de acordo com as probabilidades de cada uma delas. Os valores adotados correspondem à soma ponderada, baseada no produto das utilidades de cada alternativa pela respectiva probabilidade. Entretanto, os pesquisadores do comportamento, como explicam MENEZES *et al.*, (2007), conduziram experimentos que demonstram que as pessoas não agem de acordo com a abordagem normativa, provavelmente porque esta é muito abstrata, colocando de lado, preocupações sobre pesar, desapontamento, ansiedade, malignidade e caridade. RAIFFA, 1994 *apud* MENEZES *et al.*,(idem) considera que a abordagem normativa falha, levando pessoas a cometerem erros, análises pobres e uso não apropriado da heurística, e propõe a abordagem descritiva, baseada no trabalho clássico de SIMON (1955) sobre a “racionalidade limitada do homem administrativo”, em oposição à ilimitada racionalidade do “homem econômico”, presente na abordagem normativa. A abordagem prescritiva veio representar um meio-termo entre as duas primeiras, conjugando os aspectos teóricos de uma com as observações comportamentais da outra, havendo enriquecimento do processo de tomada de decisão, em termos do que pode e do que poderia ser feito pelos tomadores de decisões. MENEZES *et al.* (ibidem, p.15) completam o raciocínio, citando FRENCH e XIE (1994). que afirmam ser “*a prescrição útil para direcionar o processo decisório, reconhecendo os imperativos normativos nas limitações impostas pelas habilidades dos decisores*”.

Dentro da abordagem prescritiva, de acordo com BARON (2004), a Teoria da Utilidade Esperada, ao ser aplicada, começa com um conjunto reduzido de estratégias, situações e atributos. Na medida em que a análise progride, o conhecimento é extraído, permitindo a revisão de crenças e preferências dos decisores, em direção ao modelo ideal no contexto sob análise. O suporte prestado pelo modelo prescritivo, sob a forma de

análise da decisão, é que esta é um recurso capaz de levar os decisores a pensarem sistematicamente, diante de escolhas difíceis, baseados na compreensão clara do problema. Com isso, incerteza e os *trade-offs* diante de cada ação a ser tomada podem ter maior probabilidade de sucesso e, conseqüentemente, menor risco quanto a resultados inesperados.

A escolha da modelagem adequada, portanto, é crítica para a visualização e solução de problemas decisórios. Diagramas de árvore de decisão são úteis para a visualização dos problemas sob modelagem, assim como modelos hierárquicos e em rede o são, principalmente para a compreensão do relacionamento entre objetivos e variáveis múltiplos. Esses modelos, tratados sob a forma gráfica ou matemática, podem auxiliar decisores na compreensão integral da situação sob análise, que normalmente é simultânea e envolve grande número de atributos em cada alternativa. Nesta tese esses recursos contribuirão para a sustentação de alguns dos procedimentos adotados na avaliação de alternativas (situações) no processo decisório, como, por exemplo, no método dos impactos cruzados.

3.2. Evolução dos métodos multicritério

O processo decisório tem utilizado, com sucesso, a pesquisa operacional como ferramenta de escolhas gerenciais, fato que ganhou grande impulso a partir da Segunda Guerra Mundial, como afirmam GOICOECHEA *et al.* (1982), HILLIER e LIEBERMAN (1988), MAYS e TUNG (1992), HIPEL (1992) e ZUFFO (1998). Com efeito, norte-americanos e ingleses utilizaram-na com sucesso no esforço de guerra despendido. Desde então, novos recursos matemáticos no entorno dessa especialidade têm sido desenvolvidos para aplicações em diversos ramos da atividade, inclusive na gestão de transporte. Entre esses novos procedimentos destaca-se o trabalho de CHARNES e COOPER (1961), que criaram um método multicriterial denominado Programação de Metas, utilizando conceitos desenvolvidos sobre vetor de eficiência, utilizado na programação matemática multiobjetivo, voltada para produção e alocação (KOOPMANS, 1951). Surgiu, em 1968, o ELECTRE I (*Elimination et Coix Traduisant la Réalité*), criado por BENAYOUN *et al.* (1966), seguido de várias versões,

até a quinta. Nos anos seguintes, novos métodos multicriteriais de apoio à decisão, chamados genericamente de MCDM (*Multi-Criteria Decision-Making*) foram desenvolvidos, destacando-se, na década de 70, os trabalhos de LEE (1972), IGNISIO (1976), KEENEY e RAIFFA (1976). Nos anos 80 surgiu o trabalho de SAATY (1980) com a criação do *Analytic Hierarchy Process - AHP*, que apresentou novos conceitos de avaliação, envolvendo a extração de conhecimentos e experiências dos *stakeholders* presentes na situação sob avaliação. No ano seguinte HWANG & YOON (1981) criaram um procedimento denominado *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution - TOPSIS*. Outros métodos foram desenvolvidos, como o PROMETHEE I, de BRANS *et al.* (1984), semelhante ao ELECTRE dos anos 60 e igualmente gerador de uma família de novas versões I, II, III e IV, e assim por diante.

Dos anos 90 em diante, destacaram-se as variações em torno dos métodos clássicos, como o AHP Multiaplicativo, criado por LOOTSMA (1990) que difere do AHP original por converter as preferências da escala verbal para a numérica e utilizar escala geométrica em vez de linear. A versão V do PROMETHEE V (BRANS e MARESCHAL, 1992) foi mais uma versão no desenvolvimento do método. No século XXI destacam-se mais as aplicações realizadas, algumas das quais são comentadas adiante.

3.3. Comentários e detalhes sobre métodos multicritério

Quando se trata de prever acontecimentos ou demandas futuras, nem sempre os dados de uma série histórica são suficientes para produzir informações com razoável grau de confiabilidade. Ao se investigarem problemas relacionados a crescimento econômico, desenvolvimento sustentável e infra-estrutura de transporte, observa-se que o processo decisório envolve critérios múltiplos. Esta ressalva está relacionada principalmente ao tratamento de dados subjetivos, que requerem uma abordagem qualitativa, que, sob determinadas condições, possibilitará, ao pesquisador, uma transformação para uma avaliação quantitativa. Tais características, de acordo com FISHBURN e LAVALLE (1999) e LOOTSMA (1999) levam à prática do que é, genericamente, denominado MCDM, a despeito de haver interpretações diversas sobre o termo. LEWE (2005),

explica, com precisão, com base em MIETTINEN (1999) e TRIANTAPHYLLOU (2000), que o MCDM divide-se em dois ramos: (a) Processo de Decisão Multi-Atributo (*Multi-Attribute Decision Making*) – MADM; e (b) Otimização Multicritério (*Multi-Criteria Optimization*) – MCO. A diferença entre os dois é que o MADM destina-se a auxiliar o decisor a escolher o melhor *design* ou caminho entre um número reduzido de alternativas. Por seu turno, o MCO, também denominado de otimizador multiobjetivo ou vetor de otimização trabalha com um conjunto de *designs* que são mais atraentes para o decisor. No entanto, ressalva LEWE (idem), na literatura técnica em geral, ambos são considerados semelhantes sob o rótulo de métodos multicritério.

Nesta tese, os métodos estudados e suas variações são considerados genericamente como de natureza multicritério e avaliados para a construção de um procedimento que auxilie formuladores na escolhas de estratégias e caminhos voltados para o investimento na infra-estrutura de transporte no Brasil, com base em dados e informações consistentes. O desafio é utilizar essas ferramentas para reduzir margens de erro na construção de cenários futuros, onde o crescimento e o desenvolvimento estejam associados às inúmeras variáveis relacionadas aos investimentos públicos e privados em transporte de cargas e de pessoas. Para produzir uma referência básica sobre esses métodos, serão apresentadas, a seguir, suas características e especificidades quanto à aplicação realizada por diversos especialistas diante de problemas relacionados a transportes.

Os métodos multicritério têm grande variedade; entretanto, como descreve LEWE (2005), existem características básicas comuns representadas pelos seguintes elementos:

- (a) Alternativas – colocadas à disposição dos decisores, variando de algumas unidades a centenas, selecionadas, priorizadas e, eventualmente ordenadas, segundo alguma regra qualitativa (*ranking*);
- (b) Atributos – diferentes dimensões pelas quais se podem avaliar as alternativas. Os problemas de decisão multicritério são associados a múltiplos atributos;

- (c) Unidades múltiplas – atributos diferentes podem ser vinculados a n unidades de medidas, como por exemplo, no orçamento de construção de uma ferrovia, em que os atributos custo e retorno sobre o investimento podem ser medidos em R\$/km e anos de operação, respectivamente;
- (d) Medidas híbridas – atributos podem ser avaliados sob a forma qualitativa, do tipo “pouco relevante”, “relevante” ou “altamente relevante”. Também podem ser avaliados de forma quantitativa, em termos percentuais ou sob a forma de probabilidades;
- (e) Matriz de decisão – há uma forma básica de representação de um problema de decisão multicritério. A matriz A é uma matriz $M \times N$, na qual o elemento a_{ij} representa o desempenho da alternativa A_i quando é avaliada com base no atributo C_j , considerando-se $i = 1, 2, 3, 4, \dots, m$ e $j = 1, 2, 3, 4, \dots, n$. A ponderação do desempenho é definida pelo decisor por meio de pesos relativos ao desempenho de acordo com o critério de decisão adotado, sendo representada por P_j considerando-se $j = 1, 2, 3, 4, \dots, n$. A formatação descrita para a matriz é mostrada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Matriz de decisão multicritério

Alternativa \ Critério	Critério					
	C_1	C_2	C_3	C_4	...	C_n
A_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	...	a_{1n}
A_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}	...	a_{2n}
A_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}	...	a_{3n}
A_4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}	...	a_{4n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A_m	a_{m1}	a_{m2}	a_{m3}	a_{m4}	...	a_{mn}

Os métodos multicritérios são divididos, segundo LEWE (2005) em três tipos: determinísticos, estocásticos e *fuzzy*, embora haja casos em que se misturem. Outra forma de classificação adicional é a que os considera como simples ou em grupo.

CHEN e HWANG (1992) *apud* HEWE (idem) consideram que os métodos determinísticos simples podem ser classificados de acordo com o tipo e com as propriedades da informação. Neste caso podem ser citados os métodos AHP, WSM (*Weighted Sum Model*), WPM (*Weighted Product Model*), ELECTRE e o TOPSIS como dos mais utilizados atualmente pelos planejadores. Há identidades conceituais entre eles, como entre WSM e WPM, e entre ELECTRE e TOPSIS, confirmadas por suas respectivas equações básicas.

Outros métodos não classificáveis como multicritério, porém de natureza semelhante, descritos por dois autores clássicos, SULLIVAN e CLAYCOMBE (1977), abordam o tratamento dos dados subjetivos com uma visão quantitativa, envolvendo: (a) o método Delphi; (b) métodos probabilísticos sob o amparo da Lei de Bayes; e (c) o método dos Impactos Cruzados. São descritos, a seguir, os métodos e suas aplicações que fornecem sustentação para o procedimento proposto nesta tese.

3.4. Método Delphi

Foi criado no final dos anos 40, do século passado, pela Rand Corporation, provavelmente dada a dificuldade diante de situações complexas e de natureza subjetiva, na obtenção de suporte técnico de especialistas para a tomada de decisões (SULLIVAN e CLAYCOMBE, 1977). O método tradicional de realizar painéis com um grupo de estudiosos do assunto em análise resultava, muitas vezes, na tendência de se pontificarem as opiniões de especialistas dominantes que acabavam por influenciar os demais, provocando uma espécie de ‘efeito vagão’ (idem). O método Delphi utiliza, igualmente, especialistas, porém o procedimento é diferente, porque as opiniões são solicitadas de forma anônima, eliminando-se ou atenuando-se o “efeito vagão”. Um conceito claro sobre Delphi é oferecido por LINSTONE e TUROFF (1975) *apud* MULLEN (2003, p.3), que afirmam ser o método “caracterizado como um processo de comunicação em grupo e que este permite que indivíduos, como um todo, lidem com um problema complexo”. Para que isso seja alcançado, continua o autor, é necessário (a) *feedback* de contribuições individuais em informações e conhecimentos; (b) alguma forma de contribuição em termos de julgamento do grupo ou de pontos de vista; (c)

possibilidade de que os participantes do grupo revisem suas visões; e (d) existência de algum grau de anonimato para as respostas individuais. O processo, em síntese, consiste na realização de n rodadas de coleta de opiniões, por meio de questionários e relatórios que são enviados aos especialistas. É uma forma iterativa de se obter um resultado final, que seria, em termos ideais, um consenso sobre uma questão complexa ou conjunto delas. Dependendo do objeto tratado, os especialistas consultados são de origem multidisciplinar. SULLIVAN e CLAYCOMBE (*op.cit.*) estabelecem que duas premissas estão contidas no método. A primeira afirma que os participantes, altamente especializados em determinado campo de conhecimento, produzem as previsões mais plausíveis. A segunda premissa é a crença de que o conhecimento combinado de algumas pessoas é, no mínimo, tão bom quanto ao de um dos especialistas consultados.

Embora o método Delphi produza resultados satisfatórios em um certo nível de consenso, algumas dificuldades podem ser encontradas com sua implantação, como discutem GORDON e AMENT *apud* SULLIVAN e CLAYCOMBE (1977, p.141) ao comentarem os níveis de convergência dos resultados. Quando é encontrado um nível estreito de convergência, isso decorre, principalmente, da independência do pensamento das fontes consultadas, com interpretações sobre cada questão. Nesses casos é conveniente que novas rodadas de debates anônimos por meio de questionários sejam realizadas para a eliminação das principais divergências. Mesmo quando isso não é alcançado, a aplicação do Delphi terá obtido elementos que justifiquem as posições tomadas, com maiores esclarecimentos sobre os assuntos analisados. Essas observações de GORDON e AMENT (*op.cit.*) sintetizam a força do Delphi como técnica de previsão, porque o método foi desenvolvido exatamente para tratar de questões não exatas, visando buscar um certo nível de consenso aceitável.

Em síntese, SULLIVAN e CLAYCOMBE (*ibidem*, p.142), estabelecem que os mais promissores usos do método:

[...] fornecem meios estruturados para estudar o processo de previsão de eventos futuros; servem como instrumento de treinamento levando pessoas a pensar sobre o futuro sob direções e dimensões que normalmente não considerariam; e ajudam a verificar como são vistos os objetivos e prioridades de uma organização entre os membros de uma organização [...].

Um aspecto vantajoso do Delphi é que sua aplicação tem um custo relativamente baixo, baseado em procedimentos simples, que podem ser visualizados no fluxograma mostrado na figura 3.1.

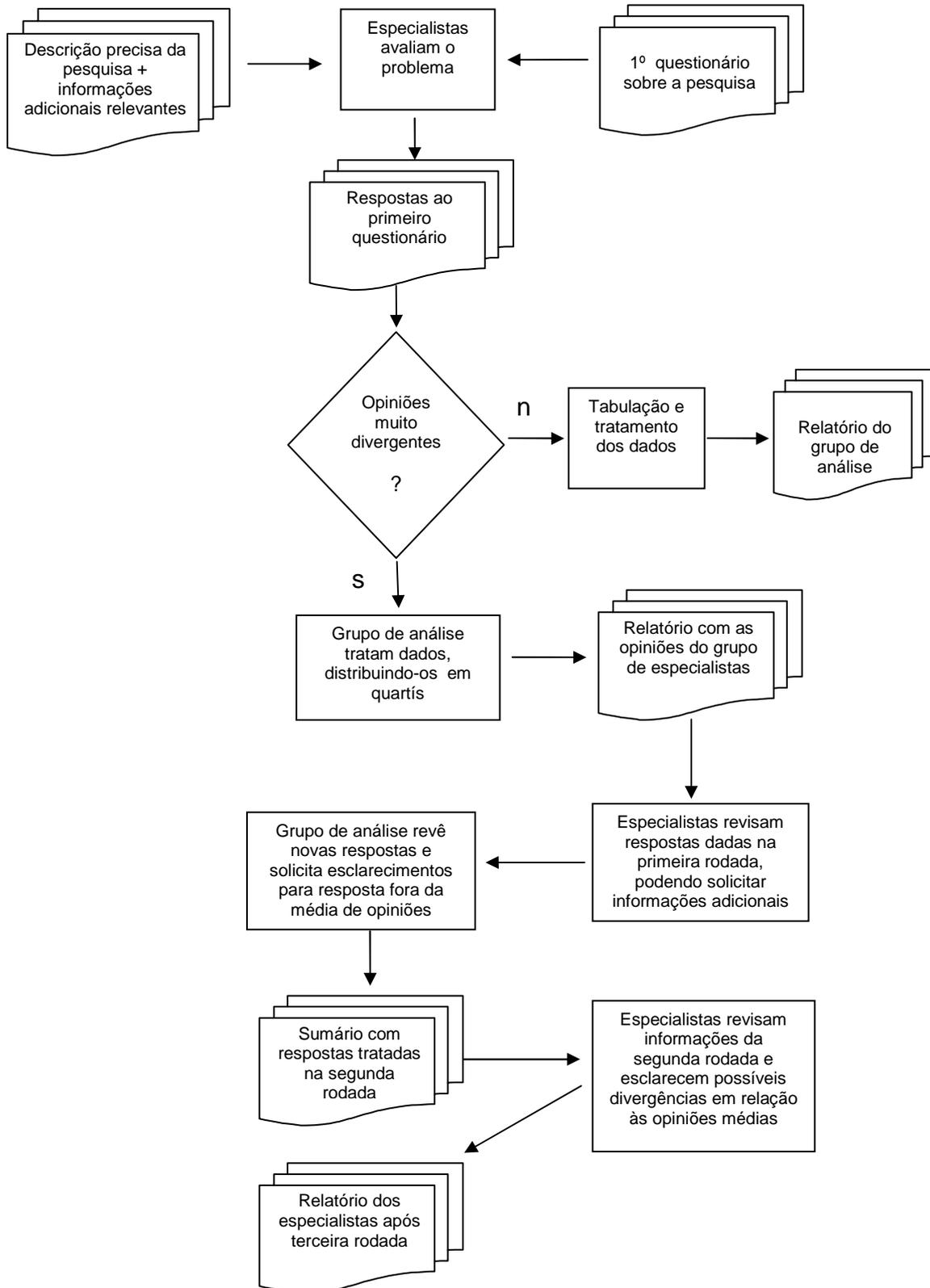


Figura 3.1 – Procedimentos básicos do Método Delphi

Fonte: Adaptado de Sullivan e Claycombe (1977)

Há inúmeras críticas sobre a eficácia do método Delphi como técnica de extração de conhecimentos de especialistas. SACKMAN *apud* SULLIVAN e CLAYCOMBE (*op.cit.*, p. 142), ao avaliar os estudos convencionais baseados em Delphi, concluiu que as investigações são:

[...] (1) muitas vezes, caracterizadas por um *design* de questionário elementar; (2) carentes de padrões profissionais mínimos e de testes-piloto para analisar os itens solicitados; (3) altamente vulneráveis quanto ao conceito de “especialistas” a serem consultados; (4) pouco confiáveis quanto à medição e validação científica das descobertas; (5) geradoras de respostas “apressadas” para questões ambíguas representadoras de “manchas” no futuro; (6) agregações confusas de opiniões, ainda em estado bruto, com predição sistemática; (7) obtenção de consenso “forçado”, baseado em sugestão de grupo; (8) passíveis de dar uma ilusão exagerada de precisão, levando a caminhos equivocados com os resultados encontrados; (9) impossibilidade das discussões face a face, em grupo, clamando a superioridade do grupo anônimo sobre a abordagem de competição, com provas; e (10) indiferentes a técnicas semelhantes e descobertas em ciências comportamentais, tais como técnicas projetivas, psicométricas, grupo de solução de problemas e projetos experimentais.

Permanece, contudo, um consenso geral de que o método Delphi pode ser útil como ferramenta para ajudar na antevisão de acontecimentos futuros, desde que suas limitações sejam levadas em conta, como, por exemplo, a dificuldade em correlacionar, de forma explícita as variáveis futuras (SULLIVAN e CLAYCOMBE).

Aplicações do método têm sido publicadas em revistas e *journals* especializados. RIKKONEN *et al.* (2006) descrevem técnicas para a utilização de especialistas na prática de planejamento estratégico, através do mencionado método. Os autores desenvolvem argumentação para responder a três questões: (a) como o setor público pode utilizar a informação de especialistas, sob orientação, em formulação de estratégias?; (b) quais são as alternativas possíveis para gerar esta informação para a formulação de estratégias?; e (c) quais as vantagens e desvantagens existem das alternativas apresentadas? São propostas duas perspectivas: (a) consulta de curto alcance (CCA); (b) consulta de longo alcance (CLA). No primeiro caso, em termos práticos, de acordo com LOVERIGE (1999 *apud* RIKONNEN *et al.* 2006), não há propriamente consulta, mas uma compreensão com base no conhecimento do grupo formulador da política desejada, do que é necessário executar. Cita-se, em termos brasileiros, o caso do PAC – Plano de Aceleração do Crescimento 2007-2010 (BRASIL, 2007), resultante, não de um estudo aprofundado de demandas e variáveis subjacentes,

mas, de uma decisão unilateral de grupo de planejamento formado por integrantes de diversos ministérios e agências governamentais.

Ainda de acordo com RIKKONNEN *et al.* (2006) esse tipo de ação é determinado pelo consenso estratégico (invariância). No outro caso, consulta de longo alcance, ocorre discordância entre tópicos, conteúdos, incertezas, onde não há, em geral, o consenso estratégico (variância). Este segundo caso exige o uso de instrumentos metodológicos mais rigorosos, de forma a que o resultado seja decorrente de um mínimo de consenso, medido por instrumentos de avaliação devidamente testados em situações semelhantes. Como exemplo pode-se citar a produção do PNLT - Plano Nacional de Logística e Transporte (BRASIL, 2007a) como um produto que empregou metodologia mais consistente com visão de longo prazo, a despeito de haver certo nível de aderência com o PAC, resultante da invariância comentada anteriormente. Nesta tese, a abordagem é do tipo CLA, com o emprego de metodologia híbrida, incluindo procedimentos típicos do método Delphi.

Um ponto importante do trabalho de RIKKONNEN *et al.* (op.cit) é a avaliação das perspectivas futuras quanto ao planejamento estratégico e o processo decisório, com base em análise feita por GODET (2001), sob a ótica de ação passiva (apenas segue ou contempla o fluxo dos acontecimentos), reativa (adapta-se à realidade, não interfere nela), proativa (capaz de inovar, gerar planos estratégicos inovadores) ou pré-ativa (ação estratégica preventiva). Outro aspecto relevante do artigo é a copiosa e atual revisão da literatura feita sobre o assunto. A aplicação do trabalho é no campo da agricultura, particularmente em fazendas que cultivam e desenvolvem produtos geneticamente modificados. Um caso específico foi estudado sobre a política de longo prazo a ser conduzida sobre a participação produtos geneticamente modificados na cadeia alimentícia da Finlândia. O estudo envolveu os *stakeholders* do setor agroalimentício e as conclusões foram: (a) a Finlândia não deve ficar à margem se variedades geneticamente modificadas são produzidas em toda a área da EU; (b) o investimento em P&D é de tal ordem que as variedades geneticamente modificadas são inevitáveis; e (c) as variedades geneticamente modificadas não diferem muito daquelas

que sofrem melhoramentos no processamento fabril. A previsão média foi que os alimentos geneticamente modificados alcançariam 20% do mercado até 2025.

SCAPOLO e MILES (2006) desenvolveram um trabalho em que fazem uma análise comparativa entre os métodos Delphi e Impacto Cruzado. O trabalho explora ao máximo a metodologia aplicada para a extração de conhecimento dos especialistas com o objetivo de determinar, principalmente, a avaliação custo/benefício quando da aplicação de um, de outro ou de ambos os métodos. Um ponto ressaltado nessa pesquisa é que os métodos são complementares. O Delphi pode ser empregado em uma primeira fase de coleta de dados, que são posteriormente empregados para formatar a matriz de impactos cruzados. A aplicação foi feita sobre projeções acerca do futuro sistema de transporte europeu, daí ser considerado como referência importante para esta tese.

Um ponto discutível quanto se estuda a metodologia Delphi é o conceito de especialista. SACKMAN (1975 *apud* MULLEN,2003) faz críticas a esse respeito, especialmente sobre o que seria, de modo claro, um especialista, chegando a atribuir a muitos deles a prevalência do '*hallo effect*'; isto é, uma tendência dominante de que uma opinião global influencie a avaliação pontual sobre cada atributo sob análise. SACKMAN chega ao ponto de duvidar da superioridade da opinião de especialistas em comparação à dos não-especialistas, porém bem informados. Ao se aplicar o método Delphi para planejar investimentos em infra-estrutura de transporte foi exercido um certo nível de reflexão sobre esse comentário de SACKMAN, um autor clássico da metodologia. Assim, a construção do procedimento proposto nesta tese incluiu especialistas e indivíduos não-especialistas, porém com elevado nível de conhecimento e compreensão sobre os problemas de desenvolvimento sustentável e do papel da infra-estrutura em relação aos mesmos.

3.5. Método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)

Trata-se de um método multicriterial desenvolvido por HWANG e YOON (1981), no qual m alternativas são avaliadas segundo n atributos de avaliação de prioridades determinadas por um indicador derivado da combinação entre a aproximação a uma

situação ideal (positiva) e ao distanciamento de uma situação não ideal (negativa). Pode ser considerado, também, como um sistema geométrico com m pontos no espaço n -dimensional (idem, 1981). Relatam JANIC e REGIANI (2002, p. 119) que, posteriormente, ZELENY (1982), HALL (1989) adotaram o mesmo princípio. O método foi enriquecido por YOON (1987) e HWANG & LIU (1993).

A aplicação do método está baseada em duas matrizes: a primeira é a matriz de decisão [A] com os atributos x e critérios j ; dados brutos são normalizados e se constituem em uma segunda matriz [R]. A normalização pode ser feita por vários critérios, destacando-se a normalização linear e a por vetor, completam JANIC e REGIANI (idem).

A normalização linear é um procedimento simples, resultante da divisão da avaliação dada a um atributo x qualquer pelo máximo valor atribuído ao mesmo atributo. O cálculo é efetuado por:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j^*} \quad i = 1 \dots\dots, m; \quad j = 1 \dots\dots, n \quad (1)$$

sendo x_j^* o valor máximo do $j^{\text{enésimo}}$ atributo. Assim, $0 \leq r_{ij} \leq 1$, sendo 1 o mais favorável

A normalização por vetor é feita pela divisão de cada atributo x por um modelo, obtendo-se o valor normalizado r para cada um deles por meio da equação:

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

A próxima etapa é a ponderação dos atributos obtida pela multiplicação dos mesmos pela ponderação atribuída pelo avaliador e a determinação do maior valor (situação ideal, positiva) para cada um dos itens avaliados (coluna), que pode ser representada pelo símbolo A^+ ou A^* . O mesmo procedimento é adotado para a escolha do menor valor (situação não ideal, negativa), representada por A^- .

Definidos os valores de A^+ e A^- , o próximo passo é calcular o desvio em relação a cada valor atribuído e somá-los, de acordo com as equações:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (3)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (4)$$

Finalmente chega-se ao resultado da aproximação às situações positivas e negativas, com o emprego da equação:

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)} \quad (5)$$

A fase final é a ordenação decrescente dos valores de C^+ e a avaliação do que JANIC e REGIANI (ibidem) denominam de curva de indiferença. A função do TOPSIS pode ser igualada a c , como mostrado, a seguir:

$$C^+ = \frac{S^-}{(S^+ + S^-)} = c \quad (6), \quad \text{em que } c \text{ é um valor qualquer.}$$

A equação (6) pode, também, ser expressa por:

$$cS^+ - (1-c)S^- = 0 \quad (7)$$

A expressão (7) indica a variação de uma hipérbole quando a diferença entre dois desvios (distâncias entre positivo/negativo) de dois pontos fixos é zero. Na Figura 3.2. os autores mostram que as curvas com $c \geq 0,5$ são “convexas em relação à preferência de origem (positiva, situação ideal), que indica a propriedade de diminuição

da taxa marginal de substituição observada na maioria das curvas de indiferença” (p. 45). Ao contrário, curvas de indiferença com $c \leq 0,5$ são côncavas em relação à preferência original.

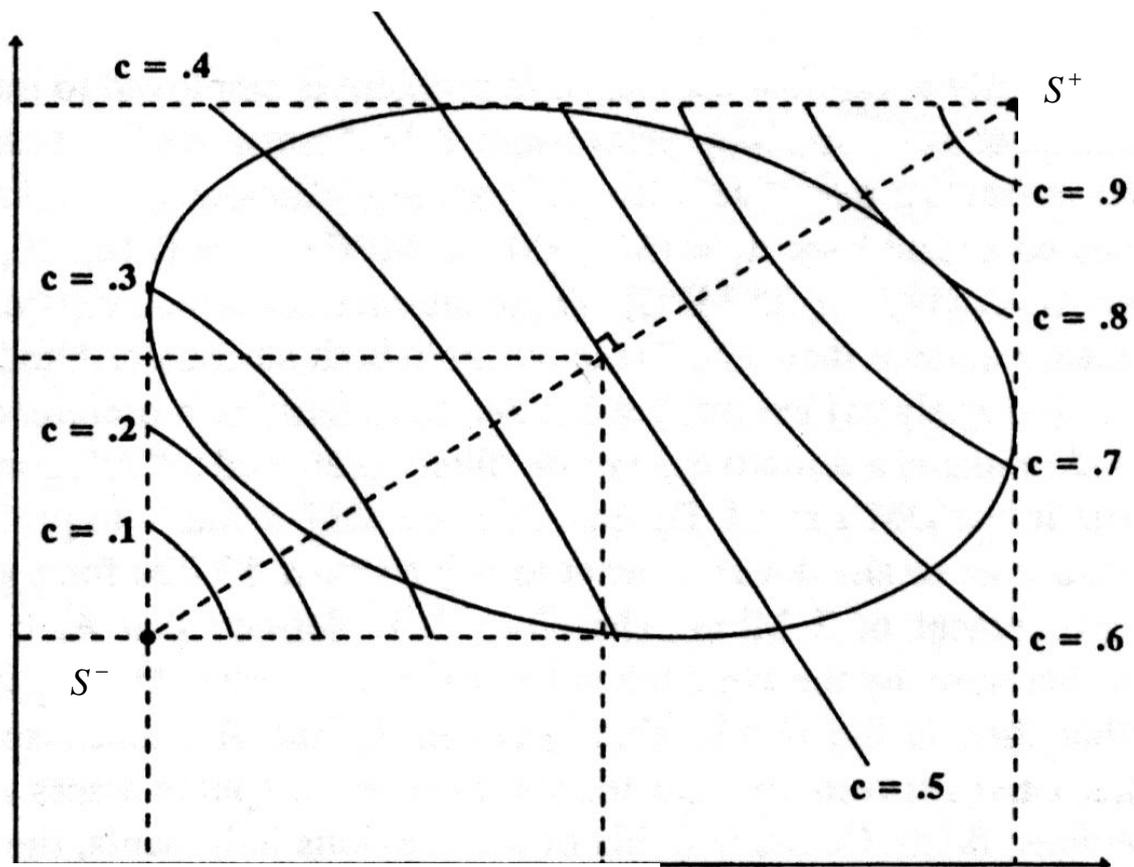


Figura 3.2 – Curvas de indiferença no TOPSIS
 Fonte: Hwang& Yoon (1981)

Esse é um caso pouco comum em termos de escolha porque pode ser visto como uma assunção de risco resultante de uma situação pessimista. Se alguém escolhe uma alternativa próxima do não ideal, possivelmente faz isso porque prefere escolher uma alternativa com o pior e o melhor atributo do que outra com dois atributos ruins, argumentam os autores. Com base nesse exemplo, é possível assumir que um decisor poderia, sob risco, escolher construir uma rodovia que vai gerar muitos empreendimentos ao longo de sua faixa (próximo à situação ideal) e grande impacto ambiental (próximo à situação não ideal) do que outra que será apenas um corredor para

escoamento de *commodities* (próximo à situação não ideal) e que também terá grande impacto ambiental.

O método TOPSIS é empregado como ferramenta para estabelecer prioridades que auxiliam decisores na escolha das melhores alternativas, inclusive na área de transportes. Para a escolha de um novo aeroporto concentrador na Europa, JANIC e REGIANI (2002) trabalharam com três métodos multicritério: o TOPSIS, o SAW (*Simple Additive Weighting*) e o AHP. Foram considerados para análise os aeroportos: Bruxelas, Paris (Charles De Gaulle), Frankfurt Main, Düsseldorf, Amsterdam Shiphol, Londres Heathrow e Milão Malpensa. Na aplicação dos três métodos foram empregados os mesmos dados e ponderações e os resultados foram semelhantes. Simulações sob condições diferentes produziram novos resultados. Segundo os autores, isso significa que os critérios de ponderação devem ser estabelecidos com extremo rigor, porque a influência de cada um dos três métodos é pequena, ao contrário da ponderação, que é crítica. Assim, a conclusão é que tais métodos, pelos níveis de sensibilidade observados, são muito bons para uma primeira avaliação e tomada decisões iniciais. Também podem ser úteis para um aprendizado sobre as alternativas sob avaliação, sendo necessário, finalmente, que uma análise mais aprofundada deve ser feita antes da tomada das decisões finais.

Uma experiência feita em torno do TOPSIS foi relatada por SAGHAFIAN e HAJAZI (2005), que propuseram uma adaptação dos conceitos da lógica *fuzzy* ao método tradicional. A premissa dos autores é de que o método clássico é excessivamente determinístico e não levaria em conta as sutilezas inerentes ao comportamento humano. Basicamente o processo adotado é o mesmo do modelo proposto por HWANG e YOON (1981). A diferença está em que os critérios postos à disposição dos avaliadores utilizam recursos qualitativos associados a três referências numéricas, em vez de uma do método tradicional. Essas referências baseiam-se nos números *fuzzy* n_1 , n_2 , e n_3 , plotados em um triângulo que os autores aproximam como simétrico; isto é,

$$n_2 = \frac{(n_1 + n_3)}{2} \quad (8)$$

Não obstante a sofisticação da demonstração feita por SAGHAFIAN e HAJAZI (*idem*) nota-se que, ao ser aplicado o procedimento detalhado no *paper*, os resultados são

semelhantes aos que seriam obtidos com o TOPSIS clássico, considerando-se a pouca influência do método em si mesmo, argumento já apresentado por JANIC e REGIANI (*op.cit.*) quando comparam métodos diferentes e avaliam a sensibilidade dos mesmos em relação à variação das ponderações.

Outra experiência feita com os números triangulares *fuzzy* foi apresentada por SOO e TEODOROVIC (2006) para a avaliação, sob a argumentação de que a teoria *fuzzy* é um recurso matemático para o tratamento de dados imprecisos (incertos, subjetivos e ambíguos). A teoria *fuzzy* tem sido aplicada em modelagem matemática de tráfego e processos de transporte, incluindo planejamento quanto a investimento em transportes, (TEODOROVIC, 1994). Também deve ser considerado o tratamento *fuzzy* dado por LIANG (2007) no planejamento de transportes para minimizar custos de produção e de movimentação relacionados às restrições da capacidade de processamento das máquinas de uma indústria e dos espaços de armazenagem dos destinos das mercadorias, experiência relevante, porém realizada em ambiente restrito, não diretamente vinculada a problemas de infra-estrutura de transporte.

THOMAS (2007) empregou o TOPSIS como uma das ferramentas para a tomada de decisão em projetos relacionados à construção de novas aeronaves, afirmando que o método tem a grande vantagem de responder rapidamente a mudanças de variáveis durante o processo de análise, além de sua simplicidade conceitual. No entanto, afirma a autora que é difícil o uso de informações qualitativas com o TOPSIS em função do mapeamento da sensibilidade. Quando os conceitos (critérios) estão muito próximos em termos de *ranking*, a incerteza quanto ao atributo avaliado torna difícil a escolha de alternativas. É possível que isso leve, em algumas situações, como a estudada por THOMAS (*idem*), ao emprego de um método que contribua, em tese, para a redução desses problemas, como a aplicação dos números do triângulo *fuzzy*, recomendado por SAGHAFIAN e HAJAZI (2005) e, também, por SOO e TEODOROVIC (2006).

O TOPSIS é, geralmente, considerado uma ferramenta de aplicação alternativa ao ELECTRE, método de origem francesa proposto originalmente por BENAYOUN (1966).

3.6. Método de Análise Hierárquica - AHP

O AHP é, também, um instrumento modelado sob inspiração prescritiva e multicriterial, criado no limiar dos anos 80 por Thomas L. Saaty. O princípio norteador de sua obra foi a decomposição de problemas de natureza qualitativa “por hierarquias e síntese pela identificação de relações através da escolha consciente” SAATY (1991, p. 1). Mais adiante, hierarquia é conceituada, como “abstração da estrutura de um sistema para estudar as interações funcionais de seus componentes e seus impactos no sistema total” (p. 6). O criador do AHP critica o esgotamento dos modelos puramente quantitativos que simplificam e reduzem questões complexas, nem sempre modeladas de acordo com a realidade. Nesse aspecto insiste que os modelos têm de “incluir e medir todos os fatores importantes, qualitativa e quantitativamente mensuráveis, tangíveis ou intangíveis” (p. 7). Aí reside a essência do método e uma certa identificação com os métodos Delphi, Impacto Cruzado, principalmente com o primeiro porque, pela utilização do índice de consistência, os dados podem ser refinados pela repetição das pesquisas de campo. SAATY (idem) afirma que o método decorreu de experiências vivenciadas em um país pouco desenvolvido – o Sudão – aonde o autor trabalhou em planejamento de contingência e em projetos de cenários futuros. No campo do transporte e distribuição, a experiência conduzida naquele país consistiu no planejamento do transporte para apoiar a distribuição do seu principal produto – o algodão. Embora não se possa comparar o ambiente africano com a realidade brasileira, os exemplos mostrados por SAATY (ibidem) contribuem para a formulação do procedimento apresentado nesta tese, juntamente com outros recursos multicriteriais.

Ainda segundo o autor, o método AHP está fundamentado em três etapas: (a) estruturação da hierarquia do problema a ser avaliado; (b) julgamento comparativo com base em escala lógica de valores; e (c), síntese das prioridades identificadas. Na primeira etapa se deve estabelecer o objetivo geral e as alternativas para a tomada de decisão. No julgamento comparativo são usadas matrizes, do tipo quadrada, $n \times n$, onde n corresponde ao número de alternativas (ou atributos).

A matriz quadrada A é definida por $A = (a_{ij}), i, j = 1, 2, 3, \dots, n$, com as seguintes regras para definição de a_{ij} :

Primeira: se $a_{ij} = \alpha$, tem-se que $a_{ji} = \frac{1}{\alpha}$, sendo $\alpha \neq 0$. Segunda: se C_i é considerado de igual importância quando comparado a C_j , tem-se que $a_{ij} = 1, a_{ji} = 1$; e na situação específica $a_{ii} = 1$, para qualquer i . (SAATY, 1980). A avaliação é feita comparando-se pares de alternativas ou de atributos, definindo-se, com base em uma escala de valores, de 1 (menor) a 9 (maior) o grau de importância de um sobre o outro, em função do objetivo sob análise. Na tabela 3.2 é mostrada a matriz básica do AHP, com a inclusão dos valores recíprocos (matriz A).

Tabela 3.2 – Matriz básica do AHP

$$A = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{22}} & 1 & \dots & a_{3n} \\ a_{13} & a_{22} & & & \\ \dots & \dots & \dots & 1 & a_{4n} \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \frac{1}{a_{4n}} & 1 \end{vmatrix}$$

Nota-se que $1/a_{12}$ é o recíproco de a_{12} , ou seja, se o avaliador considerar que o atributo a_{21} é 5 vezes mais importante que a_{12} , o recíproco será igual a 0,2, e assim por diante.

O próximo passo do método AHP consiste na normalização da matriz. SAATY (1991) propõe quatro formas de determinação, que, de acordo com o autor apresentam resultados semelhantes, principalmente se a matriz for consistente. Um dos procedimentos para normalização é construir uma nova matriz A_y , em que os elementos de cada coluna (r_{ij}) resultam da divisão do dado da coluna original pela soma da mesma, como mostrado na equação 6:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \text{ onde } i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (9)$$

A seguir, obtém-se o vetor prioridades, constituído pelas ponderações (pesos), calculando-se a média das linhas da matriz normalizada A_y .

$$P_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^n r_{ij} \quad , \text{ onde } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

Definidas as prioridades por meio da equação (7) a 3ª etapa do método AHP (síntese) é determinar a consistência das avaliações efetuadas por meio de um índice correspondente, obtido a partir do cálculo do autovalor λ_{max} , pela multiplicação da matriz formada pela soma das colunas da matriz A (V) pelo vetor prioridades (P), como recomenda SAATY (1980).

$$\lambda_{max} = V.P \quad (11)$$

Com base no autovalor λ_{max} determina-se o índice de consistência, também denominado de desvio de consistência.

$$IC = \frac{(\lambda_{max} - n)}{(n - 1)} \quad (12)$$

A parte final da síntese do método AHP é a determinação de uma razão de consistência obtida a partir de experimentos com dados de IC realizados no laboratório nacional de Oak Ridge (EUA) e na Universidade de Wharton. Simulações com matrizes 9x9 e 11x11 foram geradas randomicamente, com recíprocas forçadas de Índice Randômico – IR, um tipo de consistência aleatória. Em função dos resultados alcançados, obtidos com amostras de 100 (Oak Ridge) e 500 (Wharton), Saaty (1991) propôs a tabela 3.3, que mostra os valores de CR em relação à ordem (n) das matrizes.

Tabela 3.3 – Coeficientes randômicos em relação à ordem n de matrizes

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: SAATY (1991, p. 27)

Assim, a Razão de Consistência (RC) é o indicador que mostra a verdadeira consistência das respostas obtidas na pesquisa AHP e é determinada por:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (13)$$

Para SAATY (1991) $RC \leq 0,10$ significa que as avaliações produzidas têm boa qualidade, sendo considerada aceitável.

Na prática, para que sejam realizadas as avaliações é necessário o emprego de coerência metodológica com observação dos seguintes axiomas (VARGAS, 1990):

Número 1: **Comparação recíproca**

O decisor deve ser capaz de realizar comparações e estabelecer, claramente, suas preferências. A reciprocidade é a condição para que essas preferências sejam colocadas. Assim, se A é n vezes preferível a B, deduz-se que B é 1/n vezes preferível a A. Se essas condições não forem satisfeitas, há uma indicação de que a questão formulada não foi clara e deverá ser refeita.

Número 2: **Homogeneidade**

Os dados a serem comparados devem estar em uma escala limitada. Se não fizerem parte de um grupo homogêneo, devem ser reagrupados em elementos com a mesma ordem de magnitude. Caso o decisor não possa fornecer uma boa resposta, a pergunta não é significativa ou as alternativas oferecidas não são comparáveis por falta de homogeneidade.

Número 3. **Independência**

Ao serem declaradas as preferências, deve ser admitido que os critérios utilizados são independentes das propriedades das alternativas, que não devem, portanto, influenciar o decisor.

Número 4. **Expectativa**

É indispensável que a estrutura hierárquica esteja completa para que o decisor possa expressar sua preferência; caso contrário este não poderá empregar os critérios necessários para atender as suas expectativas racionais; e a decisão será incompleta.

Como descrito na modelagem apresentada, a avaliação dos pares de atributos é realizada por meio de matrizes quadradas e seu preenchimento é feito por dupla entrada, com os elementos sendo repetidos nas linhas e nas colunas, ocorrendo o julgamento na interseção. A escala de SAATY (1991) para estabelecer o grau de importância na comparação entre os atributos, é mostrada na Tabela 3.3.

Tabela 3.4 – Escala de julgamento de SAATY

Avaliação (intensidade da importância)	Interpretação	Grau de importância
Igual	Atividades (ou atributos) comparadas (A e B) têm a mesma importância	1
Pouco superior	Uma das atividades tem importância pouco maior que a outra	3
Muito superior	Uma das atividades é muito mais importante que a outra	5
Extremamente superior	Uma das atividades é extremamente mais importante que a outra	7
Absolutamente superior	Uma das atividades é absolutamente mais importante que a outra	9
Avaliação intermediária	Não há certeza entre dois graus de importância	2, 4, 6 8

Fonte: SAATY (1991, p. 68)

O alcance do método AHP é demonstrado por meio de exemplos ilustrativos. Um deles realiza análise comparativa entre a riqueza das nações e de sua influência no mundo. Foi elaborada uma matriz com sete países influentes (China, Rússia) e ricos (Estados Unidos, Japão, Alemanha, França, Grã-Bretanha). O autovetor riqueza normalizado foi obtido a partir do produto nacional bruto de cada país. Outras aplicações foram realizadas no Brasil, sendo uma para o Estado Maior do Exército Brasileiro e outra para a Embratel – Empresa Brasileira de Telecomunicações (SAATY, 1991).

3.7. Método Multiatributo Utilitário (*Multi Attribute Utility Theory*) - MAUT

TSAMBOULAS (2007, p. 1) afirma que os decisores, ao formularem projetos de infraestrutura de transporte, necessitam de informações de longo prazo e dos impactos indiretos na mobilidade da sociedade, impactos ambientais e suas necessidades. Devem, ainda, compreender as conseqüências sociais e políticas, em complemento às variáveis técnicas e econômicas. O autor apresenta uma ferramenta que auxilia os decisores no estabelecimento de prioridades para investimentos em infra-estrutura de transporte, baseada numa abordagem multicritério - MAUT (*Multi Attribute Utility Theory*). O estudo é focado em um ambiente multinacional e demonstrou que a análise multicritério pode ser empregada como uma ferramenta de apoio nas decisões em um contexto internacional, permitindo que os *decision-makers* priorizem os projetos dentro das limitações de prazos e de orçamento. TSAMBOULAS (idem) completa, afirmando que o estudo “constitui-se em ferramenta de avaliação prévia para programas de infra-estruturas de transporte, com o emprego de diferentes aspectos relacionados aos projetos de transporte” (p. 22). São propostas quatro fases para a utilização da ferramenta, assim descritas:

- Fase A – Identificação. Nesta etapa, os projetos prospectados devem ser identificados para uma avaliação posterior, fundamentada nos objetivos compartilhados entre as autoridades responsáveis, a partir de um processo de consulta, com o emprego dos procedimentos de AHP;
- Fase B – Coleta. Esta fase está relacionada à obtenção de dados e de informações relativas aos projetos prospectados;
- Fase C – Avaliação. Tarefa de análise e avaliação de cada projeto de acordo com critérios sócio-econômicos, com base nas ponderações atribuídas;
- Fase D – Priorização. Escolha do projeto com melhor desempenho, de acordo com os resultados avaliados, sendo atribuída ao mesmo a prioridade para execução.

Esse roteiro foi aplicado, com cada uma das fases devidamente detalhadas, para estabelecer os projetos prioritários no planejamento da infra-estrutura de transporte,

considerando os modos rodoviário e ferroviário, para os próximos 20 anos, na conexão intermodal em 21 países europeus. Alguns projetos foram previstos para além dos 20 anos. O trabalho de TSAMBOULAS (idem) é importante, porque oferece detalhes sobre como estabelecer a ponderação das variáveis empregadas no método. No total, foram considerados 260 projetos, dos quais 236 sofreram o processo de avaliação. Foram estabelecidas as seguintes prioridades:

- (I) 26 projetos foram considerados viáveis para implantação até 2010;
- (II) 75 projetos ficaram pendentes de pesquisas adicionais para uma decisão final, principalmente por questões de fontes de recursos, com previsão de implantação até o ano de 2015;
- (III) 129 projetos dependerão de pesquisas mais aprofundadas para uma definição final e respectiva programação físico-financeira, sendo estimada sua implantação até o ano de 2020;
- (IV) 20 projetos foram previstos para longo prazo, além de 2020, principalmente pela carência de dados mais precisos para o seu planejamento.

Considerando-se que o caso estudado está relacionado a regiões com assimetrias de natureza econômica, social e ambiental, existem elementos que contribuíram efetivamente para a proposta desenvolvida neste trabalho, haja vista que o ambiente brasileiro, sob o ponto de vista de crescimento econômico e desenvolvimento sustentável é assimétrico.

3.8. Outras abordagens multicritério aplicadas a problemas de transporte

PAPADASKALOPOULOS e KARAGANIS (2005) estudaram as implicações espaciais e de desenvolvimento nos eixos pan-europeus de transporte no Balcãs. São explorados os pólos de desenvolvimento e os eixos são determinados com base no tamanho, na localização das cidades, nas respectivas interconexões e nos seus papéis como *hubs* dos mencionados eixos. A importância do trabalho está no fato de o estudo ter considerado uma região pobre, recentemente integrada à União Europeia. As situações são examinadas sob a ótica SWOT (*Strengthness, Weakness, Opportunities e Threats*) – Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças. A metodologia empregada para dar um tratamento quantitativo à análise foi a construção de uma matriz de acessibilidade ou espacial ponderada (*Accessibility Matrix or Spatial Weight Matrix*), baseada no trabalho de CLIFF e ORD (1981) e de ANSELIN (1988).

RIETVELD (1994) estudou os impactos econômicos espaciais sobre a infra-estrutura de transporte, tendo desenvolvido uma ferramenta para a medição de tais impactos, tanto sobre a produtividade das trocas, como, também, sobre a mudança de comportamento diante da relocação. Foram considerados, basicamente, dois tipos de impacto: o intra-urbano e o intra-regional, com modelagem ou não, de acordo com o nível de agregação dos dados. O aspecto importante desse trabalho é que ele ampliou o alcance dos impactos, identificando-os, junto aos empreendedores, segundo suas percepções. Em face da aparente contradição entre os benefícios da implantação de uma infra-estrutura de transporte e os impactos ambientais, RIETVELD (*idem*) comenta o que OFFNER (1992) e PLASSARD (1992) denominaram de ‘mistificação política’. Segundo o autor, seria a argumentação governamental sobre os elevados benefícios econômicos decorrentes dos efeitos dos investimentos em infra-estrutura de transporte. A intenção dos governantes seria minimizar a preocupação dos ambientalistas em relação aos impactos negativos dessas ações, que considerariam de natureza meramente política, sem que as mesmas tivessem respaldo científico. OFFNER (*idem*) argumenta que falta rigor na análise em decorrência da fragilidade teórica e metodológica, gerando uma outra afirmativa; ‘mistificação científica’, pelo fato de que não seria possível isolar os investimentos em infra-estrutura de outros igualmente relevantes. Daí a necessidade de se estudarem investimentos em infra-estrutura de transporte com base no cruzamento de dados referentes a outros interesses nacionais relacionados a crescimento e

desenvolvimento. RIETVELD (1994) produziu modelagem sobre a infra-estrutura de transportes e o desenvolvimento regional, envolvendo um número de variáveis significativo, porém limitado à produção e às relações de trabalho e de capital.

ZIESTSMAN et al. (2006) KIM e SEUNG-JUN (2006) empregaram método baseado na teoria de decisão multiatributo para trabalhar dados relacionados ao planejamento de corredores de transporte em Houston, Texas e na África do Sul. Empregaram sistemas de simulação de tráfego (CORSIM) com agregação de elementos qualitativos voltados para o desenvolvimento sustentável sob o ponto de vista ambiental.

3.9. Método dos Impactos Cruzados – IC

Trata-se de um método próximo ao Delphi e ao AHP. Em relação ao primeiro, porque tem a pretensão de extrair conhecimento de especialistas, com uma diferença importante: trabalha com eventos associados, daí a denominação genérica de impactos cruzados. Com o AHP, a semelhança é que sua matriz, também quadrada, é uma ferramenta que mede, para um dado conjunto de atributos (variáveis), suas interações e respectivas forças.

Foi desenvolvido originalmente por Theodore Gordon e Olaf Helmer, em 1966. De acordo com GORDON (1994, p.1) a resposta à questão fundamental colocada por seus criadores, “podem as previsões ser baseadas em percepções sobre como os eventos futuros podem interagir?”, está no cerne de toda a teoria que cobre o método.

A gênese desse estudo foi a criação de um jogo para a *Kaiser Aluminum and Chemical Company*, em meados dos anos 60, informa GORDON (idem). Esse jogo, chamado *Future* foi produzido especialmente para ser distribuído aos clientes da mencionada empresa, em comemoração ao seu 100º aniversário. Era constituído, basicamente, de cartões, cada um deles com a descrição de determinado evento futuro, cuja probabilidade de ocorrência foi determinada previamente pelos criadores do jogo. Ao começar o jogo, um dado, na realidade um icosaedro (sólido regular com 20 faces triangulares) era atirado para determinar se, no cenário que estava sendo construído, o

evento ocorreria. Se a probabilidade mostrada na face visível do icosaedro fosse igual ou superior à probabilidade do evento, este aconteceria. Nesse caso, seriam lidos no verso do cartão “os impactos cruzados”, algo como: se esse evento ocorrer, então a probabilidade de ocorrência do evento x aumentará em $z\%$; a probabilidade de ocorrência do evento y diminuirá em $z\%$ e, assim por diante. Algumas breves explicações eram fornecidas para as interações indicadas e um sistema rudimentar era utilizado para processar as probabilidades à medida que o jogo era desenvolvido. Ao final do mesmo, uma pilha de cartões representava os eventos ocorridos e outra os não ocorridos. Desse modo, o cenário era construído com base na chance, nas probabilidades predeterminadas e nos impactos cruzados.

A idéia de impactos cruzados foi apresentada formalmente, em um *paper* elaborado por GORDON e HAYARD (1968), sob a forma de um método de construção de cenários. As probabilidades condicionais foram expressas como coeficientes de impactos, dentro do intervalo -10 a + 10. Os procedimentos das primeiras tentativas foram semelhantes aos do jogo original (*Future*). Logo, dentro do conceito de amostragem randômica aplicado no método Monte Carlo (HROMKOVIC, 2001), o processo foi amplamente repetido, com a utilização de computador para a contagem final das probabilidades dos eventos, com base nos impactos cruzados.

A partir da década de 70, o método foi sendo gradativamente introduzido nas salas de aula, complementa GORDON (*op cit.*), com variações diversas. Entre elas destaca-se o método SMIC – *Cross Impact Systems and Matrices*, desenvolvido na França por DUVAL *et al.* (1974). Em resumo, este método consiste em solicitar aos especialistas que respondam a uma grade de questões $p(i)$, $p(i/j)$ e $p(i/z)$. A partir daí, é calculada a probabilidade de um evento, com o emprego da fórmula adaptada para um modelo literal, com base em GORDON (1994):

$$p(i) = p(j) \times p(i/j) + p(j/z) \times p(i/z) \quad (14), \text{ onde}$$

$p(i)$ = probabilidade de ocorrência do evento i

$p(j)$ = probabilidade de ocorrência do evento j

$p(i/j)$ = probabilidade de ocorrência do evento i , dada pela ocorrência de j

$p(z)$ = probabilidade que o evento j não ocorra

$p(i/z)$ = probabilidade de ocorrência do evento i , dada pela não ocorrência de j

A expressão (14) pode ser transformada para resolver $p(j)$:

$$p(i/j) = \{p(i) - p(z) \times p(i/z)\} / p(j) \quad (15)$$

Considerando-se que $p(i)$ e $p(j)$ são conhecidos porque foram as probabilidades iniciais estimadas, e que $p(z)$ é o complemento coerente com base na teoria das probabilidades; ou seja, $1 - p(j)$, apenas $p(j)$ e $p(z)$, são as probabilidades condicionais não conhecidas. Se o menor resultado possível (zero) for substituído por $p(i/z)$, se poderá calcular o valor máximo para $p(z)$. Assim:

$$p(i/j) \leq p(i)/p(j) \quad (16)$$

Com base no mesmo raciocínio, se poderá atribuir a $p(i/z)$ o máximo valor (1,0) e calcular o mínimo valor para $p(i/j)$:

$$p(i/j) \leq \{p(i) - 1 + p(j)\} / p(j) \quad (17)$$

Estabelecida a regra de coerência para os valores a serem estimados pelos especialistas, um programa de computador deve ser empregado para calibrar os valores da matriz (GORDON, 2004, p. 7), a partir de uma seqüência de cenários probabilísticos que irá produzir o mais provável cenário, como explica SCAPOLO (1999). O emprego de *softwares* para a resolução da matriz é fundamental porque o número de pares de eventos é elevado, correspondendo a $n^2 - n$, onde n é o número de eventos. A maioria dos estudos considera um intervalo entre 10 e 40 eventos, segundo GORDON, *idem*, o que leva a um número entre 90 e 1560 pares de eventos. O fluxo mostrado na Figura 3.3 ilustra, de forma simplificada, o funcionamento do SMIC até a obtenção dos resultados finais (GODET, 1993).

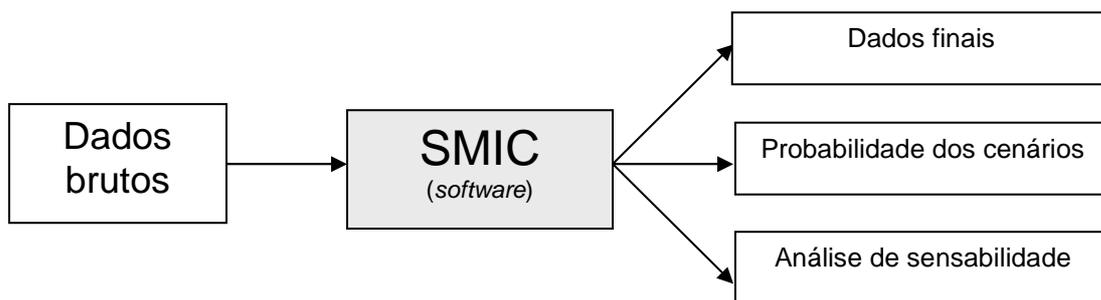


Figura 3.3 – Resultados do programa SMIC

Fonte: GODET (1993)

Um raciocínio mais elaborado sob o ponto de vista analítico é feito por FONTELA e RUEDA-CANTUCHE (2004) com o objetivo de produzir uma conexão entre os métodos Delphi e Impacto Cruzado. Eles afirmam que os dois métodos têm como objetivo geral a aplicação de conceitos probabilísticos por meio de consulta a especialistas. Entretanto, confirmam que apenas o impacto cruzado permite, por meio de matriz específica, a conexão entre diferentes eventos, ao contrário do que ocorre com o Delphi. Os mesmos autores, concluem que, atualmente, há um interesse crescente em associar o que chamam de “narrativas escritas” a modelos quantitativos, em geral, e a econométricos em particular.

Outros métodos, baseados no princípio dos impactos cruzados, foram igualmente desenvolvidos, como a técnica de simulação KSIM (KANE, 1972) e o INTERAX (ENZER, 1980).

SCHALANGE e JÜTTNER (1997) propõem uma aplicação para planejamento em longo prazo em ambientes de negócios complexos; no caso em uma empresa de energia. O ponto importante do trabalho apresentado é a metodologia analítica desenvolvida pelos autores, tornando clara a aplicação do método. O processo foi conduzido pela análise entre pares de atributos de uma matriz quadrada, com a verificação da influência de um sobre o outro, obtendo-se resposta à questão: caso o atributo A seja modificado, qual será o impacto sobre o atributo B? A força desses impactos foi estabelecida como 0 (sem impacto), 1 (pouco impacto), 2 (impacto médio) e 3 (impacto forte). As matrizes foram preenchidas por grupos de especialistas e seu resultado discutido em oficinas de trabalho (*workshops*) até que um certo nível de consenso sobre as avaliações foi

alcançado, produzindo-se o que os autores chamaram de ‘matriz do consenso’. Nessa matriz ficaram explicitos os níveis de interação e a influência de cada atributo sobre o sistema. Isso é medido pela soma de avaliações horizontais (fileiras) que significa a influência ativa; ou seja, como o atributo afeta o sistema total. A soma das colunas produz a influência passiva, isto é, como o atributo é influenciado pelo sistema.

No cenário brasileiro destaca-se o trabalho de GRUMBACH (2004), criador de um método de gestão estratégica, que utiliza, para desenho de cenários, métodos tradicionais como o Delphi e o dos Impactos Cruzados. O trabalho do autor inclui o emprego de dois *softwares* (Puma e Lince), que processam dados para planejamento estratégico, cenários prospectivos, simulação e gestão de futuro.

3.10. Método SEARCH

A técnica de impactos cruzados inspirou a criação desse modelo voltado para a construção de cenários, unindo dados qualitativos a quantitativos. SAPIO (1995) produziu o SEARCH – *Scenario evaluation and analysis through repeated cross impact handling*, aplicado na construção de cenários para a Videotel, empresa pública italiana fornecedora de serviços de videotexto. De acordo com CHEN *et al.*, *apud* SAPIO, 1995, p. 115) os cenários devem suprir: (a) dados qualitativos e quantitativos para uma previsão tecnológica; (b) colocar alternativas para determinação de impactos; (c) ser ferramenta acurada para a geração e análise de opções estratégicas. O SEARCH foi projetado para associar fenômenos imprevisíveis (e freqüentemente qualitativos) em esquemas formais, gerando resultados quantitativos. Esse método pode ser empregado para estimar o impacto de diferentes políticas na avaliação de um dado cenário, e do risco associado com estratégias competitivas em condições futuras. O método permite tratar a incerteza de uma forma eficiente, desde que vinculado a modelos estatísticos tradicionais, de naturezas financeira e econométrica, integrando técnicas de previsão e de estratégia. Há uma semelhança entre os pontos de vista de SAPIO (*idem*) e de SAATY (1991) quando abordam o problema do planejamento estratégico. Ambos concordam que os métodos puramente quantitativos, basicamente modelos matemáticos, têm revelado pouca eficácia no planejamento estratégico. Daí a criação do SEARCH

com a intenção de experimentar uma metodologia quantitativa (análise de impacto cruzado) no ambiente de uma ferramenta qualitativa, de modo a assegurar a consistência dos cenários construídos. Além disso, o método permite ao planejador a manutenção do contato com o contexto geral do problema, assim como a obtenção de previsões específicas para variáveis futuras. A preferência pela análise de impacto cruzado derivou da observação de que cenários baseados somente em métodos qualitativos e intuitivos podem fazer previsões confiáveis apenas para pequenos graus de mudanças e, em conseqüência, não possuem o necessário rigor formal para lidar com um grande número de eventos do mundo em transformação. A análise de impacto cruzado, reafirma o autor, representa uma técnica sistemática e objetiva para gerar previsões de longo prazo em ambientes incertos e dinâmicos, tendo sido, a partir da década de 70, largamente empregado para estudos quantitativos específicos (BEASLEY e JOHNSON, 1984; ENZER, 1970 e 1971; NOVAKY e LORANT, 1978; KAYA *et al.*, 1979; MITCHELL *et al.*, 1979). A Figura 3.4 representa o processo de escolha de estratégias para determinados objetivos. Os blocos cinza mostram uma parte integral do SEARCH.

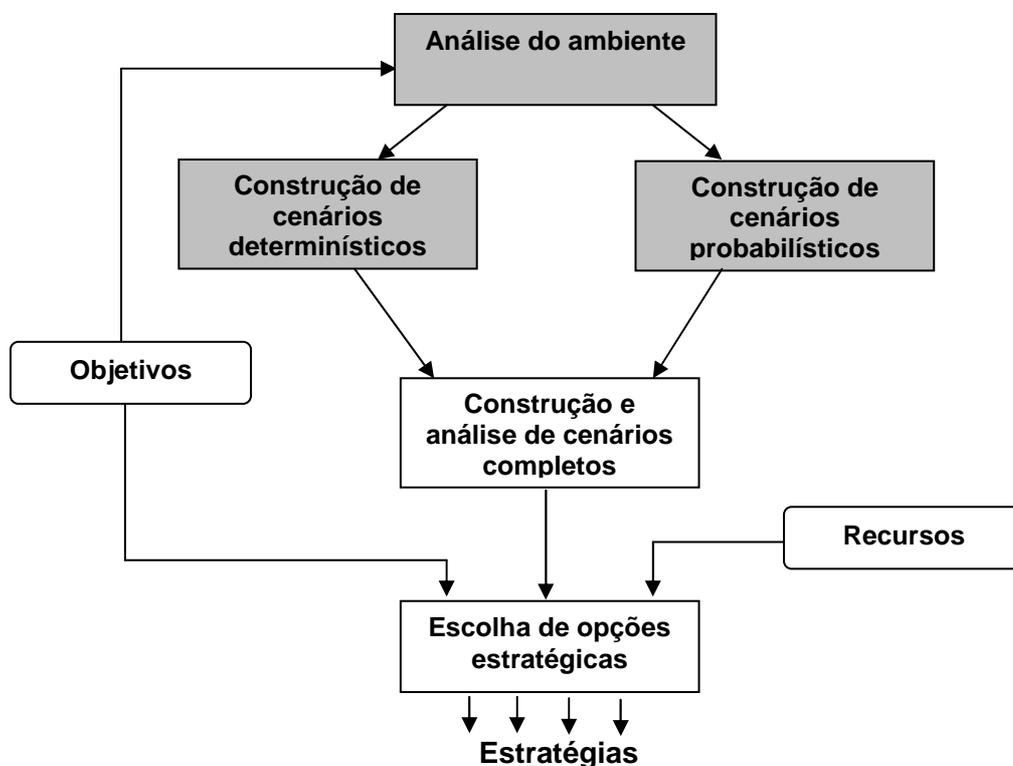


Figura 3.4 – Processo de formulação estratégica (SEARCH)
 Fonte: SAPIO (1995, p. 116)

O esquema do método SEARCH, descrevendo a construção de cenários completos das variáveis que caracterizam o sistema, é mostrado na Figura 3.5.

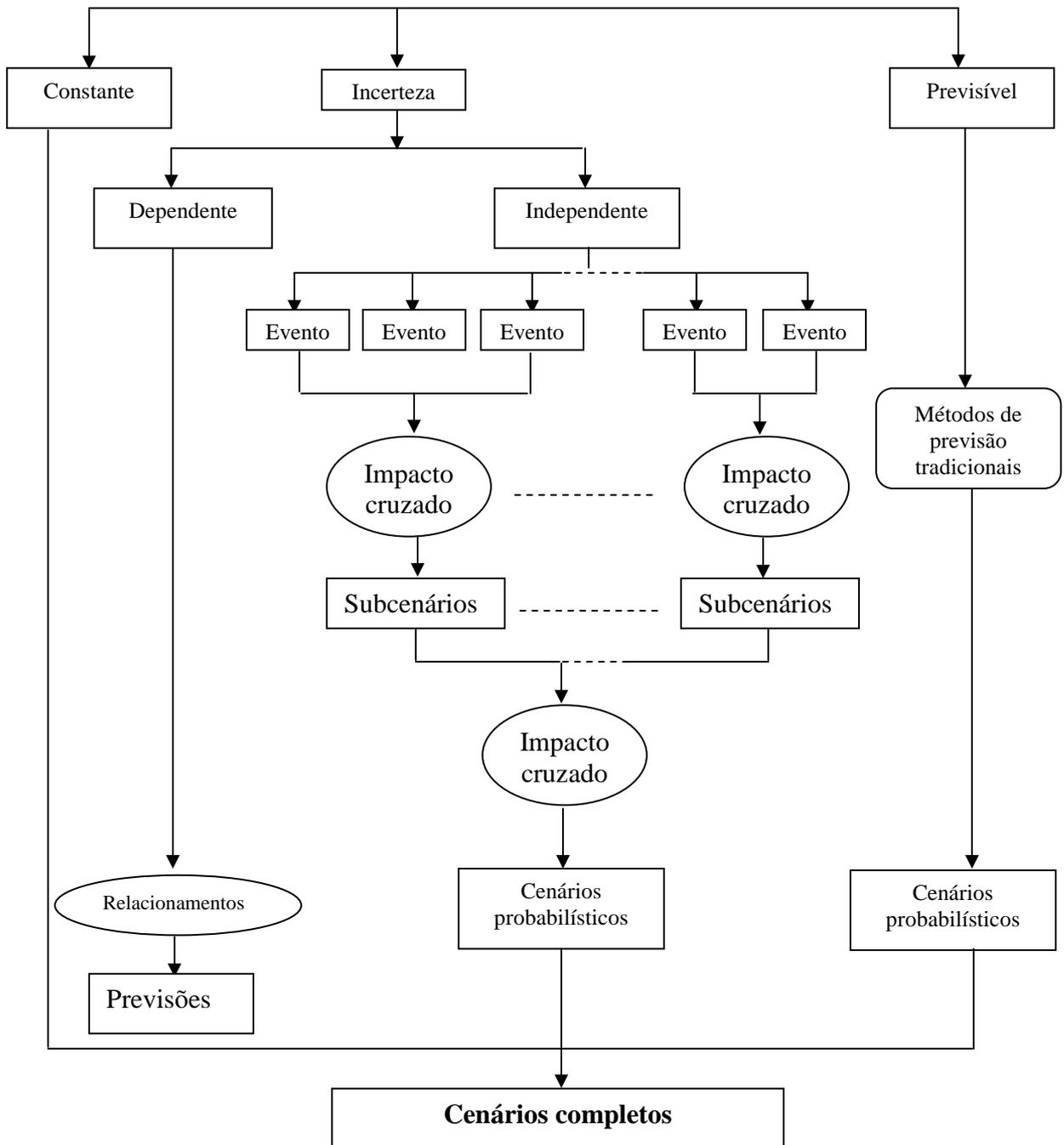


Figura 3.5 – Variáveis que caracterizam o SEARCH
 Fonte: SAPIO (1995, p. 116)

O SEARCH foi concebido em três estágios, com 17 procedimentos no total, tal qual apresentado a seguir (SAPIO, 1995, p. 116-121)

Estágio I: análise do ambiente e construção da parte determinística do cenário.

- (1) Definição do horizonte temporal.
- (2) Determinação das variáveis que caracterizam o sistema.
- (3) Divisão das variáveis em fatores constantes, previsíveis e incertos.
- (4) Fatores previsíveis ao longo do horizonte temporal.
- (5) Divisão dos fatores de incerteza entre independentes e dependentes.
- (6) Determinação de eventos simples para cada fator incerto.
- (7) Decomposição em subcenários.

Estágio II: construção da parte probabilística dos cenários.

- (8) Avaliação de especialistas sobre a margem de probabilidade dos eventos.
- (9) Atribuição do nível de compatibilidade entre pares de eventos pertencentes ao mesmo cenário.
- (10) Avaliação das probabilidades do subcenário.
- (11) Escolha dos subcenários com as alternativas mais significativas.
- (12) Atribuição dos níveis de compatibilidade entre pares de subcenários.
- (13) Avaliação das probabilidades dos subcenários.
- (14) Junção de cenários similares.

Estágio III: construção de cenários completos e escolha de estratégias.

- (15) Avaliação de fatores dependentes.
- (16) Construção de cenários completos com o emprego de cenários probabilísticos, fatores dependentes, previsão de fatores previsíveis e de fatores constantes.
- (17) Análise estratégica dos cenários completos.

Antes da aplicação, o autor fez uma contextualização do ambiente europeu, incluindo empresas da França, da Inglaterra e da Alemanha. Esse trabalho é extremamente detalhado, daí sua utilização como referência metodológica para o alcance dos objetivos desta tese.

3.11. Análise comparativa entre dois métodos de avaliação

Um trabalho recente e relevante foi o artigo escrito por SCAPOLO e MILES (2006) produzindo uma detalhada comparação entre os métodos de previsão Delphi e Impacto Cruzado, conhecidos como dois dos melhores métodos. Ainda assim falta uma orientação clara sobre as situações em que tais métodos são úteis, inclusive quanto ao aspecto custo x benefício. Delphi e Impactos Cruzados são técnicas de grande utilidade em áreas onde existe pouco suporte conceitual, onde técnicas de previsão puramente analíticas, derivadas da econometria podem produzir, no mínimo, resultados duvidosos, quando não falhas grosseiras devido a aproximações que normalmente são realizadas. O uso de especialistas e do seu conhecimento, no entender de SCAPOLO e MILES (2006), pode contribuir para a obtenção de bons resultados em previsões.

Delphi foi a primeira tentativa a ter esse enfoque, além do tradicional “grupo de discussão” ou “*brainstorming*”. Tem sido empregada em muitas áreas devido a sua alta flexibilidade. Uma aplicação convencional do Delphi questiona quando uma série de eventos ocorrerá. Muitas vezes isso é complementado por estimativas sobre o desejo de ocorrência dos eventos que estão sendo previstos. Uma variação é quando os especialistas são levados a estimar a *probabilidade* da ocorrência de um evento em uma certa data, no futuro, em vez de apenas opinar sobre quando o evento poderia ocorrer. Esta variação do Delphi pode ser mais adequada quando se busca um ponto em particular no futuro ou a estimativa da possibilidade de ocorrência de um evento. A metodologia Delphi gera, tipicamente, previsões para muitos eventos, sem fornecer nenhuma informação direta como as visões dos respondentes ou se os eventos são inter-relacionados. Assim, é possível que as saídas da implantação do Delphi possam produzir previsão de eventos mutuamente exclusivos e que um “consenso artificial” possa ser alcançado.

O estudo comparativo foi feito para avaliar como as tecnologias da telemática nos transportes (ATT) podem contribuir para melhorar a situação do tráfego nas cidades europeias. O resultado da aplicação das duas técnicas foi avaliado, em parte, por meio das respostas aos questionários dos especialistas envolvidos no estudo. A participação

dessas pessoas foi objeto de análise específica, porque quando há falta de conhecimento suficiente em determinada área, o uso do conhecimento do especialista ajuda na compreensão de assuntos complexos. Isso é especialmente útil, embora não exclusivamente, nas áreas de ciência e tecnologia (C&T), quando os formuladores de políticas são altamente dependentes da qualidade e da confiabilidade das informações que lhes são passadas. Eles necessitam de assessoramento especializado, confiando em alguém que vai lhes dizer o que pensam as comunidades. Entretanto, os responsáveis pela formulação de políticas são, muitas vezes, reféns de um pequeno grupo de especialistas, não sendo difícil ocorrer, depois de algum tempo, uma forma de ‘relação incestuosa’. Um exemplo recente foram as informações utilizadas para a tomada de decisões de guerra com base em supostas armas de destruição em massa existentes no Iraque.

Previsões e projeções tecnológicas estão relacionadas à produção de muitos dados de entrada e saída, envolvendo competências em um contexto amplo, tanto físico como social. A opinião de especialistas é muito importante para resolver problemas inerentes a isso, sendo muito úteis encontros e entrevistas aprofundadas. Entretanto, essa forma de atuar é limitada, primeiro por envolver poucas pessoas, depois porque há o risco de alguns especialistas muito influentes, mesmo que não tão bem informados, possam interferir na avaliação. O uso da tecnologia da informação – TI, associado a métodos de interação de grupos, permite obter um número muito maior de pontos de vista do que os métodos tradicionais citados. O método Delphi pode ajudar a reduzir tais problemas. Essa técnica permite trabalhar com amostras de opiniões de um número razoável de especialistas, evitando a dominação de opiniões ou de pareceres individuais.

Embora haja muita literatura a respeito, ainda existem falhas sobre como proceder na escolha entre a aplicação de Delphi ou de Impacto Cruzado. O trabalho de SCAPOLO e MILES (*op.cit.*) procurou esclarecer como selecionar a metodologia mais adequada para a um estudo de previsão tecnológico. O ponto inicial foi a idéia de comparar dois métodos a uma mesma situação, para determinar como o processo de reunião de informações difere, e o tipo de conhecimento desenvolvido pela aplicação da técnica.

Para as duas técnicas foi aplicado o questionário anônimo, com duas rodadas de interação. O objetivo foi o de extrair visões de especialistas sobre o sistema europeu de transporte. As questões formuladas foram: (a) *como* extrair conhecimento dos especialistas? e (b) como os resultados desse processo de extração pode ser aplicado para que se melhore a qualidade da informação para o processo decisório?

A tarefa de comparar os dois processos mostrou-se complexa e somente o processo de execução é que permitiu a avaliação das dificuldades encontradas. Como não havia muita documentação disponível sobre os dois métodos que respondesse às dúvidas na implantação, o processo funcionou na base de tentativa e erro.

O estudo forneceu reflexões sobre os requisitos para os dois métodos, diante de dados que são “rodados” sobre o futuro dos sistemas de transporte. Os dois questionários aplicados aos especialistas foram avaliados, verificando-se a utilidade dos resultados para aplicação no campo. Embora tenham sido realizadas construções de boa qualidade, evitando-se dados pesados em favor de um ou de outro método, o estudo não forneceu um teste definitivo sobre o Delphi *vis-à-vis* o Impacto Cruzado.

SCAPOLO e MILES (2006) assinalam que o trabalho inicial de HELMER (1981) e GORDON (1968) sobre análise de impactos cruzados - IC, ao contrário, pretendeu determinar a interdependência entre os eventos. A técnica IC tenta prover as probabilidades de ocorrência de um item, relacionado a outros com o potencial de interação de suas ocorrências.

O desenvolvimento e análise do método IC têm concentrado sua atenção na manipulação e refinamento das estimativas de probabilidades. Isto sugere que estas técnicas podem ajudar na compreensão e clarificação da causalidade complexa dos sistemas sócio-econômico dinâmicos. O método IC aplicado junto com outras técnicas disponíveis, como o Delphi, produz não somente previsões, mas, também melhor compreensão e avaliação de visões sobre como os sistemas operam. Se aplicado nesse contexto, métodos de IC podem se vistos não como uma técnica capaz de prover soluções para o futuro, puras e exatas, mas uma ajuda para compreender um

instrumento heurístico que pode ser capaz de melhorar o entendimento de áreas complexas, que já tenham sido objeto de previsões.

No estudo realizado, em vez de os autores empreenderem a revisão da literatura sobre a pesquisa de especialistas acerca das tecnologias emergentes na área, SCAPOLO e MILES (ibidem) identificaram as tecnologias específicas no Programa da Comissão Européia em Telemática Avançada no Transporte Rodoviário, retiradas no curso do 3º Programa de Estrutura da União Européia.

Na figura 3.6 é mostrado o fluxograma de implantação do Delphi e do SMIC. Observa-se que a primeira fase do estudo é comum aos dois métodos, sendo demonstrado que se pode trabalhar com eles para que resultados obtenham maior grau de validação. Os especialistas consultados, por exemplo, podem ser os mesmos, o que irá variar é o tratamento dos dados. No caso do SMIC, o emprego do cálculo das probabilidades na avaliação dos especialistas foi o diferencial, do mesmo modo que as matrizes produzidas pelo SMIC exigiram razoável quantidade de processamento de dados, devido à quantidade dos pares de eventos relacionados.

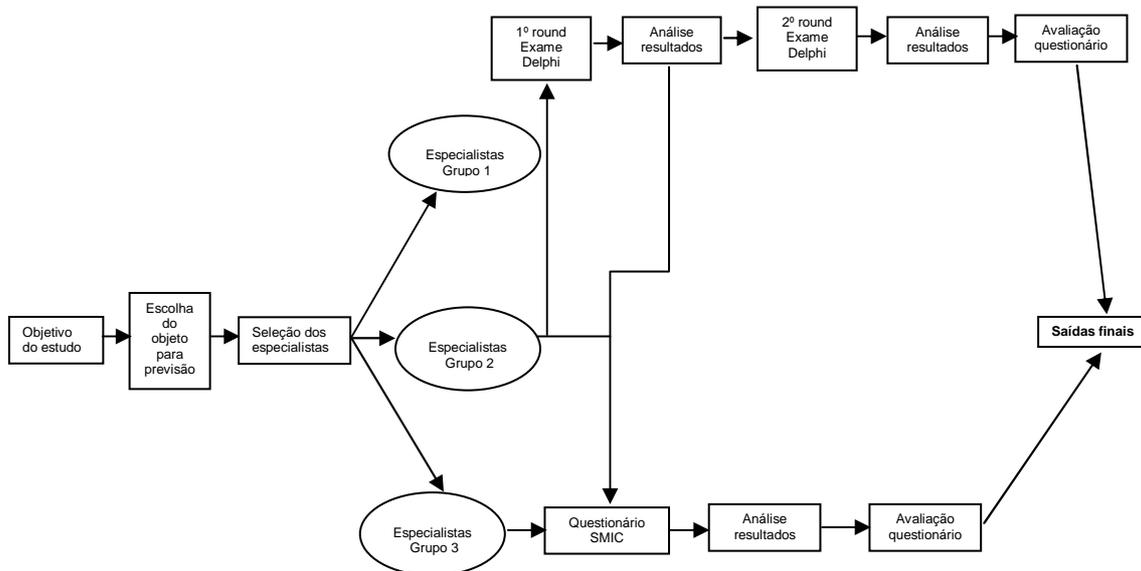


Figura 3.6 – Procedimento para a aplicação do Delphi e do SMIC
 Fonte: SCAPOLO & MILES (2006)

Esse trabalho abrangeu as seguintes áreas de maior interesse operacional: transporte público e privado; obtenção, processamento e distribuição de informações sobre viagens e tráfego, incluindo serviços como informação ao viajante, planejamento de viagens a orientação de rotas. O programa também incluiu tecnologias para orientar o motorista e a comunicação entre veículos e examinou visões do futuro sobre o nível de desenvolvimento das aplicações avançadas da telemática, as forças que o facilitam ou impedem e quão distante esses desenvolvimentos são confiáveis para alcançar os objetivos de redução dos problemas relativos a transporte. Assim, foram considerados os seguintes pontos:

- (a) o nível desejado de tecnologias de telemática em transporte e seu impacto no sistema de transporte no futuro, na Europa;
- (b) o conseqüente impacto direto dessas tecnologias no nível de congestionamento e assuntos do meio ambiente; e
- (c) até onde fatores de natureza econômica, social, legislativa e política podem impedir o desenvolvimento de tecnologias avançadas de telemática.

O número de tópicos abrangidos pelos dois métodos é um dos diferenciais entre eles. O método Delphi é bastante flexível a esse respeito. Em princípio ele pode conter tantas questões quantas queira o moderador, embora um questionário muito grande reduza o nível de participações. SCAPOLO e MILES (*op.cit.*) recomendam que 25 tópicos (ou questões) devem determinar o limite superior que tornará o exercício razoavelmente manipulável, tanto para o moderador como para os especialistas. O método SMIC limita o número de eventos manipulados, considerando-se a relação $n^2 - n$ (GORDON, 1994, p. 2) que determina o número de relações possíveis no processo de avaliação. A limitação não está relacionada ao método em si, porque os *softwares* disponíveis resolvem esse problema, mas objetiva, principalmente, evitar que os especialistas despendam uma grande quantidade de tempo completando grande matrizes envolvendo probabilidades relacionadas às questões. A aplicação do método SMIC exigiu dos especialistas o preenchimento de 12 matrizes para um total de 60 questões condicionadas a probabilidades.

Em função desses procedimentos foi decidido selecionar os eventos a serem avaliados pelo SMIC a partir dos resultados da primeira rodada do exercício Delphi. O SMIC foi aplicado às tecnologias de telemática em transporte identificadas como as mais proeminentes, incluindo-se matérias sobre congestionamento e meio ambiente.

A seleção de especialistas, no trabalho desenvolvido por SCAPOLO e MILES (2006) foi realizada de acordo com o seguinte esquema:

- participantes em conferências internacionais recentes sobre tecnologias avançadas em telemática no transporte;
- especialistas indicados por outros;
- especialistas selecionados de centros de pesquisa nacional e academias em transporte (também com o apoio da *Internet*);
- contatos feitos no curso da pesquisa em transporte.

O procedimento identificou 300 especialistas que foram divididos em três subgrupos: a intenção foi mandar para um grupo somente o método Delphi; para outro somente o método SMIC e, para o último, ambos os métodos. Isso tornaria possível o exame das seguintes questões: (a) até que ponto os resultados são coerentes?; (b) as respostas dos especialistas e os níveis de participação são afetados pelo recebimento de somente um ou ambos os questionários? e (c) até que ponto eles percebem o assunto de forma diferenciada e aplicam diferentes graus de esforço para cada contexto? Também pôde ser observado se especialistas avaliam os métodos e suas saídas, de forma diferenciada, de acordo com sua participação nos mesmos.

A pesquisa Delphi foi conduzida em duas rodadas. A estrutura do questionário foi dividida em três estágios, correspondendo aos indicados anteriormente no texto pelos pontos (a), (b) e (c). O pacote enviado aos respondentes também incluiu uma discussão geral como referência (*background*), que estabeleceu um cenário e a definição de uma cidade média européia, a fim de reduzir a possibilidade de os informantes fazerem previsões para cidades com as quais estivessem familiarizados. Esta referência geral foi a mesma para a aplicação Delphi e SMIC.

A seleção das tecnologias de telemática em transporte incluídas no questionário, assim como na formulação das questões aos especialistas, foi um dos pontos cruciais no projeto de questionário, relatam SCAPOLO e MILES (idem). O exame do Programa de Telemática em Transporte permitiu a obtenção da listagem de 42 sistemas que podem ser aplicados no contexto de transporte urbano europeu, reduzidos para 24 na aplicação do Delphi – redução alcançada pela eliminação de tecnologias similares que foram implantadas em diferentes projetos-piloto para aplicações distintas e com diferentes propósitos. Uma prática adotada pelos autores – um questionário-piloto – permitiu uma redução nas tecnologias a serem cobertas, de 24 para 19 sistemas de tecnologia avançada de telemática. Um trabalho anterior de SCAPOLO (1996) pode ser associado ao trabalho de 2006, porque discute, de forma detalhada, o projeto e a elaboração de questionários a serem aplicados aos especialistas.

3.12. Conclusão sobre a revisão dos métodos

Entre a maior parte dos métodos pesquisados há mais identidades que diferenças, embora apresentem características específicas que os classificam em duas naturezas: (a) métodos aplicáveis principalmente para o desenho de cenários, de previsões e de projeções; e (b) métodos multicritério, baseados no tratamento quantitativo de percepções qualitativas, fornecendo aos decisores coeficientes derivados de ponderações aplicadas a atributos, avaliados segundo critérios previamente estabelecidos.

Os métodos Delphi, Impacto Cruzado – IC/SMIC e SEARCH fazem parte do grupo de métodos aplicáveis à formulação de cenários, sendo o primeiro de mais fácil aplicação e, ao mesmo tempo, passível de ser utilizado como ferramenta inicial para levantamento de dados e posterior aplicação de outro método. Esta propriedade foi utilizada no estudo realizado por SCAPOLO e MILES (2006.) para avaliar o emprego de tecnologia avançada da telemática (ATT) e avaliar seu impacto no tráfego de cidades européias. Assim, a união do Delphi como ferramenta inicial para extração de conhecimento e experiências dos especialistas foi uma referência importante para a posterior aplicação do IC/SMIC. Não se tratou apenas de analisar comparativamente os dois métodos, mas,

também, de verificar como os dois poderiam trabalhar em direção a um objetivo comum. A experiência do método SEARCH conduzida por SAPIO (1995) foi uma variação do IC clássico sob inspiração do AHP de SAATY (1991), com emprego mais aprofundado de probabilidades na análise entre os impactos relacionados ao futuro do mercado de serviços de telemática da empresa pública italiana Videotel. A experiência relatada confirma duas impressões já obtidas ao longo da revisão da literatura sobre os métodos: (1) o IC é uma ferramenta básica para o desenvolvimento de procedimentos voltados para o desenho de cenários; e (2) a maior parte dos pesquisadores utiliza mais de um método para realizar seus experimentos, tanto para cenários como para avaliação multicriterial.

Outra experiência que mistura métodos é o processo desenvolvido por TSAMBOULAS (2007), que trabalhou inicialmente (embora não explicita esse ponto) com alguma forma de aplicação do Delphi; em seguida detalhou a extração de conhecimento dos especialistas com o emprego do AHP; para, finalmente, aplicar o MAUT (*Multi Attribute Utility Theory*), procedimento clássico multicriterial que produz *scores* para classificação de alternativas.

Os métodos TOPSIS e AHP receberam atenção especial por sua simplicidade de aplicação, sem a exigência de recursos sofisticados de processamento de dados, à exceção de uma aplicação AHP que envolva muitos atributos, situação na qual o emprego de algum *software* é recomendável. Na análise do TOPSIS verificou-se que entre a pesquisa inicial e a obtenção de resultados, o método é eficaz e oferece, rapidamente, condições para que decisores procedam a escolhas a partir de elementos concretos, embora não definitivos, eis que variáveis específicas de natureza qualitativa devem igualmente ser consideradas antes da decisão final. O ponto vulnerável do método é o seu grau de dependência às ponderações escolhidas para os atributos sob avaliação. O resultado final é fortemente influenciado por essa variável, exigindo, no mínimo, uma grande quantidade de análise de sensibilidade para que se alcancem resultados compatíveis entre si e que estejam relacionados às diretrizes do processo. Uma tentativa de neutralizar essa vulnerabilidade foram as experiências relatadas por SAGHAFIAN e HAJAZI (2005), SOO e TEODOROVIC (2006), e LIANG (2007),

com emprego dos números triangulares *fuzzy*, todas com boas formulações teóricas, porém com aplicabilidade reduzida para os propósitos desta tese. A intenção do pesquisador foi desenvolver um procedimento que considere variáveis relacionadas com o desenvolvimento sustentável e que seja compreensível para média dos planejadores e decisores. Na revisão deu-se prioridade aos métodos que apresentam aplicações próximas da realidade brasileira e à infra-estrutura de transporte.

4. PROCEDIMENTO PARA A DEFINIÇÃO DE PRIORIDADES NA EXECUÇÃO DE PROJETOS DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE

Este capítulo descreve o procedimento adotado para definição de prioridades na execução de projetos de infra-estrutura de transporte. Tem como base pesquisas realizadas sobre os métodos de decisão multicritério e outros de mesma natureza, sendo compatível com o levantamento e a revisão realizados sobre os seguintes pontos: (a) crescimento e desenvolvimento econômico; (b) cadeia de suprimento; (c) planejamento e infra-estrutura de transporte; (d) função transporte e suas relações com comércio exterior, com custos logísticos e investimentos, e com o meio ambiente. São consideradas, também, as experiências e estudos relatados sobre a utilização conjunta de métodos empregados para a montagem do procedimento proposto.

4.1. Premissas adotadas

Considerou-se, como premissa básica, que o procedimento adotado fosse suficientemente consistente, tendo em vista a avaliação de variáveis relacionadas à sustentabilidade, amparada no atendimento às demandas sociais, na preservação do meio ambiente e na necessidade de crescimento econômico. Ainda que essas questões sejam delicadas e antagônicas, principalmente quando se contrapõem crescimento e meio ambiente, devem ser enfrentadas com competência e com informações pelos setores responsáveis pela formulação e implantação de políticas públicas relacionadas aos empreendimentos de infra-estrutura, em geral, e de transporte em particular. A escolha dos diversos métodos de concepção de cenários e de avaliação de empreendimentos foi inspirada em experiências relatadas, tendo o cuidado de se refletir sobre sua aplicabilidade ao contexto brasileiro, tanto sob o ponto de vista de geografia física como, também, das limitações em recursos orçamentários e humanos envolvidos com o processo de avaliação. Assim, o trabalho final resultou num produto se não ideal, pelo menos factível para a realidade do país, na ótica do pesquisador.

Assim, o procedimento construído deve:

- proporcionar condições para que um processo de intermodalidade seja efetivamente implantado, reduzindo custos logísticos dos produtos movimentados no país, especialmente aqueles com baixo valor agregado destinados às exportações;
- possibilitar a geração de empregos, diretos e indiretos, contribuindo para que benefícios decorrentes da obtenção de renda associada à produção possam gerar ganhos nas áreas de saúde, educação e habitação, contribuindo para fixar o homem à terra (ou evitar o êxodo demográfico).
- proporcionar condições para aumento da qualidade de vida da população, privilegiando a oferta meios de transporte e a segurança dos indivíduos no seu deslocamento;
- possibilitar condições de funcionamento eficiente dos portos, no que diz respeito à entrada e saída de mercadorias e ao acesso aos mesmos pelos diversos modos de transporte;
- considerar o impacto ambiental, prevendo medidas corretivas que recuperem, ao menos, parte do que for afetado pela implantação do empreendimento;
- levar em conta possíveis benefícios ambientais em função da implantação de projetos que, mesmo produzindo impactos produzam benefícios totais.
- avaliar os prazos e custos de execução como variáveis importantes, mas que não devem se sobrepor a perdas ambientais ou à redução da qualidade de vida das populações envolvidas com os empreendimentos avaliados.

Essas premissas resultaram dos debates com os *stakeholders* durante a primeira parte da pesquisa, por meio de oficinas de trabalho (*workshops*) e entrevistas semi-estruturadas, envolvendo pontos como prioridades e ponderações no estabelecimento de critérios de avaliação de projetos destinados à infra-estrutura de transporte.

4.2. Métodos selecionados para a montagem do procedimento

Com base na análise sobre os diversos métodos multicritério e das experiências avaliadas nas aplicações relacionadas à infra-estrutura de transporte foram considerados para aplicação os seguintes métodos:

- DELPHI – para levantamento inicial do universo pesquisado, com o objetivo de obter consenso entre o pesquisador e os *stakeholders* sobre três pontos: (a) os critérios que deveriam ser objeto de avaliação em face do objetivo da pesquisa; (b) a ponderação sobre os critérios selecionados; e (c) a indicação dos projetos que deveriam ser objeto de avaliação. O método Delphi é uma ferramenta útil, porque pode ser utilizada sob diversas formas - das mais simples para levantamento de informações primárias às mais complexas, envolvendo cálculo de probabilidades, quando empregado em conjunto com impactos cruzados (SCAPOLO e MILES, 2006).
- TOPSIS – método de natureza qualitativa com medição quantitativa, com flexibilidade para simulações múltiplas por meio de planilhas eletrônicas integradas. Esse método permite a inclusão de variáveis de natureza técnico-financeiras relacionadas a transporte, assim como as referentes ao meio ambiente e ao desenvolvimento econômico e social do País. O TOPSIS é de fácil aplicação; porém, como visto na revisão das metodologias, tem grande dependência da ponderação dada aos critérios, tornando-os vulneráveis quando se comparam empreendimentos com características diferenciadas, como é o caso das diversas modalidades de transporte e de projetos portuários, além das especificidades geográficas e ambientais do Brasil.
- AHP – método multicritério que oferece resultados semelhantes ao TOPSIS; porém, com uma conceituação diferente, envolvendo a medição relativa das variáveis segundo os diferentes critérios adotados. Esse método possui propriedades quanto à escolha das ponderações, empregadas para validar as avaliações feitas pelo TOPSIS, desde que se utilizem os mesmos atributos. O AHP é um método testado, com elevado nível de utilização em projetos sobre infra-estrutura de transporte, oferecendo boas respostas. Entretanto, sua aplicação completa, com o emprego dos vários níveis de hierarquia envolvidos, torna-o mais difícil para um ambiente com carência de analistas especializados, além de exigir um certo grau de processamento eletrônico de dados por meio de *softwares* específicos, embora esta não deva ser considerada uma deficiência.

- Impactos Cruzados – podem ser empregados, opcionalmente, para refinar as prioridades estabelecidas nos métodos TOPSIS e AHP, com vistas a oferecer, aos decisores, elementos quantitativos próximos de uma realidade que, na prática, só é percebida de forma subjetiva. Esse método, mesmo apresentando resultados quantitativos, por avaliar impactos entre os atributos utilizados, compensa, em princípio, o excesso de objetividade do TOPSIS e do AHP, podendo, eventualmente, reduzir margens de erros na avaliação. Trata-se de mais um recurso que pode ser considerado antes da escolha final.

4.3. Fundamentação teórica para a definição do procedimento

Para atender às premissas estabelecidas quanto à escolha de um procedimento simples e eficaz, optou-se pela utilização do TOPSIS associado a propriedades do Delphi e do AHP. Essa escolha está fundamentada no referencial teórico geral sobre os principais métodos multicritério empregados para avaliar projetos, inclusive de infra-estrutura de transporte, apresentado no capítulo 3. Além desse referencial, foram considerados estudos e experiências sobre a utilização conjunta do AHP e do TOPSIS, alguns divulgados recentemente. Os resultados alcançados com esses estudos podem justificar e validar o procedimento proposto. Foram realizados com o emprego do AHP e do TOPSIS para a avaliação de alternativas diversas, de forma combinada ou com variações envolvendo a lógica *fuzzy*, ora com o AHP, ora com o TOPSIS, destacando-se um caso em esse recurso foi aplicado aos dois (GUMUS, 2008). O emprego da lógica *fuzzy* foi justificado como recurso para minimizar possíveis distorções na atribuição de valores aos critérios de avaliação.

4.3.1. Aplicações AHP/*Fuzzy* + TOPSIS

GUMUS (idem) aplicou AHP e TOPSIS para selecionar empresas transportadoras de produtos perigosos, tendo trabalhado com base na experiência de 15 especialistas, submetidos a uma pesquisa tipo Delphi. O autor processou pelo AHP em ambiente *fuzzy* e, posteriormente, aplicou as ponderações individuais no cálculo dos coeficientes de prioridade TOPSIS. Outra experiência na fusão AHP/TOPSIS foi mostrada por IÇ e

YURDAKUL (2008) que desenvolveram um *software* para determinar prioridades na escolha de centros de usinagem - CS. Nesse caso, os autores aplicaram recursos *fuzzy* tanto no AHP como no TOPSIS, porém de forma isolada, na seleção de um CS por meio do FAHP (*Fuzzy AHP*). Posteriormente testaram duas suposições. Na primeira aplicaram o FAHP para verificar se “*questões relacionadas com a usinagem, durante muito tempo, de itens pesados ou com alta velocidade de corte são muito importantes na obtenção de centros de usinagem viáveis*”. A seguir, testaram, com o FTOPSIS (*Fuzzy TOPSIS*) se “*o ranking dos centros de usinagem viáveis é muito sensível às ponderações dos critérios*”. Concluíram que os dois métodos permitem determinar, de forma clara, prioridades na escolha de CS, porém o resultado é muito sensível às variações das ponderações dos critérios que são determinadas de forma subjetiva. Acrescentam, ainda, que a participação de técnicos na definição das escolhas é importante para a correção na determinação das prioridades.

ÖNÜT e SONER (2007) conduziram um estudo, aplicado na cidade de Istambul – Turquia, para a escolha de locais adequados para a deposição de lixo sólido, tendo sido empregado o AHP para determinar as ponderações aplicadas à matriz TOPSIS com avaliações iniciais definidas pelos números triangulares *fuzzy*. O emprego do procedimento derivou da complexidade e das incertezas que envolviam o problema, razões pelas foi útil o uso de informações qualitativas extraídas dos *stakeholders*. Os autores concluíram que o estudo orientou a prefeitura local na escolha do melhor local para deposição de lixo entre os diversos que foram analisados.

4.3.2. Aplicações AHP + TOPSIS

WU *et al.* (2008) apresentaram uma aplicação do AHP com o TOPSIS para definir prioridades na escolha da melhor alternativa de seguro vendido por bancos (*bancassurance*). Aplicaram o AHP para comparar os pares de critérios e determinar as ponderações para cada um deles, que, posteriormente foram transferidos para calcular as prioridades pelo TOPSIS. Para complementar, os autores realizaram uma avaliação sobre os resultados obtidos com o AHP puro e conjugado com o TOPSIS. A análise

concluiu que há relativa aderência entre os dois procedimentos, principalmente quanto à alternativa considerada prioritária.

Outra abordagem MCDM envolvendo AHP + TOPSIS foi a experiência conduzida por ISIKLAR e BÜYÜKÖZKAN (2006) na escolha de alternativas entre telefones celulares. A resolução sob AHP determinou as ponderações para cada um dos subcritérios aplicadas à matriz TOPSIS com base no seu algoritmo. Foram calculados os coeficientes de prioridade resultantes da minimização, para cada subcritério, da distância euclidiana em relação à solução ideal positiva e da sua maximização em relação à solução ideal negativa. A mesma orientação foi seguida por LIN *et al.* (2007) em um estudo teórico sobre *design* de *palmtops* que melhor atendessem às necessidades requeridas pelos consumidores. Os autores projetaram, por meio de CAD – *Computer-Aided Design*, modelos de produtos que foram avaliados com o emprego do AHP em conjunto com um *palmtop* popular no mercado. O objetivo foi gerar pesos que serviram para a aplicação final do método TOPSIS. Apesar de o estudo ter sido teórico, sua contribuição foi o desenvolvimento de um *software* com base nos algoritmos dos dois métodos. Além disso, os autores concluíram que futuros estudos teóricos poderiam proporcionar a integração do sistema desenvolvido com o próprio CAD.

No setor de transportes destaca-se o estudo de TZENG *et al.* (2005) para avaliar alternativas sobre combustíveis para ônibus do transporte público. O número de alternativas foi elevado, se comparado às outras experiências relatadas. Foram consideradas 12 fontes de combustíveis, desde o clássico diesel, passando pelo gás natural (GNP), pelo gás liquefeito (GLP) até fontes mais radicais como hidrogênio e eletricidade. O número de critérios – 11 – foi igualmente elevado. A quantidade de variáveis tornou o estudo complexo e exigiu a participação de especialistas em diversos setores, como manufatura, academia, organizações de pesquisa e operadores de ônibus para a escolha dos pesos a serem atribuídos aos critérios de avaliação. Para tanto foram utilizados os métodos Delphi e AHP, com os resultados tratados estatisticamente para a obtenção dos valores médios. A etapa final consistiu no processamento do TOPSIS com base nos números obtidos com os especialistas. Os autores também empregaram o método VIKOR, semelhante ao TOPSIS, para validar os resultados

obtidos. TZENG *et al.* (idem) concluíram que os ônibus do tipo híbrido (eletricidade + combustíveis convencionais) seriam os mais desejáveis para o transporte público com o oferecimento de benefícios ambientais. Ressaltam ainda que a participação de especialistas na produção de dados foi relevante para que o método multicritério pudesse ser aplicado sem a necessidade do emprego de modelagem matemática para avaliar critérios.

Outras experiências envolvendo o emprego de AHP e TOPSIS oferecem respaldo para o procedimento proposto, a despeito de nenhum referir-se à avaliação de projetos da infraestrutura de transporte, com exceção do caso particular sobre ônibus urbanos (TZENG *et al.*, 2005). Assim, estudos sobre avaliação de serviços de linhas aéreas (TSAUR, (2002), avaliação de países para desenvolvimento de negócios internacionais (CHEN e TZENG, 2004), alocação de pessoas para linhas de produção (YANG *et al.*, 2007), gestão de cadeia de suprimento global (SHEU, 2008), demonstraram que o uso do AHP + TOPSIS é uma ferramenta aceitável para avaliar alternativas onde o aspecto subjetivo está presente, sem que fosse descartada a possibilidade de transformar tais aspectos em referências numéricas, para uma avaliação consistente, antes da tomada de uma decisão final. Ressalte-se que todas as experiências relatadas estão fundamentadas nos modelos clássicos de SAATY (1980) e HWANG e YOON (1981).

4.4. Justificativa para a escolha do procedimento

Os estudos e aplicações apresentados pelos autores citados confirmaram ser possível e tecnicamente justificável a utilização conjunta AHP + TOPSIS. O desafio para o pesquisador foi verificar se tal possibilidade poderia ser aplicada na avaliação conjunta de um número elevado (acima de 100) de projetos relacionados à infra-estrutura de transporte no Brasil. A experiência de TZENG *et al.*(2005) foi a que trouxe maior contribuição pela amplitude do estudo e pela metodologia empregada, envolvendo Delphi, TOPSIS e AHP. A diferença em relação ao procedimento é que os estudos foram conduzidos com o suporte exclusivo de especialistas, condição razoável porque se tratava de um assunto de natureza essencialmente técnica. Em geral, as demais

experiências consultadas foram aplicados ou testados para um número limitado de alternativas e com critérios claramente definidos, a maioria com conteúdo técnico. No procedimento proposto nesta tese, a aplicação tem maior amplitude, onde especialistas e não especialistas participam igualmente, com a justificativa de que o alvo das avaliações tem impacto de grande alcance nos setores econômicos, sociais e ambientais. Duas constatações iniciais puderam ser percebidas: (a) o método AHP, aparentemente mais preciso por trabalhar com n níveis hierárquicos, proporcionando uma ordenação teoricamente mais precisa do que o TOPSIS, esbarrava na maior dificuldade de sua aplicação total. Isso porque a construção de matriz com número de subcritérios elevado, implica dificuldades para a extração do conhecimento sobre os mesmos. A aplicação feita no campo, pelo pesquisador, demonstrou que a comparação par a par de critérios exige da fonte de conhecimento um nível de consistência que na maioria das vezes fica além do mínimo de 0,10 proposto por SAATY (1980), o que exige um trabalho extra de ajuste e de orientação até que se obtenha um resultado significativo para prosseguimento da análise; (b) o TOPSIS é um método extremamente flexível, não exigindo análise de pares de pré-requisitos, restringindo-se a atribuição de graus de concordância com a proposição do critério estabelecido para cada uma das alternativas. Sua matriz não é quadrada, deixando ao analista a escolha do número de alternativas e de critérios que o mesmo considere importante para a avaliação. A simplicidade de aplicação do TOPSIS acaba por deixar visível seu ponto fraco que é a utilização de uma única escala de ponderações para todas as alternativas. A neutralização dessa deficiência pode ser alcançada pela aplicação dos atributos para cada alternativa/critério dos números triangulares *fuzzy*. Esse recurso, como demonstraram SAGHAFIAN e HAJAZI (2005), a despeito da elegância de sua formulação, quando aplicado, apresenta resultados próximos dos obtidos com o TOPSIS original, situação também constatada por JANIC e REGIANI (2002), ao realizarem estudo comparativo com análise de sensibilidade confirmando o argumento da semelhança entre as duas abordagens. Um ponto comum ressaltado por grande parte das fontes citadas é que o uso de um método como o TOPSIS exige uma cuidadosa escolha das ponderações atribuídas aos critérios de avaliação. Quando o método é empregado na concepção original de HWANG e YOON (1981), tal escolha torna-se mais crítica, porque para todas as alternativas avaliadas é empregado um único conjunto de ponderações. Por outro lado, a aplicação

do TOPSIS torna viável a realização, na prática, de planejamento participativo; ou seja, é factível obter-se na base da pirâmide do processo decisório, elementos da realidade que possam auxiliar a tomada de decisões no vértice superior. Para não descartar o emprego do TOPSIS por suas limitações, buscou-se um recurso que pudesse agregar valor à atribuição dos pesos que, em última análise, é uma variável de natureza qualitativa, inerente à percepção do analista diante da realidade que pretende avaliar. Assim, o emprego do AHP foi considerado consistente para que se pudesse obter uma ponderação mais próxima de cada uma das alternativas a serem avaliadas ou de grupos de alternativas com naturezas semelhantes. Na situação particular da proposta desta tese, a escolha do AHP como recurso para a obtenção de melhores ponderações foi condicionada à montagem de uma hierarquia que definisse critérios alinhados com as premissas estabelecidas para a elaboração do procedimento. Em síntese, o procedimento proposto é o TOPSIS com as ponderações por critério determinadas pelo AHP, a partir dos dados obtidos pela pesquisa realizada com a aplicação do Método Delphi.

4.5. Procedimento

Com base nas premissas, no referencial teórico e nas pesquisas-piloto realizadas no campo, foi definido o procedimento para auxiliar a escolha de projetos prioritários de infra-estrutura de transporte no Brasil. O procedimento geral é mostrado no fluxograma da Figura 4.1.

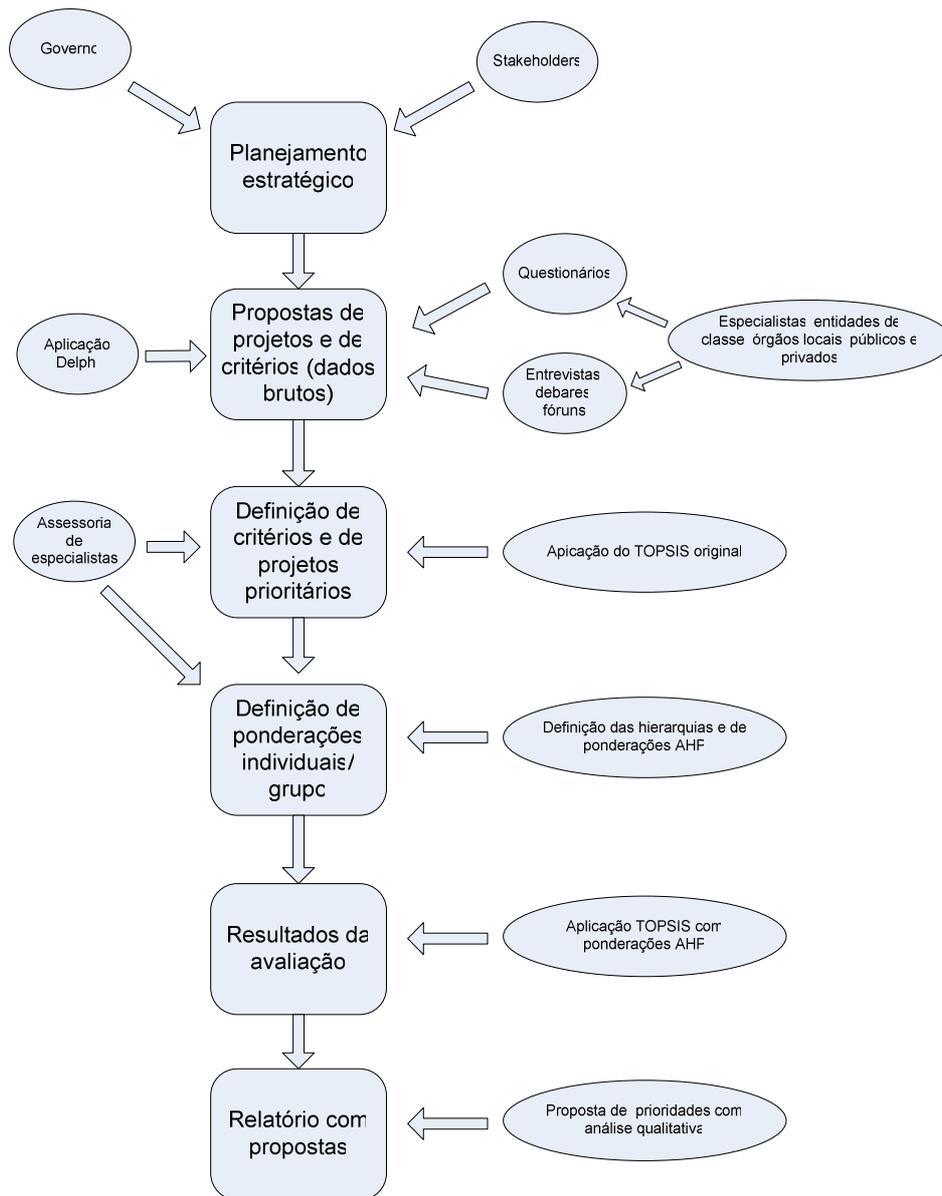


Figura 4.1. – Fluxograma geral do procedimento

4.5.1. Levantamento dos dados brutos para execução do procedimento

Para a obtenção dos dados iniciais (brutos) sobre projetos e critérios de avaliação é empregado o Método Delphi, cuja propriedade é extrair conhecimentos, experiências e expectativas no ambiente de aplicação do procedimento. Deverá ser obtido um nível aceitável de consenso entre pesquisadores e *stakeholders* sobre três pontos: (a) critérios a serem objeto de avaliação com base nos atributos definidos pelo procedimento; (b) a

ponderação sobre os critérios selecionados; e (c) a indicação dos projetos que devem ser objeto de avaliação. Uma árvore de decisão, semelhante à estrutura hierárquica do AHP pode ser empregada para auxiliar o planejamento da extração de conhecimentos. A estrutura hierárquica é constituída dos seguintes elementos: objetivo (definição de prioridades) como primeiro nível decisório; no segundo, os critérios gerais pré-definidos (engenharia de transporte, visões econômica e social, visão ambiental); no terceiro nível, os critérios específicos, escolhidos com o auxílio do método Delphi, em número entre seis e dez, de modo a evitar um número elevado de combinações quando do processamento AHP; e no quarto nível, as alternativas propostas, correspondentes aos projetos a serem avaliados pelo procedimento.

Com os dados coletados é feita a distribuição de frequência para os critérios propostos, de modo que os valores com os maiores percentuais são considerados para refinamento por parte da equipe condutora da pesquisa. Operação idêntica é feita com relação aos projetos considerados prioritários, com base em uma escala de prioridades de 1(maior) a 5 (menor). Esses dados são utilizados a primeira aplicação do TOPSIS, que vai determinar os coeficientes de prioridade, respeitado o princípio do método que é o de priorizar as alternativas que apresentem o menor desvio (distância euclidiana) em relação à solução ideal e o maior em relação à solução não ideal ou negativa.

Na Figura 4.2 é mostrado o conteúdo da árvore hierárquica, com o fluxo da montagem dos critérios e das alternativas para a avaliação pelo Método TOPSIS.

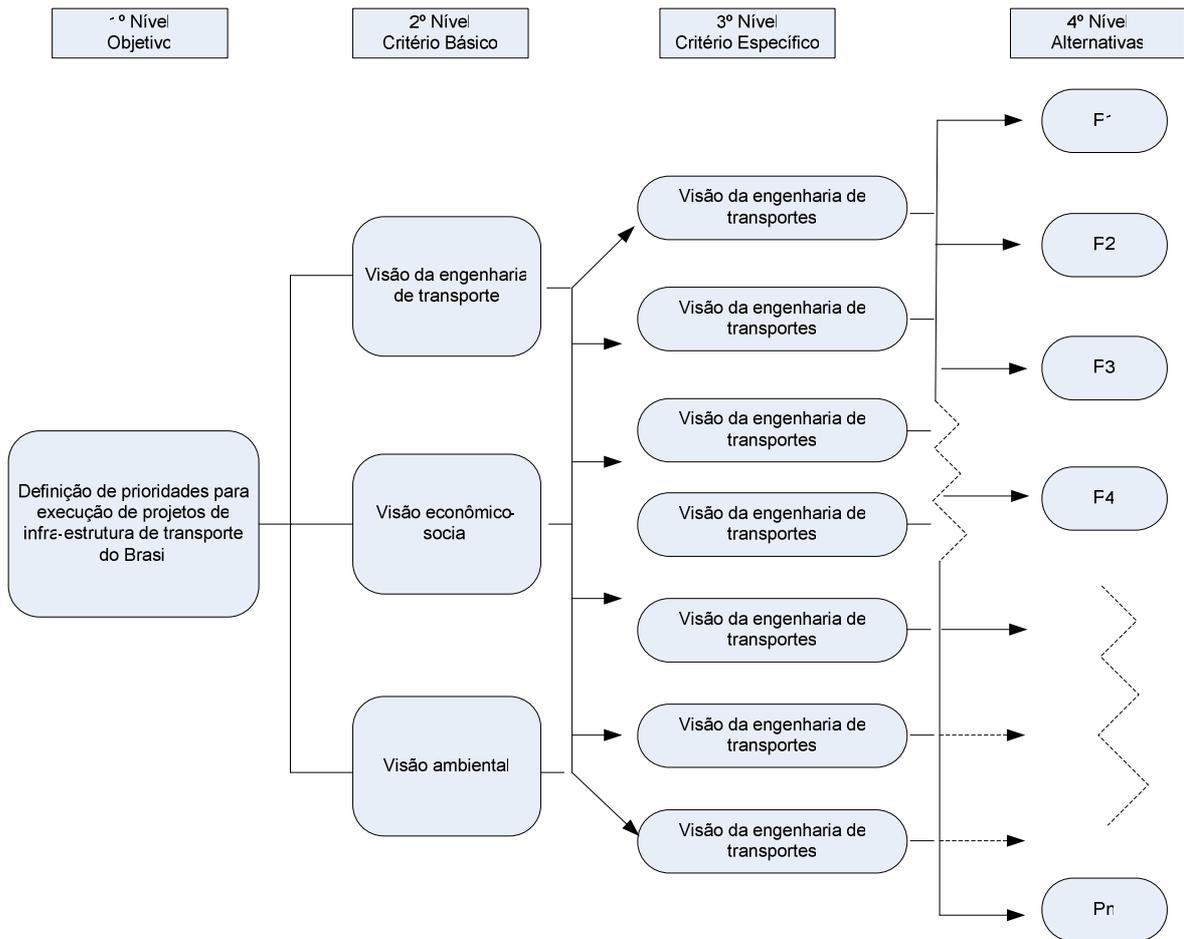


Figura 4.2 – Árvore hierárquica para avaliação dos projetos

A aplicação do TOPSIS obedece aos seguintes passos:

Primeiro passo:

Montagem da matriz preliminar A na qual j alternativas (projetos), representadas por $a_1, a_2, a_3, \dots, a_j$. Para cada uma das alternativas, a medição do critério de ordem i é representada por a_{ij} , sendo n o número de critérios. A matriz principal é:

$$A = [a_{ij}] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ a_{13} & a_{23} & a_{33} & \dots & a_{n3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{1j} & a_{2j} & a_{ij} & \dots & a_{nj} \end{bmatrix}$$

Segundo passo:

Cálculo da matriz normalizada que pode ser realizada sob duas abordagens: linear ou por vetor. Na abordagem linear o cálculo pode ser feito, entre outras formas, determinando-se a razão r_{ij} entre o valor atribuído a um critério a_{ij} e o valor máximo atribuído ao mesmo critério. O cálculo é realizado pela equação (18), a seguir:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{a_j^*} \quad i = 1, \dots, m; \quad j = 1, \dots, j \quad (18),$$

sendo a_j^* o valor máximo do $j^{\text{enésimo}}$ critério. Assim, $0 \leq r_{ij} \leq 1$, sendo 1 o mais favorável.

A normalização por vetor pode ser calculada com o emprego da equação (19), apresentada, a seguir:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^j a_{ij}^2}} \quad i = 1, 2, 3, \dots, n; \quad j = 1, \dots, j. \quad (19)$$

A matriz normalizada A_n corresponde à matriz A , com os valores de a_{ij} substituídos por r_{ij} .

$$A_n = [r_{ij}] = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{21} & r_{31} & \dots & r_{n1} \\ r_{12} & r_{22} & r_{32} & \dots & r_{n2} \\ r_{13} & r_{23} & r_{33} & \dots & r_{n3} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1j} & r_{2j} & r_{3j} & \dots & r_{nj} \end{bmatrix}$$

Terceiro passo:

Cálculo da matriz ponderada constituída dos valores ponderados v_{ij} , obtidos pela multiplicação de cada valor r_{ij} pelo peso w_i atribuído aos n critérios.

$$v_{ij} = r_{ij} \times w_i \quad i = 1, 2, 3, \dots, n; \quad j = 1, \dots, j. \quad (20), \text{ sendo mantida a condição}$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Quarto passo:

Determinação das duas soluções, uma ideal positiva (A^+) e outra ideal negativa (A^-), a primeira representada pelo valor máximo ponderado de cada critério e a segunda o valor mínimo, assim calculados:

$$A^+ = \{ v_1^+ \dots v_i^+ \} = \{ (\max_j v_{ij} | i \in I^+), \{ (\min_j v_{ij} | i \in I^-) \} \} \quad (21)$$

$$A^- = \{ v_1^- \dots v_i^- \} = \{ (\min_j v_{ij} | i \in I^+), \{ (\max_j v_{ij} | i \in I^-) \} \} \quad (22)$$

sendo I^+ associado ao critério de benefício e I^- ao critério de custo.

Quinto passo:

Calculo dos desvios pela distância euclidiana entre os valores ponderados para cada alternativa j :

$$\Delta_j^+ = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^+)^2}, j = 1, 2, 3, \dots, J \quad (23)$$

$$\Delta_j^- = \sqrt{\sum_{i=1}^n (v_{ij} - v_i^-)^2}, j = 1, 2, 3, \dots, J \quad (24)$$

Sexto passo:

Determinação do resultado da aproximação relativa de cada alternativa a_j às situações ideais positivas e negativas, representadas por φ .

Finalmente chega-se ao resultado da aproximação às situações positivas e negativas, com o emprego da equação:

$$\varphi = \frac{\Delta_j^-}{(\Delta_j^+ + \Delta_j^-)} \quad , j = 1, 2, 3, \dots, J \quad (25)$$

O maior de valor de φ corresponderá à melhor alternativa dentro dos princípios de avaliação do TOPSIS. Para a resolução do algoritmo o aplicativo MS-ExcelTM oferece bons resultados, com flexibilidade e rapidez que proporcionam boas condições para a análise de sensibilidade.

4.5.2. Definição de ponderações para as alternativas

Escolhe-se entre os empreendimentos (alternativas) avaliados pelo TOPSIS, o conjunto com os maiores coeficientes de prioridade, em número significativo para o objetivo desejado pelo decisor. Para avaliar essas alternativas é aplicado o método AHP. Esse método está fundamentado em matriz quadrada, constituída dos critérios empregados para a avaliação. Os pares de critérios são comparados, determinando o grau de importância de um sobre o outro, com base na escala criada por SAATY (1980). Especialistas e demais *stakeholders* avaliam o grau de importância entre os critérios de avaliação por meio de entrevistas e *workshops* para preenchimento da matriz AHP.

A aplicação do AHP obedece aos seguintes passos:

Primeiro passo:

Montagem da matriz principal de acordo com as regras para a definição de a_{ij} : (a) se $a_{ij} = \alpha$, tem-se que $a_{ji} = 1/\alpha$, sendo $\alpha \neq 0$. (b) quando dois empreendimentos (alternativas) forem considerados de igual importância, tem-se que $a_{ij} = 1$, $a_{ji} = 1$; e na situação específica $a_{ii} = 1$, para qualquer i (SAATY, 1980). A avaliação é feita

comparando-se pares de critérios, a partir de uma escala de valores, de 1 (menor) a 9 (maior) o grau de importância de um sobre o outro, em função do objetivo sob análise.

$$A = [a_{im}] = \begin{vmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & a_{4n} \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \frac{1}{a_{3n}} & \frac{1}{a_{4n}} & 1 \end{vmatrix} \quad i, m = 1, 2, 3, \dots, n$$

Segundo passo:

Normalização da matriz. SAATY (1991) propõe quatro formas de determinação que, de acordo com o autor, apresentam resultados semelhantes, principalmente se a matriz for consistente. Um dos procedimentos para normalização é construir uma nova matriz A_y , em que os elementos de cada coluna (r_{ij}) resultam da divisão do dado da coluna original pela soma da mesma, como mostrado na equação 26:

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad , \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (26)$$

Terceiro passo:

Determinação do vetor prioridades, constituído pelas ponderações (pesos), calculando-se a média das linhas da matriz normalizada A_y .

$$P_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{j=1}^n r_{ij} \quad , \quad \text{onde } j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (27)$$

Quarto passo:

Análise da consistência na avaliação dos pares de critérios. Efetua-se por meio de um índice obtido a partir do cálculo do autovalor λ_{max} , resultante da multiplicação da matriz

formada pela soma das colunas da matriz A (V) pelo vetor prioridades (P), como recomenda SAATY (1980).

$$\lambda_{\max} = V.P \quad (28)$$

Com base no autovalor λ_{\max} determina-se o índice de consistência, também denominado de desvio de consistência.

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (29)$$

Para corrigir o desvio de consistência em função da ordem n das matrizes em geral aplica-se a razão de consistência RC, obtida em função de simulações realizadas com matrizes 9x9 e 11x11, em 100 e 500 amostras, respectivamente, SAATY propõe a 4.1, que relaciona a ordem n de matrizes com o respectivo índice de consistência.

Tabela 4.1 – Índices de consistência em função da ordem n de matrizes

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
IR	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Fonte: SAATY (1991, p. 27)

Com base nesse raciocínio, Razão de Consistência (RC) é o indicador que mostra a verdadeira consistência das respostas obtidas na pesquisa AHP e é determinada por:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (30)$$

Para SAATY (1991) $RC \leq 0,10$ significa que as avaliações produzidas têm boa qualidade, sendo considerada aceitável.

A obtenção das ponderações pelo AHP é realizada, com rapidez e flexibilidade, empregando-se o *software Expert Choice*TM, que possui recursos gráficos e outros que facilitam a execução da análise de sensibilidade.

4.5.3. Avaliação final

Recálculo da planilha associada ao método TOPSIS com o emprego do conjunto de ponderações aplicável a cada um dos empreendimentos selecionados. Novo processamento é realizado, com obtenção de nova matriz ponderada e resultados subsequentes, inclusive do coeficiente de prioridade. Comparam-se os resultados com os obtidos pelo TOPSIS clássico, inclusive análise de sensibilidade.

4.5.4. Relatório com as propostas

Elaboração de relatório com as propostas de prioridades a partir dos dados processados. Submissão do relatório para decisão final por parte de formuladores e decisores de políticas públicas relacionadas aos empreendimentos da infra-estrutura de transporte no Brasil.

4.6. Conclusão quanto à definição do procedimento

O procedimento proposto emprega, fundamentalmente, o método TOPSIS, modificado pela associação com as ponderações obtidas pela aplicação do AHP. Os estudos e experiências consultados demonstraram que esse recurso é viável, em alguns casos associando-os à lógica *fuzzy*. O pesquisador descartou essa possibilidade porque os estudos não comprovaram superioridade significativa em relação à aplicação clássica do TOPSIS que compensasse um aumento de complexidade na avaliação primária. A contribuição buscada pelo pesquisador foi aplicar o procedimento a um ambiente de grande diversidade como o da infra-estrutura de transporte no Brasil. As pesquisas de campo demonstraram que o procedimento pode ser empregado no planejamento participativo na escolha de projetos prioritários para a construção e manutenção de uma infra-estrutura de transporte. Um ponto importante é a submissão do procedimento a critérios fundamentais alinhados com o desenvolvimento sustentável do País, como definido nos capítulos 1 e 2 desta tese.

5. APLICAÇÃO DO PROCEDIMENTO

Neste capítulo é detalhada a aplicação do procedimento proposto para a definição de prioridades na implantação da infra-estrutura de transporte, tendo sido considerado como fonte da pesquisa o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes – DNIT, que tem a responsabilidade de executar a política de transportes definida pelo Governo Federal, por meio do Ministério de Transportes ao qual é subordinado. As funções do DNIT, definidas pelo Decreto nº 4.149, de 13 de fevereiro de 2002, incluem a construção, manutenção e operação dos segmentos do Sistema Federal de Viação, de responsabilidade da União, nas modalidades de transporte rodoviário, ferroviário e aquaviário. Tais funções estão vinculadas permanentemente a um processo decisório onde escolhas e definição de prioridades devem ser consideradas de modo racional e objetivo. Com efeito, para desempenhar suas atribuições e, principalmente, para tomar decisões que venham ao encontro dos interesses nacionais em termos de desenvolvimento sustentável, o DNIT deve relacionar-se, de forma ampla, com *stakeholders* de diversos setores, como os de transporte, planejamento, controles internos e externos da União, meio ambiente, defesa, administrações estaduais e municipais, além dos organismos de classe relacionados a transporte. Assim, para a construção do referido procedimento, foram consultados especialistas e pessoas desses setores, sem perder de vista a relação entre infra-estrutura de transporte e sua contribuição para o desenvolvimento sustentável do país.

5.1. Planejamento e delimitação da pesquisa

Inicialmente foi estabelecido que o universo da pesquisa contemplaria a totalidade do país, a partir dos empreendimentos incluídos no PAC e, em outros, que fossem identificados pelos especialistas (extra-PAC) e considerados significativos para a infra-estrutura de transporte, tendo como focos a multimodalidade, o crescimento e o desenvolvimento sustentável. A partir desses primeiros elementos coletados, a aplicação do método foi, gradativamente, selecionando os empreendimentos prioritários até à análise final, de acordo com os procedimentos mostrados no fluxograma da Figura 4.1.

5.2. Dados preliminares e definição dos instrumentos de pesquisa

5.2.1. Instrumentos para a pesquisa de campo

- Questionário tipo 1 (Apêndice A) para levantamento da opinião dos especialistas sobre: (a) atributos que deveriam ser considerados na pesquisa; (b) os projetos incluídos ou não no PAC, com as respectivas prioridades quanto a sua execução.
- Questionário tipo 2 (Apêndice A) para obtenção de avaliação, pelos especialistas, dos projetos com maior grau de prioridade levantados no questionário tipo 1. Essa avaliação, feita por meio do método TOPSIS, obedeceu a uma escala numérica de prioridades baseada na escala de SAATY (1991) quanto ao número de requisitos.
- Questionário tipo 3 (Apêndice A) para obtenção de avaliação, pelos especialistas, dos projetos com maior grau de prioridade, por meio do método AHP, a partir do resultado obtido com o processamento do questionário tipo 2.
- Entrevistas semi-estruturadas para validação dos resultados obtidos com a tabulação dos dados levantados nos questionários tipos 1, 2 e 3.

5.2.2. Coleta de dados

Foram consultados, por meio de questionários e de entrevistas estruturadas, 53 especialistas, selecionados entre gestores de empreendimentos de transporte do DNIT, dirigentes de associações de classe profissional da área de transportes e de comércio exterior, técnicos e dirigentes das agências reguladoras de transportes e dos institutos de pesquisa rodoviária e aquaviária.

5.2.3. Aplicação do questionário tipo 1

Aplicado a 35 especialistas, entre superintendentes regionais e técnicos vinculados às atividades de transporte. Na segunda parte do questionário, os especialistas relacionaram os projetos que consideraram prioritários, em suas respectivas áreas de atuação, para o alcance dos objetivos propostos pela pesquisa.

5.2.4. Processamento dos dados da etapa 1

O tratamento dos dados obtidos com a aplicação do questionário tipo 1 produziu os resultados mostrados na Tabela 5.1, com destaque para a intermodalidade e execução dos projetos em curto prazo.

Tabela 5.1 – Resultados da pesquisa sobre atributos

Atributo	Frequência	%
Capacidade de conexão intermodal	35	10,67
Execução em curto prazo	34	10,37
Geração de empregos	32	9,76
Impacto ambiental	30	9,15
Bem-estar social, inclusive saúde e educação	30	9,15
Atração de novos negócios	29	8,84
Escoamento da produção local	27	8,23
Relação custo/benefício do empreendimento	27	8,23
Recuperação de passivos ambientais	26	7,93
Funcionamento como corredor de transporte	23	7,01
Acesso a portos em geral	20	6,10
Fixação da população local	15	4,57
Total	328	

Estes resultados orientaram a pesquisa quanto à escolha dos atributos empregados em todas as suas fases, tendo sido adotados os seguintes critérios: (a) estabelecimento de um máximo de sete atributos de modo a facilitar a avaliação; e (b) fusão de atributos que apresentassem semelhanças, dando-se prioridade aos que tivessem um alcance mais amplo.

A limitação do número de atributos deveu-se à escolha, pelo pesquisador, dos métodos utilizados nesta tese, com vistas à definição de prioridades em projetos da infraestrutura de transportes. Desse modo, considerou-se que a relação custo/benefício

poderia atrair novos negócios e melhorar o escoamento da produção local, a despeito dessa escolha poder, na prática do método, ser alterada. Os atributos definidos para a pesquisa e sua interpretação são mostrados no Quadro 5.1.

Quadro 5.1 – Atributos definidos para a avaliação das prioridades dos projetos

Atributo	Interpretação quanto ao empreendimento analisado
Conexão intermodal	Grau de contribuição para o desenvolvimento da multimodalidade
Geração de empregos	Medição da influência para a criação de empregos diretos e indiretos nas regiões afetadas
Bem-estar social	Alcance de benefícios sociais, particularmente nos campos da educação, saúde, segurança e mobilidade
Impacto ambiental	Interferências no meio ambiente, tanto as negativas como as positivas.
Recuperação de passivos ambientais	Ganhos de qualidade ambiental, em outros locais, decorrente da execução do projeto
Custos e benefícios	Nível de dispêndio de recursos para execução, em relação a possíveis benefícios associados
Prazo de execução	Tempo decorrido entre a necessidade e o pleno uso dos benefícios obtidos

Numa escala de 1 (maior prioridade) a 5 (menor prioridade), 168 (cento e sessenta e oito) projetos foram considerados prioritários para execução, por parte dos especialistas consultados, como mostrado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Levantamento geral dos empreendimentos

Modo	Prioridades					Total	%
	1	2	3	4	5		
Rodoviário	38	28	24	19	15	124	73,8
Ferrovário	5	5	8	6	12	36	21,4
Hidroviário	1	0	1	0	1	3	1,8
Portuário	2	1	0	2	0	5	3,0
Total	46	34	33	27	28	168	100
%	27,4	20,2	19,6	16,1	16,7	100	

Nota-se a predominância de propostas para projetos rodoviários, com cerca da metade deles posicionados, pelos especialistas, nas prioridades 1 e 2. Um ponto que chama a atenção, em termos de integração intermodal, é a pequena quantidade de projetos propostos para o modo hidroviário interior e para o sistema portuário.

Os projetos listados incluem os que constam do PAC – Programa de Aceleração do Crescimento, que, em sua versão inicial, contemplou 71 projetos. A diferença decorre de dois fatores, entre outros: (a) O PAC foi concebido com uma visão macro e fundamentado no Plano Avança Brasil, que contemplava os grandes empreendimentos; e (b) os especialistas, próximos das realidades regionais, identificaram projetos que, nas suas percepções, alinhavam-se à proposta de desenvolvimento sustentável com resultados em curto prazo.

5.3. Aplicação do TOPSIS clássico

5.3.1. Seleção do número de empreendimentos para avaliação

A partir dos resultados obtidos no questionário tipo 1, foram selecionados os 60 (sessenta) empreendimentos com os maiores coeficientes de prioridade, envolvendo os três modos de transporte considerados na pesquisa, acrescidos dos projetos portuários.

5.3.2. Aplicação do questionário tipo 2

O questionário tipo 2 - aplicação parcial da metodologia Delphi, levou em consideração os critérios apontados pelos especialistas que responderam ao primeiro questionário. Foram propostas afirmativas para que os respondentes avaliassem, com base em um nível de concordância entre 1 (baixíssimo) e 9 (altíssimo). O número está consistente com o que está estabelecido na escala de SAATY (1991, p. 69). No Quadro 5.2 são apresentadas as afirmativas propostas para avaliação TOPSIS e na Tabela 5.3, descrevem-se os graus de concordância em relação às afirmativas propostas.

Quadro 5.2 – Afirmativas para avaliação TOPSIS

Afirmativas para avaliação
Oferece conexão intermodal
Gera empregos diretos e indiretos
Contribui para o bem-estar social
Tem pouco impacto ambiental
Recupera passivos ambientais
Apresenta bom nível custo/benefício
Prevê curto prazo de execução

Tabela 5.3 – Graus de concordância para avaliar afirmativas

Grau de concordância ao atributo	Valor
Baixíssimo	1
Muito baixo	2
Baixo	3
Moderadamente baixo	4
Médio	5
Moderadamente alto	6
Alto	7
Muito alto	8
Altíssimo	9

Fonte: adaptado da escala numérica de SAATY (1991, p. 69)

5.3.3. Processamento dos dados e determinação dos coeficientes de prioridade

Em função da frequência das respostas dadas ao questionário tipo 1 para os atributos que deveriam ser considerados e, também, com base nas premissas de sustentabilidade defendidas nesta tese, foram estimadas as ponderações que seriam, na percepção do pesquisador, as mais representativas para a avaliação pelo método TOPSIS. Esse tratamento empírico é uma das características e deficiências desse método; daí, a proposta deste trabalho em neutralizá-las com a aplicação suplementar de propriedades

do método AHP. Na Tabela 5.4 são apresentados os atributos e as respectivas ponderações.

Tabela 5.4 – Ponderações dos atributos para aplicação do TOPSIS

Atributos	Peso relativo
Conexão intermodal	0,30
Geração de empregos	0,15
Bem-estar social	0,10
Impacto ambiental	0,15
Recuperação de passivos ambientais	0,10
Custos e benefícios	0,10
Prazo de execução	0,10

O processamento dos dados foi realizado com o emprego de *software* especialmente desenvolvido para a tese – Sistema de Processamento Topsis (SITOP) – que permite a análise de sensibilidade, por meio de simulações, tanto da ponderação como das avaliações aplicadas aos atributos. As saídas do sistema são feitas, em telas, sob a forma de matrizes, descritas, a seguir, e mostradas em detalhes no Apêndice B.

Tela de Entrada – Menu, com identificação do sistema e opções para: (a) Nova Matriz; (b) Pesquisar Matrizes e (c) Saída.

Tela Principal – (a) Listagem dos empreendimentos avaliados; (b) Tabela com atributos e respectivas ponderações; (c) Coeficiente de normalização; e (d) Menu com as matrizes, tabelas de cálculos e coeficientes de prioridade.

Matriz Principal (Apêndice B) - contém 60 empreendimentos, com as respectivas avaliações feitas por meio dos critérios estabelecidos.

Matriz Normalizada – apresenta os empreendimentos da Matriz Principal, com os dados normalizados para cada projeto/critério.

Matriz Ponderada – resulta da multiplicação de cada um dos dados normalizados pela sua respectiva ponderação de atributo.

Tabela com a situação ideal - resultado do cálculo das situações ideais, positiva e negativa. Os dados ponderados são o ponto de partida para o emprego do critério fundamental do TOPSIS, que consiste em definir coeficientes, de tal modo que o melhor

seja aquele que atende ao requisito da menor distância em relação ao valor ponderado máximo (valor ideal positivo) e ao requisito da maior distância em relação ao valor ponderado mínimo (valor ideal negativo). A determinação dos valores ideais positivos (+) e negativos (-) é apresentada nessa tabela.

Matriz com a distância positiva. Cada um dos dados ponderados (atributo x critério) é comparado, com o valor ideal positivo. Os resultados, em valor absoluto, são somados, produzindo o desvio positivo Δ^+ para cada um dos empreendimentos avaliados.

Matriz com a distância negativa. Procedimento idêntico ao da distância positiva, exceto no cálculo do desvio negativo Δ^- para cada um dos empreendimentos avaliados.

Tabela com os coeficientes de prioridades – resultado decorrente do cálculo efetuado com o auxílio da equação (5) modificada.

$$C_i^+ = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)} \quad (5)$$

Onde Δ^+ corresponde a S_i^+ e Δ^- a S_i^-

C_i^+ também pode ser representado por φ

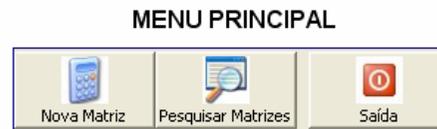
Logo, a equação para determinar o coeficiente de prioridade pelo método TOPSIS pode ser escrita:

$$\varphi = \frac{\Delta^-}{(\Delta^+ + \Delta^-)} \quad (18)$$

Nas Figuras 5.1 e 5.2 são mostradas as telas de entrada do *software* especificamente desenvolvido pelo pesquisador, denominado SITOP, para processar o método TOPSIS.

O resultado do processamento, com os coeficientes de prioridade, é apresentado, em ordem decrescente do valor calculado, na Tabela 5.5, abrangendo 60 empreendimentos.

Sistema de Resolução Topsis para Avaliação Multicritério - SITOP



Ao abrir Nova Matriz, digite ou clique, pela ordem:

- 1 - O coeficiente de normalização
- 2 - Os atributos e os correspondentes pesos, a soma destes deverá ser 1
- 3 - Os empreendimentos a serem avaliados
- 4 - Gerar matriz
- 5 - Atualize a matriz sempre que introduzir alguma modificação de dados

Apêndice à tese de doutorado de Renaud Barbosa da Silva

Figura 5.1 – Menu principal do *software* SITOP

Matriz Nº: Data: Coeficiente de Normalização:

Item	Empreendimento	Ponderação	Peso
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	Conexão intermodal	0,30
2	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	Geração de empregos	0,15
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	Bem-estar social	0,10
4	Ferrovias Norte-Sul, TO	Impacto ambiental	0,15
5	BR-364/ AC, construção e pavimentação	Recuperação de passivos ambientais	0,10
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Mediciândia, Rurópolis	Custos e benefícios	0,10
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	Prazo de execução	0,10
8	BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	*	0,00
9	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú		
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços		
11	BR-135/ PIBA/MG, pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG		
12	Ferrovias Nova Transnordestina		
13	BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém		
14	Porto de Suape, PE, acesso		
15	Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro		
16	Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas		
17	BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI		

Atualizar Matriz

Item	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	8	6	6	8
2	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	9	7	8	5
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	8	5	7	8
4	Ferrovias Norte-Sul, TO	8	7	7	8
5	BR-364/ AC, construção e pavimentação	5	5	6	5
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Mediciândia, Rurópolis	7	7	8	6
8	BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	5	6	7	5
9	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	6	6	7	7
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	8	6	5	8
11	BR-135/ PIBA/MG, pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG	7	7	8	4
12	Ferrovias Nova Transnordestina	8	6	6	8
13	BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém	7	5	5	6
14	Porto de Suape, PE, acesso	8	6	5	6
15	Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro	7	5	6	5



Figura 5.2 – Matriz Principal do SITOP

Tabela 5.5 – Empreendimentos processados pelo TOPSIS

Posição	Empreendimento	$\Delta +$	$\Delta -$	Φ
1	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,24	0,51	0,68
2	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,24	0,51	0,68
3	Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ	0,29	0,52	0,64
4	Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,27	0,48	0,64
5	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,27	0,48	0,64
6	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,30	0,51	0,63
7	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	0,28	0,47	0,63
8	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,28	0,47	0,63
9	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,29	0,46	0,61
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,31	0,44	0,59
11	Ferrovia Norte-Sul, TO	0,31	0,44	0,59
12	Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	0,32	0,43	0,57
13	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,34	0,41	0,55
14	Porto de Itaguai,RJ: serviço de dragagem	0,34	0,41	0,55
15	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,34	0,41	0,55
16	Ferrovia Nova Transnordestina	0,34	0,41	0,55
17	Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba	0,36	0,43	0,54
18	Via expressa de acesso ao porto de Itajai, SC	0,35	0,40	0,53
19	Porto de Suape, PE, acesso	0,35	0,40	0,53
20	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,36	0,39	0,52
21	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	0,36	0,39	0,52
22	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Mediciândia, Rurópolis	0,36	0,39	0,52
23	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecís	0,36	0,39	0,52
24	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,36	0,39	0,52
25	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,37	0,38	0,51
26	Ferroanel do contorno de São Paulo: Tramo Sul	0,42	0,33	0,44
27	BR-135/ PI/BA/MG,pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG	0,50	0,39	0,44
28	BR-101/SC: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis	0,44	0,31	0,41
29	BR-158-MS/SP: construção ponte Paulicéia, SP-Brasilândia, MS	0,44	0,31	0,41
30	BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém	0,45	0,30	0,40
31	BR-163/364, MT: duplicação trecho Rondonópolis-Cuiabá-Porto Gil	0,45	0,30	0,40
32	Ferrovia Norte-Sul: trecho Anápolis (porto seco)-Uruaçu	0,45	0,30	0,40
33	Construção e pavimentação da MT-100, trecho Barra do Garças - Alto	0,45	0,30	0,40
34	Contorno ferroviário de Patrocínio	0,46	0,29	0,39
35	BR-158/MT: pavimentação Ribeiro Cascalheira,MT-Divisa PA	0,48	0,27	0,36
36	Porto de Rio Grande, RS: ampliação de molhes e serviços dragagem	0,48	0,27	0,36
37	BR-116/PR: contorno Leste de Curitiba,PR	0,49	0,26	0,35
38	BR-060/153/GO: Anel viário de Goiânia	0,49	0,26	0,35
39	Contorno ferroviário de Araraquara, SP	0,50	0,25	0,33
40	BR-381/ES: pavimentação do trecho Divisa ES/MG-Governador Valadares	0,51	0,24	0,32
41	BR-101/PR: Antonina a BR-277-PR (Rodoferroviária)	0,53	0,22	0,29
42	Retificação do ramal ferroviário Juazeiro-Aratú	0,53	0,22	0,29
43	BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI	0,53	0,22	0,29
44	Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro	0,53	0,22	0,29
45	BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	0,53	0,22	0,29
46	Contorno Ferroviário de Pelotas	0,54	0,21	0,28
47	BR-060/364/GO: Duplicação do trecho Goiânia - Divisa GO/MT	0,55	0,20	0,27
48	Contorno ferroviário de Jaraguá do Sul	0,56	0,19	0,25
49	BR-465/RJ: Duplicação do trecho Av. Brasil-Entr. BR-116	0,56	0,19	0,25
50	Corredor ferroviário Oeste PR: ampliação capacidade	0,57	0,18	0,24
51	BR-494/RJ: Construção do trecho Volta Redonda - Angra dos Reis	0,57	0,18	0,24
52	BR-101/ ES: adequação de capacidade divisa RJ/ES	0,57	0,18	0,24
53	BR-116/PR: Duplicação do trecho Curitiba-Divisa PR/SC	0,58	0,17	0,23
54	BR-280/SC: Continuação da duplicação do trecho Corupá-Mafra	0,58	0,17	0,23
55	BR-116/392/RS: Contorno de Pelotas	0,59	0,16	0,21
56	BR-364/ AC, construção e pavimentação	0,61	0,14	0,19
57	BR-101/SC-RS: duplicação trecho Palhoça,SC-Osório,RS	0,61	0,14	0,19
58	BR-153, 365/MG: duplicação divisa GO-MG (Trevão Ubertândia)	0,62	0,13	0,17
59	BR-135: Formosa do Rio Preto-BA a Cristalândia-PI	0,62	0,13	0,17
60	BR-381, MG: duplicação Belo Horizonte-Gov.Valadares	0,65	0,10	0,13

5.4. Aplicação parcial do AHP

Este procedimento foi adotado para validar e aperfeiçoar a qualidade das ponderações adotadas pelo método TOPSIS, permitindo que para cada um dos empreendimentos seja definido um conjunto de pesos correspondentes as suas características, avaliadas por outra metodologia multicritério. Dos 60 (sessenta) empreendimentos avaliados pelo TOPSIS, com base em uma única tabela de ponderações, foram considerados, para a aplicação do método AHP, os que apresentaram os maiores coeficientes de prioridade, a partir de 0,50, perfazendo um total de 25 empreendimentos. Essa escolha objetivou reduzir o número de simulações a serem realizadas, normalmente complexas, dada a dificuldade de os entrevistados diferenciarem, com precisão, o grau de importância entre dois atributos em relação à função objetivo dentro do tempo limitado da pesquisa. Poderiam, com maior disponibilidade de tempo, ser considerados os 60 (sessenta) projetos avaliados pelo TOPSIS clássico, mas como a prioridade deste trabalho é o desenvolvimento de um procedimento de avaliação, optou-se por uma escolha baseada no próprio coeficiente de prioridade. Na tabela 5.6 estão listados os 25 empreendimentos considerados prioritários pelo método original TOPSIS.

A realização da pesquisa foi realizada por meio de entrevistas individuais. Para cada um dos 25 (vinte e cinco) empreendimentos foi construída a respectiva matriz $A = (a_{ij})$, com $i, j = (1, 2, 3, \dots, 25)$. Foram adotados os mesmos atributos mostrados na Tabela 5.4, para $n = 7$, além das regras básicas estabelecidas por SAATY (1991), para permitir uma compatibilidade de procedimentos com o método TOPSIS.

Tabela 5.6 – Empreendimentos prioritários avaliados por TOPSIS com coeficiente maior que 0,50

Pos.	Empreendimento	$\Delta +$	$\Delta -$	ϕ
1	Ferrovias Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,24	0,51	0,68
2	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,24	0,51	0,68
3	Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ	0,29	0,52	0,64
4	Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,27	0,48	0,64
5	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,27	0,48	0,64
6	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,30	0,51	0,63
7	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recup. de berços	0,28	0,47	0,63
8	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,28	0,47	0,63
9	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,29	0,46	0,61
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,31	0,44	0,59
11	Ferrovias Norte-Sul, TO	0,31	0,44	0,59
12	Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	0,32	0,43	0,57
13	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,34	0,41	0,55
14	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	0,34	0,41	0,55
15	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,34	0,41	0,55
16	Ferrovias Nova Transnordestina	0,34	0,41	0,55
17	Ferrovias: contorno ferroviário de Curitiba	0,36	0,43	0,54
18	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	0,35	0,40	0,53
19	Porto de Suape, PE, acesso	0,35	0,40	0,53
20	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,36	0,39	0,52
21	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	0,36	0,39	0,52
22	BR-230/ PA, pavim. trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,36	0,39	0,52
23	BR-364/MT: pavim. trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,36	0,39	0,52
24	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,36	0,39	0,52
25	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,37	0,38	0,51

A matriz teórica empregada para a elaboração do questionário tipo 3 é mostrada na Figura 5.3.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{16} & a_{17} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{26} & a_{27} \\ \frac{1}{a_{13}} & \frac{1}{a_{23}} & 1 & a_{34} & a_{35} & a_{36} & a_{37} \\ \frac{1}{a_{14}} & \frac{1}{a_{24}} & \frac{1}{a_{34}} & 1 & a_{45} & a_{46} & a_{47} \\ \frac{1}{a_{15}} & \frac{1}{a_{25}} & \frac{1}{a_{35}} & \frac{1}{a_{45}} & 1 & a_{56} & a_{57} \\ \frac{1}{a_{16}} & \frac{1}{a_{26}} & \frac{1}{a_{36}} & \frac{1}{a_{46}} & \frac{1}{a_{56}} & 1 & a_{67} \\ \frac{1}{a_{17}} & \frac{1}{a_{27}} & \frac{1}{a_{37}} & \frac{1}{a_{47}} & \frac{1}{a_{57}} & \frac{1}{a_{67}} & 1 \end{bmatrix}$$

Figura 5.3 – Matriz AHP teórica

As avaliações foram registradas quantitativamente (a_{ij}), de acordo com a tabela de critérios de SAATY (1991) para cada par de atividades C_{ij} , com definição, pelo analista, do grau de importância de uma sobre a outra. A Figura 5.4 mostra a matriz constante do questionário tipo 3, sob forma adaptada do modelo apresentado pelo *software Expert Choice®* – EC.

	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
Conexão intermodal	1						
Geração de empregos		1					
Bem-estar social			1				
Impacto ambiental				1			
Recuperação de passivos ambientais					1		
Custos e benefícios						1	
Prazo de execução							1

Figura 5.4 – Modelo da matriz AHP com os critérios de avaliação

- Interseção para comparação entre critérios
- Inverso (recíproco) do valor de comparação

A comparação quanto ao grau de importância foi realizada aos pares, com resposta à questão: em que grau o atributo a_{11} (conexão intermodal) é mais importante do que o atributo a_{12} (geração de empregos) para determinado empreendimento? Para dar a resposta, o analista consulta a escala de julgamento de SAATY (Tabela 3.4, repetida, a seguir) e indica sua avaliação. Caso o atributo a_{11} seja extremamente mais importante que o a_{12} para o alcance do objetivo, será atribuído o grau 9. Caso a importância seja considerada igual, o grau atribuído será 1. Os graus pares são utilizados quando há dúvida sobre a importância, entre os graus ímpares. O procedimento é repetido para os demais pares de atributos até que a matriz fique completa. Com o emprego do EC, versão 2000, as interseções dos atributos iguais e os recíprocos entre atributos são aplicados automaticamente. Foram produzidas matrizes de ponderação para cada um dos empreendimentos avaliados, observando-se a prioridade estabelecida pela aplicação do TOPSIS.

Tabela 3.4 – Escala de julgamento de SAATY

Avaliação (intensidade da importância)	Interpretação	Grau de importância
Igual	Atividades (ou atributos) comparadas (A e B) têm a mesma importância	1
Pouco superior	Uma das atividades tem importância pouco maior que a outra	3
Muito superior	Uma das atividades é muito mais importante que a outra	5
Extremamente superior	Uma das atividades é extremamente mais importante que a outra	7
Absolutamente superior	Uma das atividades é absolutamente mais importante que a outra	9
Avaliação intermediária	Não há certeza entre dois graus de importância	2, 4, 6 8

Fonte: SAATY (1991, p. 68)

Á Figura 5.5 apresenta a matriz produzida pelo EC, com base nos dados obtidos pelo questionário tipo 3 para o Arco Rodoviário do Rio de Janeiro e na Figura 5.4. são apresentados os resultados sob a forma de ponderações obtidas.

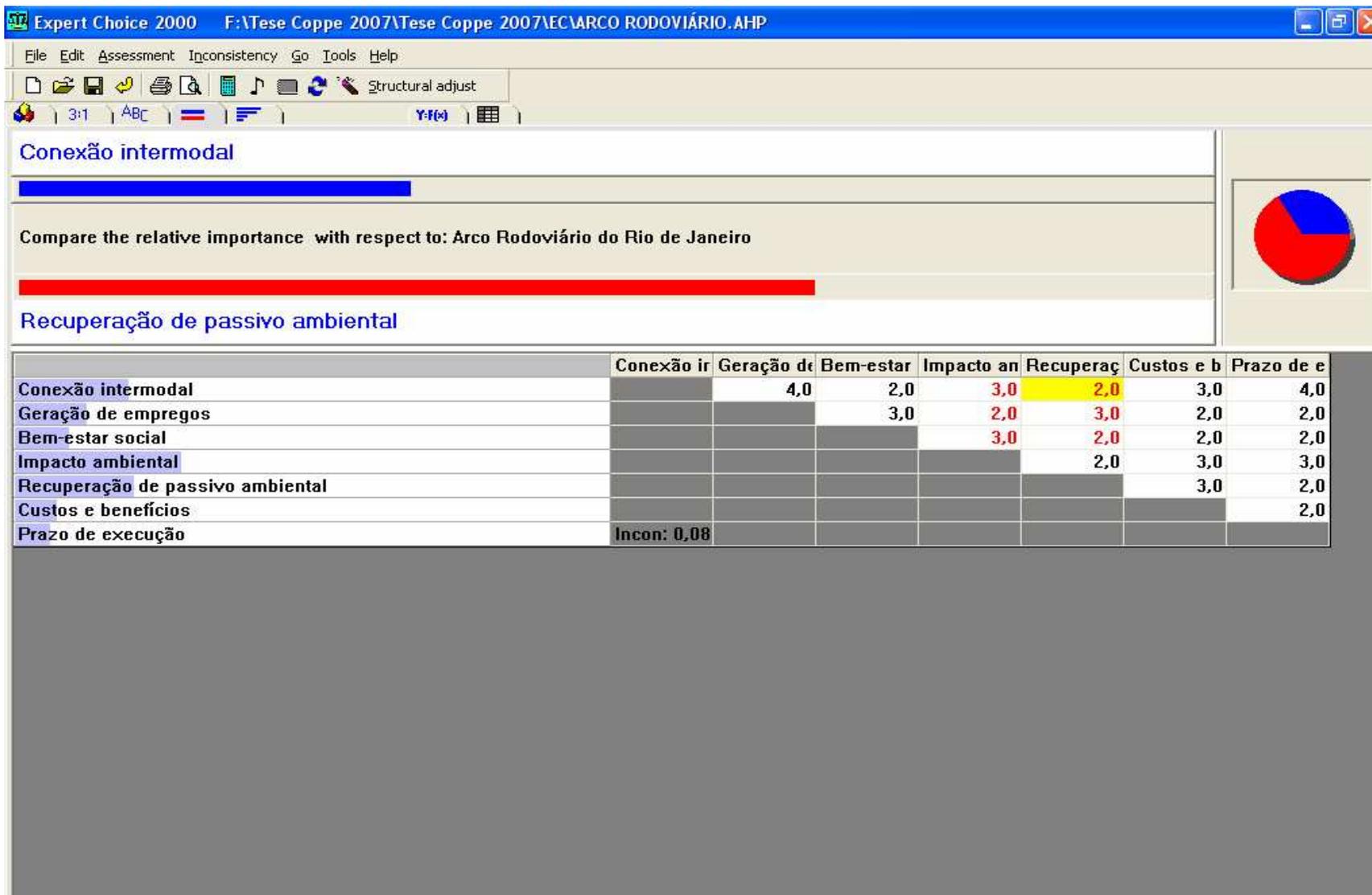


Figura 5.5 – Matriz AHP para o Arco Rodoviário RJ – Processamento EC

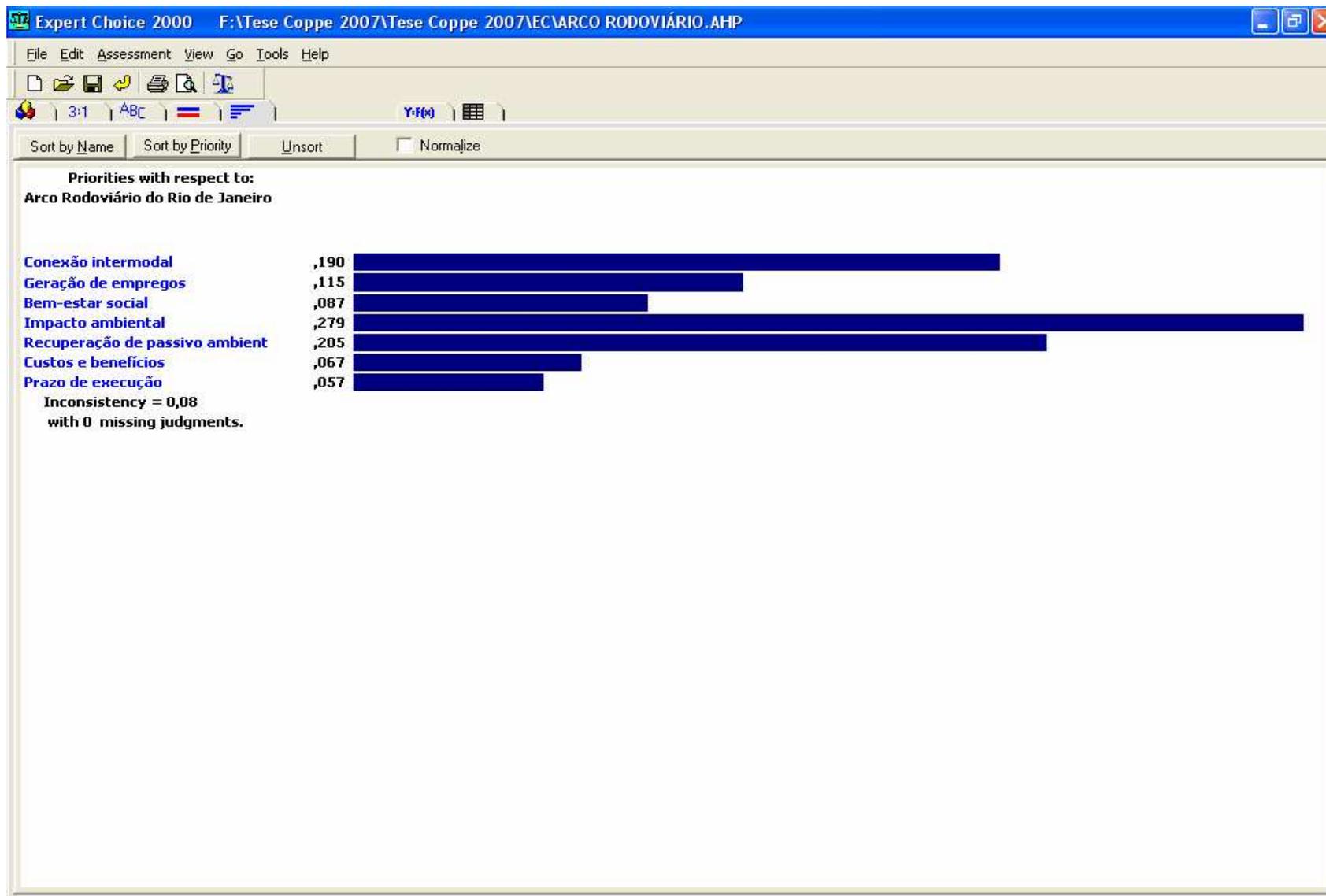


Figura 5.6 – Resultados obtidos para o Arco Rodoviário RJ – Processamento EC

5.5. Aplicação do TOPSIS com elementos do AHP

O sistema SITOP foi alimentado, para cada um dos empreendimentos selecionados, com as ponderações, por empreendimento, obtidas no processamento do AHP por meio do EC. Foram incluídos 25 (vinte e cinco) conjuntos de ponderações, por atributo, obtidos com o processamento do AHP, relacionados aos pares de atributos, mostrados na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Empreendimentos com as respectivas ponderações AHP

Empreendimentos	Atributos						
	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recup.passivo ambiental	Custos e benefícios	Prazo de execução
Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	21,4	7,4	6,0	28,7	19,4	8,1	9,0
Arco rodoviário do Rio de Janeiro	23,4	7,3	7,5	20,0	29,4	3,3	9,1
Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	17,5	10,4	6,8	23,0	27,3	3,5	11,6
Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	20,3	10,6	8,8	21,1	26,2	6,9	6,1
Contorno ferroviário de Curitiba, PR	14,7	12,0	21,3	20,1	16,3	5,8	9,7
Ferrovia Norte-Sul, TO	22,1	14,8	14,7	18,5	11,3	6,0	12,5
Ferrovia Nova Transnordestina	19,6	15,7	7,6	25,5	16,0	5,0	10,5
Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	26,0	10,7	9,9	22,2	17,8	6,2	7,3
Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	21,2	11,8	8,2	20,3	24,8	7,3	6,5
Eclusas Tucuruí, PA, construção	18,1	9,3	8,4	22,8	28,6	5,3	7,4
Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	17,7	8,4	4,9	11,5	24,6	18,8	14,1
Porto Vila do Conde-PA, ampliação	19,0	11,5	8,7	27,9	20,5	6,7	5,7
Porto de Itaquí, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	26,0	10,7	9,9	22,2	17,8	6,2	7,3
Porto de Suape, PE, acesso	17,5	16,0	17,6	12,7	13,5	5,9	16,9
Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	29,6	10,1	9,4	16,4	18,4	8,9	7,2
Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	23,9	9,2	8,4	23,7	23,2	5,9	5,7
Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	21,5	9,9	8,3	26,0	21,3	5,9	7,0
Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	13,9	9,3	12,8	27,2	21,9	8,1	6,9
BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	20,3	13,3	6,4	16,4	17,5	10,0	16,1
BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Medicilândia, R	21,3	11,3	8,1	22,4	12,1	8,0	16,8
BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	19,1	15,4	6,6	19,0	15,8	5,7	18,4
Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	11,0	6,3	7,3	18,7	27,8	15,4	13,5
BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	18,8	9,3	7,5	26,0	26,0	5,4	6,9
BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajai, SC	18,4	10,0	10,2	20,3	27,3	7,5	6,4
BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Par	23,1	9,7	6,9	24,1	25,1	4,3	6,6

Contornos
5

↓

Ferrovias
4

↓

Hidrovias
2

↓

Portos
7

↓

Rodovias
7

↓

Com base nas ponderações individuais foi realizado o processamento TOPSIS com a obtenção das prioridades apresentadas, em ordem decrescente, na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 – Empreendimentos prioritários avaliados por TOPSIS/AHP

Pos..	Alternativa	Δ^+	Δ^-	ϕ
1	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,94	0,97	0,51
2	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	1,03	0,88	0,46
3	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	1,03	0,88	0,46
4	Arco rodoviário do Rio de Janeiro	1,05	0,86	0,45
5	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	1,07	0,85	0,44
6	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	1,07	0,84	0,44
7	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	1,09	0,82	0,43
8	Eclusas Tucuruí, PA, construção	1,10	0,82	0,43
9	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	1,10	0,82	0,43
10	Contorno ferroviário de Curitiba, PR	1,10	0,81	0,43
11	Ferrovia Norte-Sul, TO	1,12	0,79	0,41
12	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	1,12	0,79	0,41
13	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	1,13	0,79	0,41
14	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	1,13	0,78	0,41
15	Ferrovia Nova Transnordestina	1,14	0,77	0,40
16	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	1,14	0,77	0,40
17	Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	1,14	0,77	0,40
18	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajai, SC	1,15	0,76	0,40
19	Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	1,16	0,76	0,39
20	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Medicilândia, Rurópolis	1,18	0,73	0,38
21	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	1,20	0,71	0,37
22	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	1,21	0,70	0,37
23	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	1,24	0,67	0,35
24	Porto de Suape, PE, acesso	1,25	0,66	0,35
25	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	1,26	0,65	0,34

Em relação aos resultados obtidos com o TOPSIS original observam-se diferenças, que podem ser atribuídas por: (a) individualidade das ponderações; (b) maior cuidado do grupo pesquisado ao comparar os graus de importância entre os atributos, tendo em mente aqueles de grande importância para o desenvolvimento sustentável; e (c) preocupação do grupo pesquisado quanto às componentes ambientais do julgamento.

Adotou-se um procedimento suplementar para a melhor avaliar os resultados alcançados na comparação TOPSIS tradicional com o procedimento TOPSIS/AHP. Para isso foram divididos os empreendimentos em cinco grupos, de acordo com suas características particulares: (a) rodoviário; (b) ferroviário; (c) hidroviário; (d) portuário; e (e) contornos ferroviário e rodoviário. Calculou-se a média por grupo, com os dados da Tabela 5.6, com os resultados mostrados na Tabela 5.9.

Tabela 5.9 – Ponderações médias, por grupo da infra-estrutura de transporte

Atributos	Rodovia	Ferrovia	Hidrovia	Portos	Contorno
Conexão intermodal	0,19	0,20	0,20	0,22	0,21
Geração de empregos	0,12	0,10	0,10	0,10	0,11
Bem-estar social	0,13	0,08	0,07	0,08	0,08
Impacto ambiental	0,20	0,18	0,24	0,24	0,22
Recuperação de passivos ambientais	0,19	0,26	0,26	0,19	0,21
Custos e benefícios	0,06	0,10	0,04	0,07	0,08
Prazo de execução	0,11	0,08	0,09	0,10	0,09

A aplicação das ponderações médias no procedimento TOPSIS conduziu aos resultados mostrados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Empreendimentos prioritários avaliados por ponderações médias

Pos.	Alternativa	Δ^+	Δ^-	ϕ
1	Arco rodoviário do Rio de Janeiro	0,39	0,51	0,57
2	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,41	0,50	0,55
3	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,41	0,49	0,54
4	Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,43	0,47	0,52
5	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	0,44	0,47	0,52
6	Contorno ferroviário de Curitiba, PR	0,45	0,46	0,51
7	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,45	0,46	0,50
8	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,45	0,45	0,50
9	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,46	0,45	0,50
10	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,48	0,43	0,47
11	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	0,51	0,40	0,44
12	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,51	0,40	0,44
13	Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	0,51	0,40	0,44
14	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	0,52	0,39	0,43
15	Ferrovia Norte-Sul, TO	0,53	0,38	0,42
16	Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	0,53	0,38	0,41
17	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,55	0,36	0,40
18	Porto de Suape, PE, acesso	0,55	0,36	0,39
19	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,55	0,35	0,39
20	Ferrovia Nova Transnordestina	0,56	0,35	0,39
21	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,57	0,34	0,37
22	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,58	0,32	0,36
23	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,59	0,32	0,35
24	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,59	0,32	0,35
25	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,61	0,30	0,33

Na Tabela 5.11 é mostrada uma comparação com as posições relativas em função das três formas de ponderação.

Tabela 5.11 – Comparação de prioridades TOPSIS, TOPSIS/AHP (individual e média)

Empreendimentos	Φ_{Topsis}	Pos.	Φ_{TAhp}	Pos.	$\Phi_{Média}$	Pos.
Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,68	1	0,51	9	0,57	7
Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,68	2	0,46	1	0,55	2
Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ	0,64	3	0,46	4	0,54	1
Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,64	4	0,45	8	0,52	4
Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,64	5	0,44	2	0,52	3
BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,63	6	0,44	12	0,51	10
Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recup. de berços	0,63	7	0,43	3	0,50	5
Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,63	8	0,43	6	0,50	9
Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,61	9	0,43	5	0,50	8
Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,59	10	0,43	21	0,47	25
Ferrovia Norte-Sul, TO	0,59	11	0,41	11	0,44	15
Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	0,57	12	0,41	19	0,44	13
Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,55	13	0,41	13	0,44	12
Porto de Itaguai,RJ: serviço de dragagem	0,55	14	0,41	7	0,43	14
BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,55	15	0,40	25	0,42	22
Ferrovia Nova Transnordestina	0,55	16	0,40	15	0,41	20
Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba	0,54	17	0,40	10	0,40	6
BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajai, SC	0,53	18	0,40	18	0,39	11
Porto de Suape, PE, acesso	0,53	19	0,39	24	0,39	18
Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,52	20	0,38	14	0,39	17
Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	0,52	21	0,37	17	0,37	16
BR-230/ PA, pavim. trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,52	22	0,37	20	0,36	19
BR-364/MT: pavim. trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,52	23	0,35	23	0,35	24
BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO - Divisa TO/PA	0,52	24	0,35	16	0,35	23
Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,51	25	0,34	22	0,33	21

As diferenças observadas nas três abordagens foram menores quando se compararam as ponderações individuais com as médias, por tipo de empreendimento, na aplicação do TOPSIS.

5.6. Aplicação de Impactos Cruzados - IC

Esta aplicação foi realizada com o propósito de produzir elementos para análise complementar, por parte dos decisores, antes da escolha final das prioridades que devem ser adotadas na construção da infra-estrutura sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Para a aplicação do IC, adotou-se a classificação em grupos, proposta no item anterior (rodoviário, ferroviário, hidroviário, portuário e contornos ferroviário e rodoviário). Optou-se pelo tratamento da matriz de acordo com a aplicação feita por SCCHLANGE e JÜTTNER (1997). Seu efeito não é o de modificar os resultados alcançados pela aplicação TOPSIS isoladamente ou TOPSIS/AHP e sim o de proporcionar ao avaliador uma visão alternativa sobre o empreendimento avaliado. Nessa perspectiva, os impactos que uma ação provoca sobre os demais atributos pode oferecer algum tipo de avaliação não percebida pelo tratamento quantitativo dado pelos métodos aplicados. A esses impactos ativos são contrapostos os impactos passivos, ou seja, aqueles recebidos por uma atributo pela ação dos demais. O IC, a exemplo do TOPSIS e do AHP também dá tratamento quantitativo a variáveis percebidas qualitativamente, sem a objetividade dos dois primeiros, porém com uma qualidade prospectiva superior. As Tabelas 5.12 e 5.13 ilustram os resultados dessa aplicação, respectivamente a dois empreendimentos: Porto de Itaqui, no Maranhão, e Arco Rodoviário do Rio de Janeiro.

Tabela 5.12 - Matriz IC aplicada na avaliação do Arco Rodoviário do Rio de Janeiro

Atributos	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação passivo ambiental	Custos e benefícios	Prazo de execução	Influência ativa	Influência total recebida
Conexão intermodal	0	3	2	2	2	3	3	15	165
Geração de empregos	0	0	3	2	1	3	1	10	120
Bem-estar social	1	1	0	1	2	1	1	7	105
Impacto ambiental	1	2	2	0	3	3	3	14	154
Recuperação passivo ambiental	3	1	3	2	0	2	1	12	168
Custos e benefícios	3	3	3	1	3	0	3	16	240
Prazo de execução	3	2	2	3	3	3	0	16	192
Influência passiva	11	12	15	11	14	15	12		

As avaliações dos impactos entre os atributos são feitas de acordo com a escala: (0) sem impacto; (1) pouco impacto; (3) médio impacto; e (4) grande impacto. A coluna influência ativa mostra como cada um dos atributos impacta sobre os demais, enquanto a influência passiva registra o grau de influência recebida em relação aos demais atributos. A influência total recebida decorre do produto entre ativa e passiva.

Ao se avaliar os impactos entre os atributos empregados para a análise da obra do Arco Rodoviário do Rio de Janeiro – RJ nota-se grande influência do item custos/benefícios, certamente reforçada por dois aspectos importantes: (a) o impacto ambiental; e (b) a recuperação de passivo ambiental; neste caso a redução considerável dos aspectos negativos causados pelo tráfego de veículos pesados pelas zonas metropolitanas do Rio de Janeiro e de Niterói – RJ. Esse ‘ganho ambiental’ pareceu sinalizar para o grupo pesquisado que o impacto ambiental a ser causado pelo empreendimento poderá ser minorado, embora esteja claramente presente nos impactos apresentados. Verifica-se, também, que o atributo prazo de execução possui grande influência, medida,

possivelmente pelo trecho de 77 km, ainda não implantados, que atravessa áreas de preservação ambiental.

Tabela 5.13 - Matriz IC aplicada na avaliação na recuperação do Porto de Itaqui - MA

Atributos	Atributos								Influência total recebida
	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivo ambiental	Custos e benefícios	Prazo de execução	Influência ativa	
Conexão intermodal	0	1	1	1	1	2	2	8	88
Geração de empregos	1	0	3	2	1	2	2	11	121
Bem-estar social	1	2	0	1	1	2	1	8	96
Impacto ambiental	2	2	2	0	2	2	3	13	117
Recuperação de passivo ambiental	1	2	3	2	0	2	1	11	88
Custos e benefícios	3	2	2	1	2	0	3	13	169
Prazo de execução	3	2	1	2	1	3	0	12	144
Influência passiva	11	11	12	9	8	13	12		

A análise da matriz sobre impactos nas obras de dragagem, recuperação e ampliação de berços do Porto de Itaqui – MA mostra que dois atributos, com grande influência são: (a) custos e benefícios; e (b) prazo de execução da obra. Não parecem estar presentes, na visão do grupo pesquisado, grandes impactos, positivos ou negativos, de natureza ambiental. A conexão intermodal também não recebeu maior atenção, embora esse porto funcione como terminal de duas ferrovias (Carajás e Transnordestina), além de acesso rodoviário. Deve ser esclarecido que das ferrovias, apenas Carajás atua efetivamente, transportando principalmente minério de ferro e soja.

5.7. Análise dos resultados

Os resultados obtidos permitiram avaliar, com certo grau de clareza, a diferença entre as abordagens adotadas para comparar empreendimentos da infra-estrutura de transporte com base em análise multicritério. O tratamento quantitativo aplicado a essa análise buscou tratar os elementos qualitativos extraídos de especialistas de modo que os formuladores de políticas públicas e os responsáveis decidissem com menores margens de erro em relação aos benefícios globais da infra-estrutura de transporte no Brasil. Para testar o procedimento proposto foi realizado um levantamento inicial, com a participação de todos os superintendentes regionais do DNIT e de outros especialistas do setor transporte, em que foram listados 168 empreendimentos. A Tabela 5.2 mostrou que a grande maioria - 73,8% - dos projetos propostos contemplava o modo rodoviário, enquanto 21,4%, 1,8% e 3,05% corresponderam, respectivamente, aos modos ferroviário, hidroviário interior e portos. Na mesma tabela pode-se observar que as prioridades estabelecidas pelos especialistas estavam, igualmente, concentradas no modo rodoviário, com 53,2% dos projetos recebendo prioridades 1 e 2, numa escala até 5 (menor prioridade). Por outro lado, os demais modos receberam tratamento inverso, principalmente o modo ferroviário, que teve suas prioridades concentradas nos níveis 4 e 5, representando 50% dos projetos. Dos 168 projetos iniciais, selecionaram-se 60, com a distribuição de 58,3%, 25,0%, 3,4% e 13,3% para empreendimentos rodoviário, ferroviário, hidroviário e portos, respectivamente, como pode ser observado na Tabela 5.5. Para dar maior equilíbrio ao aspecto infra-estrutura, o pesquisador deslocou parte dos projetos rodoviários para os portuários, em função do perfil exportador do País e da necessidade de se utilizar, com maior intensidade, as condições favoráveis do litoral. A isso se deve acrescentar o foco de custos logísticos, porque ficou demonstrada, no capítulo específico desta tese, a vantagem competitiva na utilização do modo aquaviário. Como parte da metodologia proposta, foi esclarecido aos especialistas a importância de uma visão integral para que as escolhas atendessem aos requisitos propostos pela teoria do desenvolvimento sustentável, também tratada em capítulo próprio deste trabalho. Assim, os especialistas participaram ativamente na definição dos atributos a serem avaliados e, de forma indireta, na definição das ponderações iniciais de cada um. Houve, portanto, um certo nível de 'indução' para que os avaliadores

refletissem sobre os atributos vinculados ao desenvolvimento sustentável para a construção da infra-estrutura de transporte. A Tabela 5.4 mostra que intermodalidade, geração de empregos, bem-estar social e meio ambiente foram considerados, pelos especialistas, fatores significativos na avaliação. Ao se fazer o primeiro processamento, sob o método TOPSIS clássico, isso foi refletido nos resultados alcançados; porém foi mantida, ainda, a tendência pelo modo rodoviário, como pode ser observado na Tabela 5.6. Ao se realizar um corte, considerando os 15 maiores coeficientes de prioridade (entre 0,68 e 0,55), obteve-se 33,3%, 26,7%, 13,3% e 26,7% para os modos rodoviário, ferroviário, hidroviário e portos, respectivamente. Ficou evidenciada a elevação do grau de conscientização sobre a importância dos portos, provavelmente pela influência dos atributos relativos à intermodalidade e ao meio ambiente. Apesar desse resultado, notou-se que, como descrito em experiências relatadas ao longo deste trabalho, a posição alcançada poderia ser facilmente alterada pela manipulação das ponderações, eis que o método TOPSIS é extremamente sensível a esse procedimento, como foi constatado nos testes de sensibilidade realizados por meio de simulação quando do processamento dos dados da pesquisa. Eis a razão de a metodologia proposta considerar a necessidade de o universo pesquisado comprovar, de modo mais preciso, a qualidade das ponderações. Isso foi alcançado com sua individualização por intermédio de aplicação das propriedades do AHP, como ficou evidenciado ao se descrever o método. Os resultados alcançados com esse procedimento para os 25 empreendimentos com maiores coeficientes de prioridade TOPSIS modificaram a primeira percepção. Com efeito, nos primeiros 15 projetos, com coeficientes de prioridade entre 0,51 e 0,40, o modo rodoviário participou de 26,7% das preferências, contra 33,3% do modo ferroviário, 13,3% do hidroviário e 26,7% dos empreendimentos portuários. Destacou-se o nível de prioridades atribuído aos projetos ferroviários e portuários, que ultrapassaram ou igualaram os hegemônicos empreendimentos rodoviários. Três podem ser as razões para tal mudança: (a) os especialistas consultados na primeira etapa da pesquisa (Delphi + TOPSIS) têm, na sua grande maioria, uma visão local dos problemas de infra-estrutura de transporte, o que é natural em vista das suas atribuições executivas e da necessidade de obtenção de resultados em curto prazo; (b) na aplicação TOPSIS/AHP foram ouvidos especialistas com visão ampla do problema, incluindo dirigentes de agências reguladoras e de entidades de classe especializadas nos diversos

modos de transporte; (c) no processo de consulta, via matriz AHP, foi possível alcançar ponderações mais próximas das características de cada empreendimento, tornando possível a minimização de distorções que um único conjunto de pesos pode levar ao processar avaliações sobre empreendimentos diferentes entre si, como, por exemplo, uma rodovia e uma eclusa. Na Tabela 5.14 são mostrados, por atributo, as ponderações empregadas na primeira fase da pesquisa e os valores médios obtidos por meio das matrizes AHP.

Tabela 5.14 – Comparação entre ponderações TOPSIS e TOPSIS+AHP

Atributos	TOPSIS*	Rodovia	Ferrovia	Hidrovia	Portos	Contorno
Conexão intermodal	0,30	0,18	0,20	0,20	0,22	0,21
Geração de empregos	0,15	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11
Bem-estar social	0,10	0,13	0,08	0,07	0,08	0,08
Impacto ambiental	0,15	0,21	0,18	0,24	0,23	0,22
Recuper. passivos ambientais	0,10	0,19	0,26	0,26	0,19	0,21
Custos e benefícios	0,10	0,06	0,10	0,04	0,07	0,08
Prazo de execução	0,10	0,11	0,08	0,09	0,10	0,09

(*) única para todos os modos

Os resultados demonstram que as prioridades determinadas pela pesquisa AHP não apresentam maiores distorções em relação aos modais e aos empreendimentos específicos de portos e de contornos (ferroviários e rodoviários). Se comparados com as ponderações TOPSIS as diferenças notáveis são em relação à conexão intermodal (mais peso no TOPSIS) e em relação aos dois atributos sobre meio ambiente, onde se nota mudança significativa das opiniões do universo pesquisado. É clara a preocupação com os impactos ambientais e com as medidas mitigatórias relacionadas aos empreendimentos avaliados. Verifica-se que um levantamento mais acurado das ponderações difere substancialmente do padrão único TOPSIS.

Outra observação significativa é quanto à abordagem do novo procedimento, porque os resultados processados demonstraram que são pequenas as diferenças entre a aplicação de um conjunto de ponderações para cada empreendimento e a alternativa de se utilizar ponderações por projetos que sejam comuns, ou por se referirem a um mesmo modo de transporte ou por sua finalidade (contornos de áreas urbanas). Se forem analisados os dados da Tabela 5.11, pode-se verificar que os empreendimentos com maiores coeficientes de prioridade são comuns ao tratamento individual e ao tratamento por grupo. Mesmo o projeto da pavimentação do trecho MT-PA da BR-163, que sofre restrições de natureza ambiental, não apresenta resultado com grandes distorções, a não ser quanto à avaliação que é feita pelo TOPSIS clássico, explicada por ter ponderação maior no quesito conexão intermodal.

Dos resultados obtidos com o procedimento proposto, se podem destacar alguns empreendimentos que, dada sua significância, seja sob o ponto de vista logístico como, também, sob o aspecto do desenvolvimento sustentável, devem ser objeto de tratamento prioritário por parte dos órgãos responsáveis. Com efeito, esses projetos, com exceção do Porto de Vila do Conde, estão contidos no PAC – Plano de Aceleração do Crescimento. São os seguintes:

- **Ferrovia Norte-Sul**, empreendimento de grande importância para o crescimento econômico e para o desenvolvimento sustentável, tem um traçado original, de 1.550 km, conectando, no sentido norte-sul, os Estados do Maranhão, Tocantins e Goiás. Em 2006, com a edição da Lei nº. 11.197, de 09 de maio de 2006, o traçado foi estendido, sendo incluído nos estudos o trecho entre Açailândia – MA e Belém – PA. Com isso, o traçado total previsto é de 1.980 km. O trecho entre Açailândia e Estreito-MA, com 215 km de extensão, está em operação desde 1996, conectado na primeira cidade com a Ferrovia Carajás, da Vale. Isso tem permitido o acesso de produtos agrícolas, como a soja, do terminal intermodal de Porto Franco-MA até o porto de Itaqui. Com a construção de novos trechos que permitam a intermodalidade o escoamento de cargas de baixo valor agregado e grande volume poderá ser realizado, de forma altamente

competitiva, tanto pelo porto de Itaqui como pelo porto de Vila do Conde, no município de Barcarena-PA, próximo à cidade de Belém-PA.

- **Ferroanel de São Paulo, SP;** tramo norte, com extensão de 66 km, ligando Itaquaquecetuba a Campo Limpo Paulista, passando por Guarulhos, Mairiporã, Nazaré Paulista e Atibaia. A grande contribuição desse empreendimento é o de reduzir o gargalo causado pelo tráfego restrito que é feito, atualmente, pela malha ferroviária da Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM). O Ferroanel – tramo Norte terá impacto positivo para o aumento da eficiência dos transportes na região sudeste, com a conseqüente redução dos custos de transporte, além da redução do impacto ambiental. O custo estimado é da ordem de R\$ 250 milhões e o estágio atual é o de estudos de viabilidade técnica.
- **Arco Rodoviário do Rio de Janeiro,** importante obra, com três grandes benefícios: (a) conecta as rodovias BR-101 Sul à BR-101 Norte, cruzando as rodovias BR-465, BR-116 e BR-040, e estabelecendo uma via eficaz sob o ponto de vista de movimentação de produtos em regiões de grande desenvolvimento, como o Vale do Paraíba e a área industrial de Itaguaí; (b) reduz o isolamento logístico do Porto de Itaguaí, permitindo a plena utilização da capacidade do mesmo, principalmente para cargas contêinerizadas; (c) seu traçado poderá contribuir positivamente para o crescimento e o desenvolvimento da baixada fluminense (Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Belfort Roxo e outras), com a criação de empregos e aumento do bem-estar social; (c) terá papel relevante na mitigação dos efeitos poluidores nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e de Niterói, em função do deslocamento do tráfego de veículos pesados dessas áreas. Acrescente-se a isso o fato de que esse deslocamento poderá contribuir, também, para a redução do nível de acidentes nas principais vias de acesso. O Arco Rodoviário tem uma extensão de 150,3 km, divididos em quatro trechos, dos quais apenas um, de 22 km (BR-116/493), entre o entroncamento com a BR-040 e Magé, opera com pista dupla e em boas condições. O trecho entre Itacuruçá (próximo ao porto de Itaguaí), com 25,5 km está sendo duplicado (menos de 50% das obras realizadas), enquanto o trecho

Magé – Itaboraí, com 25,8 km, necessita recuperação e duplicação. O principal trecho, de 77 km, está intocado e sobre ele pesam grandes discussões de natureza ambiental. O valor total do empreendimento está orçado em torno de R\$ 700 milhões.

- **Porto de Vila do Conde e Eclusas de Tucuruí.** Essas duas obras, se integradas, permitirão a operação de uma ou duas hidrovias de grande capacidade de escoamento de produtos de baixo valor agregado, como soja, milho, minérios e outros, com baixo custo de transporte. A primeira hidrovia que poderia ser beneficiada, em curto prazo, seria a do rio Tocantins. Posteriormente, com a remoção dos entraves ambientais que ainda são objeto de demandas judiciais, a hidrovia Tocantins-Araguaia seria parte importante de uma malha intermodal, envolvendo transportes, nos dois sentidos entre o porto de Vila do Conde e o restante do País. Esse porto é de grande importância porque pode receber navios com calados superiores a 20 metros e está na saída norte do Atlântico, mais próximo dos mercados internacionais.
- **BR-163, Trecho entre Garantã do Norte – MT e Rurópolis/Santarém – PA.** Trata-se de uma rodovia já implantada, mas que depende de pavimentação para que possa operar em todas as estações do ano, ligando os modos convergentes para a Região Oeste ao porto de Santarém, porta de saída, localizada a meio caminho entre o Pólo Industrial de Manaus – AM e o Atlântico, podendo atender, com eficiência, aos mercados interno e externo. O problema para a implantação desse projeto é o debate sobre as questões ambientais subjacentes ao mesmo. Há grande interesse das empresas de agronegócio da região em torno dessa rodovia em participar do processo de parceria público-privada, desde que esse se torne viável.

A análise complementar dos resultados obtidos com a aplicação da matriz de impactos cruzados para os empreendimentos Arco Rodoviário do Rio de Janeiro e recuperação do Porto de Itaqui – MA, confirmou as percepções obtidas pelo procedimento misto proposto, envolvendo TOPSIS+AHP. A pequena diferença ocorre no atributo custos e

benefícios, que aparenta oferecer um nível de impacto significativo, na visão dos especialistas pesquisados. No entanto, a preocupação com os impactos ambientais continua sendo ponto importante da análise, embora o impacto da conexão intermodal em relação ao Arco Rodoviário do Rio de Janeiro seja, igualmente, significativa.

6. CONCLUSÃO, VISÕES PROSPECTIVAS E RECOMENDAÇÕES PARA DESENVOLVIMENTO DO TEMA

No início desta pesquisa foram propostos objetivos e questões que deveriam ser tratados ao longo do trabalho, sendo esperado que, ao final, fosse verificado o alcance das expectativas levantadas. Embora o objetivo final fosse o de construir um procedimento que permitisse avaliar, com alguma precisão, os atributos exigidos dos projetos para a infra-estrutura de transporte, esta tese procurou, desde o início, vincular esse objetivo com necessidades nacionais de maior amplitude. Assim, o tratamento dado aos fatores econômicos que interferem no crescimento e os conceitos associados à visão moderna do que deve ser o desenvolvimento sustentável, permitiram ao autor transitar por temas subjacentes e nem sempre percebidos quanto à infra-estrutura de transporte. Assim, questões como planejamento, comércio exterior, custos e investimentos em transporte, cadeia de suprimento e meio ambiente foram abordadas dentro das limitações de um trabalho que tinha, aparentemente, objetivo puramente racional. Buscou-se, com isso, lastrear o produto final com elementos que pudessem contribuir para a formação do conhecimento, no contexto do desenvolvimento sustentável, de técnicos que decidem, com frequência, sobre os rumos que devem ser seguidos na construção da infra-estrutura de transporte. A questão ambiental, por exemplo, não pode ser relegada a um plano acessório, como demonstrado pelos especialistas que, de alguma forma, foram cooptados para refletirem dentro dessa nova fronteira do conhecimento.

Ficou evidente, em face dos resultados alcançados na avaliação de empreendimentos, que o ponto crítico da aplicação de um método multicritério passa, necessariamente, pela avaliação qualitativa e inteligente das pessoas envolvidas. O tratamento quantitativo, por mais sofisticado que seja, demonstrou ser apenas um elemento facilitador da tarefa complexa de se lidar com grande número de variáveis. A definição dos atributos e da sua ponderação em função dos resultados estratégicos que se pretendeu alcançar foi o ponto crítico do processo e, na verdade, um marco para novas experiências sobre a realidade brasileira. A contribuição do procedimento elaborado foi a de dotar os planejadores de um simulador que os ajudará a medir e calibrar, de forma

iterativa, os elementos que devem influenciar na construção e manutenção de uma infraestrutura de transporte destinada a atender aos interesses nacionais.

A experiência produzida levou em conta não apenas fatores ligados aos aspectos ambientais, objeto de preocupação mundial, reforçada pela política agressiva que a ONU e os países desenvolvidos têm adotado, mas, também, aqueles mais próximos à realidade brasileira, carente de investimentos em infra-estrutura, particularmente no setor transporte, que possam conduzir o país ao desenvolvimento sustentável como definido no início deste trabalho.

Nesse sentido, o objetivo geral foi alcançado porque uma metodologia, baseada em procedimentos consagrados foi desenvolvida e testada nas condições existentes. A análise dos resultados demonstrou que os debates divulgados pela imprensa sobre as necessidades nacionais quanto à infra-estrutura de transporte, que seriam consideradas em termos de pesquisa científica, meras suposições, puderam ser confirmadas por uma metodologia racional. Isso não significa que tais resultados reflitam verdade absoluta. No entanto, propiciam aos planejadores e decisores de políticas públicas um espaço de questionamento, reflexão e enriquecimento do debate, tendo em vista concluírem o que é melhor para o país em termos de projetos voltados para uma infra-estrutura de transporte com viés de desenvolvimento sustentável.

A seguir, são apresentados os resultados alcançados em função do objetivo e das indagações propostas pela pesquisa.

(a) Manter a meta de priorizar os modos ferroviário e hidroviário interior, a fim de, gradativamente, equilibrar a matriz de transporte até alcançar padrões internacionais para um país com as dimensões do Brasil, como estabelecidos no PNLT para 2023. Algumas das conseqüências que poderão advir dessa ação estratégica são: a mitigação dos impactos ambientais pela emissão de CO₂, a redução dos custos internos de transporte para os produtos de baixo valor agregado, além de proporcionar melhores condições de mobilidade da população pela oferta de meios alternativos de transporte;

(b) Intensificar as medidas necessárias para a implantação, de fato, das parcerias público-privadas, como forma de viabilizar empreendimentos com elevado nível de investimentos, como é o caso das ferrovias. Grandes grupos empresariais do agronegócio, da mineração e de *clusters* industriais são atores que podem ser estimulados a participar desse processo de crescimento da malha de transporte, principalmente da ferroviária;

(c) Priorizar as conexões e todos os modos de transporte com os portos do litoral e do rio Amazonas, como forma de manter a competitividade mundial em termos de produtos primários, itens que ainda deverão permanecer por longo tempo como significativos na pauta de exportações. Essa política poderá estimular a navegação de cabotagem com fortalecimento do mercado interno e redução da dependência internacional, embora a participação do Brasil no comércio mundial continue baixa (em torno de 1%, segundo cálculo baseado nos dados do MDIC e da OMC).

(e) Disponibilização do procedimento misto TOPSIS/AHP para auxiliar na definição das prioridades. Esse procedimento está detalhado no capítulo 4 e aplicado, como descrito, no capítulo 5. O processamento dos dados do procedimento, no segmento TOPSIS, foi feito por meio de *software* específico (SITOP) desenvolvido para esta tese.

(d) Os projetos prioritários para um horizonte de 15 anos, definidos pelo processamento dos dados obtidos na pesquisa e apresentados no capítulo 5 são, entre outros, os que certamente se farão necessários ao longo desse período; muitos dos quais estão incluídos na lista dos 25 com maiores índices de prioridade (Tabela 5.8), destacando-se, como demonstrado na análise de resultados:

- Ferrovia Norte-Sul;
- Ferroanel de São Paulo, SP; tramo norte;
- Arco Rodoviário do Rio de Janeiro;
- Porto de Vila do Conde;
- Eclusas de Tucuruí;
- BR-163, Trecho entre Guarantã do Norte – MT e Rurópolis/Santarém – PA.

(e) Para o horizonte dos próximos 15 anos, os recursos mínimos necessários para implantar projetos prioritários para a infra-estrutura de transporte estão na ordem de 177,7 bilhões de reais, de acordo com os dados extraídos do PNLT, acrescidos de propostas existentes no Ministério dos Transportes sobre outros empreendimentos ferroviários.

Uma visão prospectiva, baseada nos resultados alcançados, na pesquisa realizada sobre o trabalho do Plano Nacional de Logística e Transportes e nos desafios do comércio exterior, é que o Brasil, dadas as suas características de tamanho, economia e recursos, entre os grandes países do mundo que alimentam a cadeia produtiva, não poderá continuar priorizando um único modo de transporte, principalmente quando este é, entre os terrestres, o mais dispendioso e agressivo ao meio ambiente.

O trabalho produzido poderá ser enriquecido se outras pesquisas forem realizadas sobre os atributos que devem ser considerados para estabelecer prioridades quanto ao planejamento de infra-estrutura. Para tanto será necessário ampliar o uso de recursos da tecnologia de informação no processamento de grande quantidade de variáveis de origem qualitativa.

Finalmente, é imperioso ressaltar que não apenas o setor de transporte deve ser objeto de pesquisas quanto a projetos a ser implantados, mas, também, os de energia, de saúde, de educação, de segurança, de habitação e outros que fazem parte da matriz do desenvolvimento sustentável brasileiro.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALICEWEB, 2007, *Banco de Dados sobre comércio exterior*, Ministério da Indústria e Comércio Exterior - MDIC.

ANTAQ – Agência Nacional de Transporte Aquaviário, “Transporte multimodal”, 5º *Seminário de Transporte e Desenvolvimento Hidroviário Interior*, SOBENA, Brasília, 2007, <http://www.antaq.gov.br>, acesso em 10/10/2007.

ANTF – Agência Nacional de Transporte Terrestre. <http://www.antt.gov.br>, acesso em 11/10/2007.

BANCO CENTRAL DO BRASIL, Ministério da Fazenda, Governo Federal, COPOM – Comitê de Política Monetária, Brasília, DF, setembro 2007.

BANCO CENTRAL DO BRASIL, Ministério da Fazenda, Governo Federal, “Relatório de atividades”, Brasília, DF, 2006.

BANCO MUNDIAL, The International Bank for Reconstruction and Development, “Doing business”, Washington, DC, USA, 2007.

BANISTER, David, 2002, *Transport Planning*, 2nd ed., Londres, Inglaterra, E & FN Spon.

BARON, J., 2004, *Handbook of Judgment and Decision Making*. University of Pennsylvania,.

BAUCHET, Pierre, 1998, *Les transports mondiaux, instrument de domination*, França, Economica.

BAYES, T. “An essay towards solving a problem in the doctrine of chances”, *Biometrika*, partes 3 e 4, v. 45, pp. 293-315, 1958. Artigo publicado originalmente em *The Philosophical Transactions*, v. 53, pp. 370-418, 1763.

BEASLEY, J.E., 1984, “Forecasting environmental protection legislation using cross-impact analysis”, *Long Ranging Planning*, v. 17, pp. 132-138.

BELL, David E., RAIFFA, Howard, TVERSKY, Amos, 1988, *Decision Making: Descriptive, Normative, and Prescriptive Interactions*, New York, Cambridge University Press.

BENAYOUN, R., ROY, B., SUSSMAN, B., 1966, “Electre: une methode pour guider le choix en presence de points de vue multiples”, *Direction Scientifique*, Nota de trabalho n° 49, SEMA, Paris, França.

BRANS, J.P., MARESCHAL, B., 1992, “PROMETHEE V: MCDM problems with segmentation constraints”, *INFOR*, n° 30, pp. 85-96.

_____, VINCKE P., 1984, “PROMETHEE: a new family of outranking methods in multicriteria analysis”. In: Brans, J.P. (ed.), *Operational Research*, n° 84, pp. 408-421, Amsterdam, Holland.

BRASIL, Governo Federal. Ministério da Fazenda, Secretaria do Tesouro Nacional, “Resultado do Tesouro Nacional”, Brasília, DF, agosto 2007.

_____, Governo Federal. “Programa de Aceleração do Crescimento 2007-2010”, Brasília, DF, 2007.

_____, Governo Federal. Ministério da Fazenda, Secretaria do da Receita Federal, “Estudos Tributários 15”, Brasília, DF, agosto 2006.

_____, Governo Federal. “PAEG – Plano de Ação Econômica do Governo”, Brasília, DF, 1964.

_____, Governo Federal. BRASIL, Governo Federal. Secretaria da Receita Federal, Ministério da Fazenda. Resoluções n°s 79 e 80. Brasília, DF, 2004.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos, 2006, “Substituição de poupança interna pela externa e seu universo: o caso do Brasil”, artigo submetido à *Revista de Economia Contemporânea*.

BRITO, Paulo, 2004, *Economia Brasileira: planos econômicos e políticas econômicas básicas*, 2ª ed., São Paulo – SP, Atlas.

BURSTYN, Marcel, 2001, *Ciência, ética e sustentabilidade: desafios ao novo século*, 2ª ed., Brasília – DF Unesco.

CARVALHO, José Crespo, 2003 *Logística, supply chain & network management*, Lisboa, Portugal, AdLitteram.

CHARNES, A. & COOPER, W.W., 1961, *Management models and industrial applications of linear programming*, v.1, Nova York, Wiley & Sons.

CHEN, K., JARBOE, K., WOLFE, J., 1981, “Long-range scenario construction for technology assessment, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 20, pp. 27-40.

CHEN, S.J., HWANG, C.L., 1992, “Fuzzy multiple attribute decision making: methods and applications”, *Lecture notes in economics and mathematical systems*, v. 375, Springer-Verlag, New York, USA.

CHEN, MEI-FANG, TZENG, GWO-HSHIUNG, 2004, “Combining grey relation and TOPSIS concepts for selecting an expatriate host country”, *Mathematical and computer modelling*, v.. 40, pp.1473-1490.

CHRISTOPHER, Martin, 1997, *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos; estratégias para a redução de custos e melhoria dos serviços*, São Paulo, Pioneira.

COM CIÊNCIA – Revista Eletrônica de Jornalismo Científico. SBPC – Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. (www.comciencia.br), acesso em 13/12/2007.

CONTAINERISATION INTERNATIONAL, 2002. (www.ci-online.co.uk), acesso em 17/04/2006.

COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, 2006, *Emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis: abordagem top-down*, Rio de Janeiro.

2006a, *Emissões de dióxido de carbono por queima de combustíveis: abordagem bottom-up*, Rio de Janeiro.

DIDIER, Michel, PRUD'HOMME, Rémy, 2007, *Infrastructures de transport, mobilité et croissance*, Paris, La Documentation française.

DNIT – Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes. www.dnit.gov.br, acesso em 21/08/2007.

DOMAR, Evsey, 1946, *Capital Expansion, Rate of Growth and Employment, Econometrica*.

EIA – Energy Information Administration, Annual Energy Outlook, 2007. <http://www.eia.doe.gov/>, acesso em 09/09/2007.

ENZER, S., 1970, “A case study using forecasting as a decision-making aid”, *Futures*, v. 2, pp. 341-362.

_____, 1971, “Delphi and cross-impact techniques: an effective combination for systematic futures analysis”, *Futures*, v.3, pp. 48-61.

ERLENKOTTER, Donald., 1990, “Ford Whitman Harris and the economic order quantity model”, *Operations Research*, v. 38, nº 6, pp. 937-946.

ESTADO DE SÃO PAULO (2007), País não detém desmate e permanece entre campeões de emissão de CO₂, edição 07/11/2007.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda, 1986, *Novo dicionário da língua portuguesa*, 2^a ed., Rio de Janeiro, Nova Fronteira.

FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, www.fiesp.com.br acesso em 13/11/2007.

FIPE – Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, USP, 2007, www.fipe.org.br, acesso em 18/10/2007.

FISHBURN, P., LAVALLE, I., 1999, “MCDA: theory, practice and the future”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 8 , nº 1, pp. 1-2.

FONTELA, Emilio, RUEDA-CANTUCHE, José M., 2004. *Linking cross-impact probabilities scenarios to input-output models*, Madrid, Instituto L.R.Klein – Centro Stone, Universidade Autónoma de Madrid.

FRENCH, S., XIE, Z., 1994, “A Perspective on Recent Developments in Utility Theory.” pp. 15-31 in S. Ríos, ed., *Decision Theory and Decision Analysis: trends and challenges*. Norwell, Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.

FRIEDMAN, Thomas, 2005, *O mundo é plano – uma breve história do século XXI*, Rio de Janeiro, Objetiva.

GARCIA, Paulo Francisco Britto, 2002, *A “procustomania” na elaboração e gestão do PPA 2000-2003: a prática determinística inconsciente preside a formulação do plano – o planejamento estratégico situacional como ferramenta de governo*. Dissertação de Mestrado, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, Brasil.

GAZETA MERCANTIL, 13/09/2002.

GIAMBIAGI, Fábio, 2006, “Cenários para a relação dívida pública/PIB: simulações e perspectivas de redução da carga tributária e da relação gasto corrente/PIB”, *Revista do BNDES*, v. 13, nº 26, pp. 163-190, Rio de Janeiro.

_____, 2007, *Brasil – raízes do atraso, paternalismo versus produtividade*, Rio de Janeiro, Brasil, Campus.

GIOVANNINI, Enrico, LINSTER, Myriam, 2005, “Measuring sustainable development: achievements and challenges”, Paris, França, *OECD – Organisation for Economic Co-operation and development*.

(www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/egmIndicators/crp5.pdf) Acesso em 12/08/2007.

GODET, M., 2001, *Creating futures: Scenario Planning as a strategic management tool*, London, Economica.

_____, Michel, 1993, *Manual de prospective estratégica: da antecipação à ação*. Lisboa, Dom Quixote.

GOICOECHEA, A., HANSEN, D.R., DUCKSTEIN, L., 1982, *Multiobjective decision Analysis with engineering and business*, Canadá, John Wiley & Sons.

GONZALEZ, Julio, GUASCH, Jose Luis, SEREBRISKY, Tomas, 2007, *Latin America: Addressing High Logistics Costs and Poor Infrastructure for Merchandise Transportation and Trade Facilitation*, Washington, D.C., The World Bank.

GORDON, T. J., AMENT, R.H., 1969, *Forecasts of some technological and scientific development and their social consequences*, Middletown, Conn., The Institute for the Future.

_____, HAYWARD, H., 1968 “Initial experiments with the cross impact matrix method of forecasting”, *Futures*, v. 1, nº 2, pp. 100 -116.

GORDON, Theodore Jay, 1994, *Cross-Impact Method, futures research methodology*, The Millennium Project, Washington, D.C., American Council for the United Nations University.

GUASCH, J.L., KOGAN, J., 2006, “Inventories and logistics costs in developing countries: levels and determinants – a red flag for competitiveness and growth”, *Revista de la Competência y de la Propriedad Intelectual*, Lima, Peru.

GÜLFEM, ISILAR, BÜYÜKÖZKAN, GÜLÇİN, 2007, “Using a multi-criteria decision making approach to evaluate mobile phone alternatives”, *Computer Standards & Interfaces*, vol. 29, pp. 265-274.

HACKING, I, 1975, *The emergence of probability*, New York, Cambridge University Press.

HARROD, Roy Forbes, 1939, “An essay in dynamic theory”, *Economic Journal* *IL*, pp.14-33.

HELMER, O., 1981, “Reassessment of cross-impact analysis”, *Futures*, v.13, nº 5, pp. 389-400.

HILLIER, F.S. e LIEBERMAN, G.J., 1988, *Introdução à pesquisa operacional*, tradução Lemos, H.L., São Paulo, Campus USP.

HIPEL, 1992, “Multiple objective decision making in water resources”, *Water Resources Bulletin, AWRA*, v. 28, nº 1, pp. 3-12.

HROMKOVIC, Juraj, 2001, *Algorithmics for hard computing problems: introduction to combinatorial optimization, randomization, approximation and heuristics*, 2nd ed., New York, Springer.

HWANG, C.L., LAI, Y.J., LIU, T.Y., 1993, “A new approach for multiple objective decision making”, *Computers and Operation Research*, n° 20, pp. 889-899.

_____, YOON, K., 1981, *Multiple attribute decision making; methods and applications*, Lecture Series in Economics and Mathematical Systems, Berlin, Germany, Springer-Verlag,.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Pesquisa Mensal de Emprego, agosto 2007. www.ibge.gov.br, acesso em 20/06/2006.

_____, www.ibge.gov.br, acesso em 20/06/2006. Dados de 2000

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate. <http://www.ipcc.ch/> , acesso em 13/12/2007

IGNIZIO, J., 1976, *Goal programming and extentions heath*, Lexington, Massachusetts Lexington Books,.

JANIC, Milan, REGGIANI, Aura, 2002, “An application of the multiple criteria decision making (MCDM) analysis to the selection of a new hub airport”, *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, v. 2, n° 2, p.113

KAHRAMAN, Cenzis et al., 2007, “Hierarchical fuzzy TOPSIS model for selection among logistics information technologies”, *Journal of Enterprise Information Management*, v. 20 n° 2, pp. 143-168.

KANITZ, Stephen, 2003, “Salvem as florestas temperadas”, *VEJA*, Editora Abril, n° 1823, p.22.

KAYA, Y., ISHIKAWA, M., MORI, S., 1979, “A revised cross-impact method and its application to the forecast of urban transportation technology”, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 14, pp. 243-257.

KEENEY, R.L. & RAIFFA, H., 1976, *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs*, Nova York, John Wiley & Sons.

KOOPMANS, T.C., 1951, “Activity analysis of production and allocation”, Cowles Commission for Research in Economics, monografia n° 13, Wiley & Sons, Nova York.

KUMARASWAMY, M.M. et al., 2004, “Empowering collaborative decisions in complex construction project scenarios”, *Engineering, Construction and Architectural Management*, v. 11, n° 2, pp. 133-142

LEE, S.M., 1972, *Goal programming for decision analysis*, Filadélfia, USA, Auerbach.

LEWE, Jung Ho, 2005, *An Integrated decision-making framework for transportation architectures; application to aviation systems design*,. PhD. dissertation, School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.

LIANG, Tien-Fu, 2007, *Application of fuzzy linear programming to transportation planning decision problems with multiple fuzzy goals*, Taichung, Taiwan, Department of Industrial Management.

LIECHTI, Markus, 2002, *Safe and sustainable freight transport – our common challenge*, Bruxelles, Bélgica, European Federation for Transport and Environment.
www.t-e.eu

LIN, MING-CHYUAN *et al*, “Using AHP and TOPSIS approaches in customer-driven product design process”, *Computers in industry*, vol.59, p.17-31.

LINSTONE, H.A., THUROFF M., 1975 “Introduction to the Delphi method: techniques and applications”, *Addison-Wesley Publishing Company*, Readind, MA – USA, pp. 3-12.

LOVERIGE, D., 1999, "Foresight and Delphi processes as information sources for scenario planning, ideas in progress", paper nº 11, PREST, Manchester, disponível em http://les.man.ac.uk/PREST/People/Staff/Denis_Loverige.html#ideas

LOOTSMA, F., 1999, "The expected future of MCDA", *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, v. 8 nº 2, pp. 59-60.

_____, 1990, "A multiplicative variant of the analytic hierarchy process", *Report of the Faculty of Technical Mathematics and Informatics*, nº 90-45, Delft University of Technology. .

MACULAN FILHO, Nelson e CAVALCANTI NETTO, Maria Aparecida, 2001, "Cadeias de suprimento". In: Nassi et al.,(eds). *Transportes em rede*, Rio de Janeiro, FINEP.

MARCIAL, Elaine Coutinho, GRUMBACH, Raul J., 2006, *Cenários Prospectivos – como construir um cenário melhor*, 4ª ed., Rio de Janeiro, Editora FGV.

MARX, K., escrito entre 1857 e 1861, *Outlines of the Critique of Political Economy* ., publicado em alemão entre 1939 e 1941. Traduzido para o inglês em 1973, por Martin Nicolaus e disponibilizado em HTML na Internet, em 2002.

MATUS, Carlos, 1997, *Política, Planejamento & Governo*, Tomos I e II, Brasília – DF, IPEA.

MAYS, L.W. & TUNG, Y.K., 1992, *Hidrosystems & management*, Nova York McGraw-Hill.

MENEZES, R., SILVA, Renaud Barbosa, LINHARES, Alexandre., (2007), "Leilões eletrônicos reversos multi-atributo: uma abordagem de decisão multicritério aplicado às compras públicas brasileiras", *Revista de Administração Contemporânea*, v. 11, nº 3, julho-setembro, Rio de Janeiro – RJ.

MIETTINEN, K., 1999, *Nonlinear multiobjective optimization*, Boston, MA, USA, Kluwer Academic Publishers.

MITCHELL, R.B., TYDEMAN, J., GEORGIADES, J., 1979, “Structuring the future: application of a scenario-generation procedure”, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 14, pp. 409-428.

MONIÉ, Frédéric, VIDAL, Soraia Maria S.C., 2006, “Cidades, portos e cidades portuárias na era da integração produtiva”, *Revista de Administração Pública*, v. 40, n° 6, pp. 975-995.

MONTEIRO, Jorge Vianna, 2007, “O lado escuro da escolha pública”, *Revista de Administração Pública*, v. 41, n° 3, pp. 585-596, maio-junho.

MOURA, Alkimar R. (org), 2007, *Paeg e Real - Dois planos que mudaram a economia brasileira*.

MULLEN, Penelope M., 2003, “Delphi: myths and reality”, *Journal of Health Organization and Management*, v. 17, n° 1, pp. 37-52

NOVARKY, E., LORANT, K., 1978, “A method for the analysis of interrelationships between mutually connected events: a cross impact method”, *Technological Forecasting and Social Change*, v. 12, pp. 210-212.

NOVAES, Antônio Galvão, 2004, *Logística e Gerenciamento da cadeia de distribuição*, 2ª ed., Rio de Janeiro, Campus,.

NUNAMAKER, J. F., APPLGATE, Lynda M., KONSZYNSKI, 1988, “Computer-Aided Deliberation: Model Management and Group Decision Support” *Operations Research*, v. 36, n° 6 (Nov. - Dec., 1988), pp. 826-848.

O ESTADO DE SÃO PAULO; 07/11/2007 País não detém desmate e permanece entre campeões de emissão de CO₂.

OMC – ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO. *Relatório anual 2006*.

ONU – COMISSÃO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório Brundtland, abril 2007.

http://www.un.org/esa/sustdev/csd/csd15/media/backgrounder_brundtland.pdf Acesso em 15/08/2007.

PAPADASKALOPOULOS & KARAGANIS, 2005, “The spatial impacts of Pan-European transport axes: city clusters formation in the Balkan área and developmental perspectives”, *Transport Policy*, . v. 12, pp. 488-499.

PASINETTI, Luigi L., 1960, “A mathematical formulation of the Ricardian system”, *The Review of Economic Studies*, v. 27, nº 2, pp. 78-98.

PIRES, S., 1988, “Gestão da cadeia de suprimentos e o modelo de consórcio modular”, *Revista de Administração da USP*, São Paulo, USP, v. 33, nº 3, jul-set.

PNLT - PLANO NACIONAL DE LOGÍSTICA E TRANSPORTES, 2007. Relatório Executivo. Ministério dos Transportes, Ministério da Defesa, Brasília, DF.

PNUD – PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO, www.pnud.org.br/pobreza_desigualdade/ . Acesso em 10/10/2007.

RAIFFA, H, 1994, ‘The prescriptive orientation of decision making: a synthesis of decision analysis, behavioral decision making and game theory. In: S.Rios, ed., *Decision Theory and Decision Analysis; trends and challenges*, Norwell, Mass., Kluwer Academic Publishers, pp.15-31.

RIETVELD, Piet, 1994, “Spatial economic impacts of transport infrastructure supply”, *Transportation Research - Part A*, v. 28A, nº4, pp. 329-341.

RIKKONEN, Pasi, KAIVO-OJA, Jari, AAKKULA, Jyrki, 2006, “Delphi expert panels in the scenario-based strategic planning of agriculture”, *Foresight*, v. nº 1. 2006, pp. 66-81.

ROSTOW, W.W., 1960, *The stages of economic growth: a non-communist manifesto*, Cambridge University Press,.

SAATY, Thomas L., 2006, *Fundamentals of decision making and priority theory*, 2nd ed., Pittsburgh, PA, USA, RSW Publications.

_____, T.L., 1991, *Método de Análise Hierárquica*, São Paulo, Brasil, McGraw-Hill.

_____, 1980, *The analytic hierarch process*, Nova York, McGraw-Hill.

SACKMAN, H., 1975, “Summary evaluation of Delphi”, *Policy Analysis*, v.1, nº 4, pp. 693-718.

_____, 1974, *Delphi Assessment: Expert Opinion, Forecasting and Group Process*, R-1283-PR, Santa Monica, CA, Rand Corporation.

SAGHAFIAN, Soroush, HEJAZI, S. Reza, 2005, “Multi-criteria group decision making using a modified fuzzy TOPSIS procedures”, In: proceedings of International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, Computer Society.

SALOMON, Valério P., MONTEVECHI, José Arnaldo B., PAMPLONA, Edson O., 1999, “Justificativa para aplicação do método de análise hierárquica”, 19º Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro.

SAMUELSON, Paul Anthony, 1947 *Foundations of Economic Analysis*, Harvard University Press.

SAVAGE, L.J., 1954, *The foundations of statistics*, New York, Wiley,.

SCAPOLO, Fabiana & MILES, Ian, 2006, “Eliciting experts’ knowledge: a comparison of two methods”. *Tecnological Forecasting and Social Change*. Vol.73, pp. 679-704.

_____, 1999, *Prospective on environmental consequences of changes in urban transportation – comparison of two methods eliciting experts’ knowledge*. PhD. dissertation, Manchester University, Manchester, UK.

_____, 1996, “Futures of transport telematics technologies: results of a SMIC inquiry”, *European Comission – Joint Research Centre – Institute for Prospective Technological Studies*.

SCHALANGE, Lutz, JÜTTNER, 1997, “Helping managers to identify the key strategic issues”, *Long Range Planning*, v.30, n° 5, pp. 777-786.

SCHEU, JIUH-BIING, 2008, “A hybrid neuro-fuzzy analytical approach to mode choice of global logistics management”, *European Journal of Operational Research*, vol. 189, pp. 971-986.

SCHOPENHAUER, Arthur, 2006, *A arte de escrever*, tradução, organização, prefácio e notas de Pedro Süssekind, Porto Alegre, LP&M.

SEASSARO, Loredana, “O sistema portuário italiano: privatização, operadores transnacionais e recomposição da relação porto-cidade”, In: Cocco, G, Silva, G (Orgs), *Cidades e portos: os espaços da globalização*, DP&A, Rio de Janeiro, 1999.

SILVA, Suely Braga, 2007, “50 anos em 5: a odisséia desenvolvimentista do Plano de Metas”, FGV-CPDOC. www.cpdoc.fgv.br/nav_jk/htm/O_Brasil_de_JK/ . Acesso em 08/09/2007.

SIFRECA, Sistema de Informações de Fretes – ESALQ/USP. <http://sifreca.esalq.usp.br/sifreca> . Acesso em 10/10/2007.

SIMON, H., 1955 “A Behavioral Model of Rational Choice”. *Quarterly Journal of Economics*, v. 69, pp. 99-118.

SIMONSEN, Mário Henrique, 1993, “A teoria do crescimento em retrospecto”, . In: Fioravante, M., Faria, L.V. (eds), *A última década – ensaios da FGV sobre o desenvolvimento brasileiro nos anos 90*, Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas.

SOLOW, Robert, 1957, Technical change and the aggregate production function, New York.

SOO, HOUNG Y., TEODOROVIC, Dusan, COLLURA, John, 2006, “A DSS framework for advanced traffic signal control system investment planning” *Journal of Public Transportation*, v. 9 nº 4. pp. 87-106.

SULLIVAN, G. William, CLAYCOMBE, W. Wayne, 1977, *Fundamentals of Forecasting*, Reston, Virginia, Prentice-Hall.

TEODOROVIC, D., 1994, “Fuzzy sets theory applications in traffic and transportation”, *European Journal of Operational Research*, v. 74, pp.379-390.

THOMAS, Victoria Katherine, 2007, *A method for scenario-based risk assessment for robust aerospace systems*, PhD. dissertation, School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.

TRIANANTAPHYLLOU, E., 2000, “Multi-criteria decision making methods: a comparative study”, *Applied Optimization*, v. 44, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA.

TSAMBOULAS, Dimitrios, 2007, “A tool for prioritizing multinational transport infrastructure investments”. *Transportation Policy*. vol.14, pp. 11-26.

TSAURM SHENG-HSHIUNG, CHANG, TE-YI, YEN, CHANG-HUA, 2002, “The evaluation of airline service quality by fuzzy MCDM”, *Tourism Management*, vol.23, pp. 107-115.

TSENG, GWO-HSHIUNG, LIN, CHENG-WEI, OPRICOVIC, SERAFIM, 2005, “Multi-criteria analysis of alternative-fuel buses for public transportation”, *Energy Police*, vol.33, pp. 1373-1383.

UNCTAD - UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, Trade and development report 2007, United Nations, 2007.

UNEP – UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, UNEP 2006 *Annual Report*, 2007.

VARGAS, L.G., 1990, “An overview of the Analytic Hierachy Process and its applications”, *European Journal of Operational Research*, v. 48, pp. 2-8.

VERHULST, Eric, VREYMANS, Paul, DE WITT, Willy, entrevista concedida a WorkForAll (www.workforall.org). Acesso em 10/10/2007.

VIEIRA, Flávio Vilela (2006), “China: crescimento econômico de longo prazo”, In: *Revista de Economia Política*, v. 26, nº 3, pp. 401-242.

VON NEUMANN, J., MORGENSTERN, O., 1947, *Theory of Games and Economic Behaviour*. 2nd. ed., New Jersey, USA, Princeton University Press.

VOOREN, F.W.C.J., 2004, “Modelling transport in interaction with the economy”, *Transportation Research - Part E*, Vol.40, pp. 417- 437

YOON, Paul K., HWANG, Ching-Lai, 1995, *Multiple attribute decision making; an introduction*, Thousand Oaks, CA, USA, Sage Publications.

YOON, K., 1987, “A reconciliation among discrete compromise situations”, *Journal of Operational Research Society*, n° 38, pp. 21-30.

WOOD, Donald F. *et al.*, 1995, *International Logistics*, New York, Chapman & Hall.

WU, Cheng-Ru, LIN, Chin-Tsai, LIN, Yu-Fan, 2008, *Selecting the preferable bancassurance alliance strategic by using expert group decision technique*, Expert Systems Applications. www.elsevier.com/locate/eswa.

YANG, Taho, CHEN, Mu-Chen, HUNG, Chih-Ching, 2007, “Multiple attribute decision-making methods for the dynamic operator allocation problem”, *Mathematics and Computers in Simulation*, v. 73, pp. 285-299.

ZIETSMAN, Josias, RILETT, Laurence R., KIM, Seung-Jun, 2006, “Transportation corridor decision-making with multi-attribute utility theory”, *International Journal of Management and Decision Making*, vol.7, n° 2/3.

ZUFFO, Antonio Carlos, 1998, *Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos*, tese de doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.

Apêndice A – Questionários para a pesquisa de campo

Pesquisa sobre metodologia para avaliação de prioridades na execução de projetos da infra-estrutura de transporte no Brasil

Pesquisador: *Renaud Barbosa da Silva*, aluno do curso de doutorado da Coordenação dos Programas de Pós-graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE/UFRJ (renaud@peno.coppe.ufrj.br)

1 . Apresentação

A pesquisa visa à aplicação de método de avaliação para identificar empreendimentos prioritários que possam contribuir para a implantação de uma infra-estrutura de transporte no Brasil. É esperado que os projetos escolhidos com o auxílio dessa metodologia:

- ✓ Criem condições para equilibrar a matriz de transportes de carga no Brasil, reduzindo a dependência da modalidade rodoviária com o aumento da participação dos modos ferroviário e aquaviário, principalmente para a movimentação de cargas com grande volume e baixo valor agregado;
- ✓ Promovam, junto com projetos de outras áreas, o desenvolvimento sustentável do país;
- ✓ Atendam às necessidades de inclusão social da população.

2. Definição de termos

Avaliação multicritério – procedimento de avaliação que considera dados qualitativos de pesquisa, ponderados quantitativamente e processados por meio de um método racional. Existem diversos métodos disponíveis, entre eles, AHP e TOPSIS.

AHP (*Analytical Hierarch Process*) – técnica empregada no processo decisório, baseada na comparação qualitativa de pares de atributos (por exemplo, construção de uma rodovia em comparação com o impacto ambiental correspondente) de uma matriz, que permite obter coeficientes de avaliação com medição de consistência da avaliação efetuada. Em geral esse método exige o emprego de *software* específico para a resolução do problema.

Desenvolvimento sustentável – conceito relacionado à qualidade e à quantidade de crescimento com atendimento aos requisitos econômico, ambiental e social.

TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*) – método de avaliação multicritério que produz um coeficiente de prioridade a partir de avaliação qualitativa sobre determinada amostra. É de aplicação relativamente simples, com o emprego de planilhas eletrônicas, funcionando, na prática, como um simulador.

3. Características dos instrumentos de pesquisa

A pesquisa adota metodologia participativa, com o levantamento de informações, junto a especialistas, realizado em três etapas:

1ª etapa – Questionário nº 1 – coleta de informações individuais sobre os atributos que devem ser avaliados, sobre a ordem de grandeza deles (ponderação) e sobre os empreendimentos que os respondentes consideram prioritários para a construção de uma infra-estrutura logística de transporte;

2ª etapa – Questionário nº 2 – avaliações individuais (método TOPSIS) sobre um número limitado de projetos considerados prioritários de acordo com avaliação feita pelos respondentes do questionário nº 1.

3ª etapa – Questionário nº 3 – avaliações individuais (método AHP) sobre um número limitado de projetos considerados prioritários pela aplicação do método TOPSIS.

4. Premissa básica

Para se alcançar o desenvolvimento sustentável é esperado que os empreendimentos relacionados à infra-estrutura de transporte sejam planejados e executados para: (i) produzir impacto social de monta, principalmente quanto à geração de empregos e melhoria da qualidade de vida da população; (ii) executar projetos em prazo compatível com as necessidades imediatas; (iii) incorrer em custos estimados que levem conta a escassez de recursos disponíveis para investimentos; (iv) oferecer o menor impacto ambiental possível.

QUESTIONÁRIO Nº 1

Primeira solicitação:

Atributos são características específicas de uma atividade, de uma área ou de uma classificação qualquer. Por exemplo, a profundidade de um canal é um atributo que poderá ser objeto de avaliação. Para o propósito desta pesquisa, quanto à escolha de atributos que deverão ser avaliados por um método a ser aplicado, são listadas, a seguir, propostas para alguns deles.

Marque com um “X” os atributos que devem ser empregados na avaliação dos projetos que devem receber prioridade. Se desejar, inclua na última linha um atributo que considerar importante para a avaliação.

Atributos	
Escoamento da produção local	
Execução em curto prazo	
Acessos a portos em geral	
Impacto ambiental	
Recuperação de passivos ambientais	
Atração de novos negócios	
Capacidade de conexão intermodal	
Relação custo/benefício do empreendimento	
Bem-estar social, inclusive saúde e educação	
Funcionamento como corredor de transporte	
Geração de empregos	
Fixação da população local	

Segunda solicitação:

Consulte a listagem de projetos incluídos no PAC – Programa de Aceleração do Crescimento e indique os que considera prioritários para que se construa uma infraestrutura de transporte compatível com as necessidades brasileiras tendo em vista o alcance do desenvolvimento sustentável. Você deverá indicar até nove empreendimentos, inclusive aqueles fora da listagem do PAC, mas que considerar importantes para os o objetivo definido nesta pesquisa. Para cada projeto listado, indique, ao lado, o grau de importância (1 para o mais importante, 2 para o segundo e, assim por diante até 9, o menos importante em sua opinião).

Projetos	Grau de Importância

Muito obrigado pela colaboração!

QUESTIONÁRIO Nº 2

Solicitação:

A lista apresentada, a seguir, contém 60 (sessenta) empreendimentos considerados prioritários em uma primeira avaliação que selecionou 168 (cento e sessenta e oito) propostas apresentadas pela tabulação dos dados fornecidos pelo questionário nº 1. Nesta oportunidade, empregue os seguintes critérios para avaliar cada um dos empreendimentos, respondendo à questão: Qual é o meu grau de concordância com o critério?

Critério	Valor
Baixíssimo	1
Muito baixo	2
Baixo	3
Moderadamente baixo	4
Médio	5
Moderadamente alto	6
Alto	7
Muito alto	8
Altíssimo	9

Empreendimentos	Oferece conexão intermodal	Gera empregos diretos e indiretos	Contribui para o bem-estar social	Tem pouco impacto ambiental	Recupera passivos ambientais	Apresenta custos reduzidos	Prevê curto prazo de execução
Porto Vila do Conde-PA, ampliação							
BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA							
Eclusas Tucuruí, PA, construção							
Ferrovia Norte-Sul, TO							
BR-364/ AC, construção e pavimentação							
BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis							
BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA							
BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis							
Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú							
Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços							
BR-135/ PI/BA/MG, pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG							
Ferrovia Nova Transnordestina							
BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém							
Porto de Suape, PE, acesso							
Ferrovia, BA, variante Camaçari - Aratu							
Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas							
BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI							
BR-135: Formosa do Rio Preto-BA a Cristalândia-PI							
Retificação do ramal ferroviário Juazeiro-Aratú							
BR-101/ ES: adequação de capac. div. RJ/ES, incluindo contorno Vitória-ES							
BR-381, MG: duplicação Belo Horizonte-Gov.Valadares							

BR-153, 365/MG: duplicação divisa GO-MG (Trevão Uberlândia)							
Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ							
Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem							
Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)							
Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte							
Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul							
Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem							
Contorno ferroviário de Araraquara, SP							
BR-381/ES: pavimentação do trecho Divisa ES/MG-Governador Valadares							
BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES							
Contorno ferroviário de Patrocínio							
BR-465/RJ: Duplicação do trecho Av. Brasil-Entr. BR-116							
BR-494/RJ: Construção do trecho Volta Redonda - Angra dos Reis							
Ferroanel do contorno de São Paulo: Tramo Sul							
BR-116/PR: contorno Leste de Curitiba, PR							
Corredor ferroviário Oeste PR: ampliação capacidade							
Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços							
Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços							
Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC							
BR-101/SC-ES: duplicação trecho Palhoça, SC-Osório, RS							
Porto de Rio Grande, RS: ampliação de molhes e serviços dragagem							
BR-101/PR: Antonina a BR-277-PR (Rodoferroviária)							
Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba							
BR-116/PR: Duplicação do trecho Curitiba-Divisa PR/SC							

BR-101/SC: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis							
BR-280/SC: Continuação da duplicação do trecho Corupá-Mafra							
Contorno ferroviário de Jaraguá do Sul							
BR-116/392/RS: Contorno de Pelotas							
Contorno Ferroviário de Pelotas							
BR-163/364, MT: duplicação trecho Rondonópolis-Cuiabá-Porto Gil							
BR-158/MT: pavimentação Ribeiro Cascalheira,MT-Divisa PA							
BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis							
BR-158-MS/SP: construção ponte Paulicéia, SP-Brasilândia, MS							
Ferrovias Norte-Sul: trecho Anápolis (porto seco)-Uruaçu							
Ferrovias Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis							
Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem							
Construção e paviment. da MT-100, trecho Barra do Garças - Alto Araguaia							
BR-060/364/GO: Duplicação do trecho Goiânia - Divisa GO/MT							
BR-060/153/GO: Anel viário de Goiânia							

Muito obrigado pela colaboração!

QUESTIONÁRIO Nº 3

Solicitação:

O formulário apresentado, a seguir, é uma matriz AHP. Deverá ser preenchida para cada um dos 30 (trinta) empreendimentos considerados prioritários, com base na avaliação feita no questionário 2.

Instruções para preenchimento:

Compare a atividade da primeira coluna, à esquerda, com a atividade da primeira linha superior. Atribua o grau de importância, com base na escala de Saaty, que considere adequado na sua avaliação. Por exemplo, se considerar que a Conexão intermodal não tem muita importância para a geração de empregos atribua um valor baixo (1, 2 ou 3). Ao contrário, quando considerar que a atividade da coluna é muito importante em relação à da linha, atribua valor elevado.

Escala de Saaty

Valor	Definição	Interpretação
1	Igualmente importante	Os dois atributos tem o mesmo grau de influência
3	Um pouco mais importante	Um atributo de decisão tem um pouco mais de influência que o outro
5	Mais importante	Um atributo de decisão tem mais influência o outro
7	Muito mais importante	Um atributo de decisão tem muito mais influência o outro
9	Extremamente mais importante	A diferença entre as influências dos dois atributos de decisão é extremamente significativa
Avaliação intermediária	Há dúvidas entre um e outro valor da importância dada	2, 4, 6, 8

Matriz AHP (adaptada de Saaty)

	Atributos (atividades)	Conexão inter-modal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Acesso a portos	Custos	Prazo de execução
Descrição do empreendimento avaliado	Conexão intermodal	1						
	Geração de empregos	1	1					
	Bem-estar social			1				
	Impacto ambiental				1			
	Acesso a portos					1		

Muito obrigado pela colaboração!

Apêndice B – Levantamento dos projetos prioritários

Matriz Geral

Levantamento qualitativo preliminar

Abrangência: todo o País

187

Empreendimentos levantados	Modo	Prioridades iniciais				
		1	2	3	4	5
BR-319:AM - Construção de pontes de concreto	R	☰				
BR-230: PA - Construção de pontes de concreto	R		☰			
BR-230-PA: Construção de ponte sobre o rio Araguaia	R	☰				
BR-156-AP - do Jari - ent. BR-210-AP-Sul	R		☰			
BR-429: RO - Implantação	R	☰				
BR-421: Implantação	R		☰			
Implantação do Complexo Hidroviário RO	H			☰		
BR-364: AC - Recuperação de divisa a divisa	R				☰	
Ligação Ferronorte até o Terminal Hidroviário RO	F					☰
BR-235: Corredor SE- BA - PE - PI e Porto de Sergipe	R	☰				
BR-010: Implantação - trecho ap. Rio Negro - divisa TO-MA	R	☰				
BR-235: Implantação da rodovia - trecho Pedro Afonso - divisa TO-MA	R			☰		
BR-242: Implantação da rodovia - trecho Taguatinga – Peixe	R				☰	
BR-153: Restauração - divisa TO-GO - divisa TO-PA km 72	R					☰
BR-226: Restauração da rodovia - divisa TO – MA	R	☰				
BR-230-MA: Adequação - Barão de Juazeiro – Estreito	R		☰			
BR-135-MA: Estiva- Miranda - duplicação do acesso a São Luis	R			☰		
Ferrovia - constrção ramal ligando ferrovia Norte-Sul a Balsas	F					☰
BR-324-MA: Pavimentação - Balsas - Alto Parnaíba	R	☰				
BR-020: Conclusão da pavimentação de 140 km no Piauí	R	☰				
BR-222: Pavimentação de 130 km - trecho Piripiri - divisa PI-MA	R		☰			
BR-235: Pavimentação de 280 km - divisa PI-MA - divisa PI-BA	R			☰		
BR-407:Pavimentação de 350 km - trecho Picos - Pedro II	R				☰	
Ferrovia: Teresina - Luis Correia - Litoral PI	F					☰

BR-304-RN:Duplicação Natal – Mossoró	R					
BR-226-RN:Conclusão- ant. Martins - divisa RN-CE	R					
Ferrovia: Construção ramal Mossoró - Açú - Macau – Natal	F					
BR-110-RN: Implantação e pavimentação - Mossoró - Campina Grande	R					
BR-437-RN: implantação e pavimentação	R					
BR-405: implantação e pavimentação - divisa RN-CE	R					
BR-230 - BR-285 -BR-290 - BR-104 Campina Grande: Duplicação	R					
BR-230 Campina Grande: Duplicação - subtrecho -240	R					
BR-104 Campina Grande: Duplicação - divisa PB-PE	R					
BR-230 Farinha: Duplicação - subtrecho -PB 0240 e PB 0470	R					
Porto Cabedelo	P					
BR-110: Implantação - subtrecho Ibimirim - Nova Petrolândia	R					
BR-432: Adequação de capacidade - subtrecho entronc. BR-232 divisa PE-AI	R					
Ferrovia: ramal da Nova Transnordestina de acesso fruticultura irrigada	F					
BR-408: Adequação de capacidade - subtrecho entroc. BR-232 Carpina	R					
BR-104: Adequação de capacidade - subtrecho km 19,8 ao km 71,2 - Polo Têxtil e de Turismo	R					
BR-316: Pavimentação km 0 ao km 49 - Inajá PE - Cone AL	R					
Porto de Calado, AL: Dragagem do berço de 10,5m para 14m	P					
Rod. EST.101Sul-AI: duplicação aprox. 150 km	R					
Rod. Est.-101Norte-AI: duplicação aprox. 120 km	R					
Ferrovia: Restauração com adequação no trecho de aprox. 140 km	F					
BR-101-SE: Duplicação	R					
BR-235: Divisa PI - Ba e BA –SE	R					
BR-030: Carinhanha divisa BA – MG	R					
Ferrovia Bahia - oeste – BA	F					
BR-407: Divisa PE - BA (juazeiro) - Capim Grosso BA	R					
Ferrovia: Variante Camaçari - Aratú –BA	F					
Ferrovia: retificação do tração Juazeiro-Aratú	F					
BR-259-ES: km 0 a km 106	R					
BR-447-ES: ligação BR-262-ES - terminal Capuaba	R					
BR-342-ES: Divisa Es-MG e entr. BR-101-ES	R					

BR-484-ES:Colatina a divisa ES-MG	F					
Ferrovia: Contorno de Tubarão – transferência das instalações e retirada dos trilhos	F					
BR-101-ES: Contorno da Serra - km 246 a km 278	R					
BR-419-ES: Entr. BR-101-ES a BR-418-BA	R					
BR-265: Restauração - Barbacena - Lavras	R					
BR-040: Duplicação - Oliveira - Juiz de Fora	R					
BR-365-MG: Restauração	R					
BR-40: Restauração - Uberlândia	R					
Ferrovia: Variante Patrocínio Prudente de Moraes	F					
BR-267: Restauração - Juiz de Fora	R					
BR-328: Restauração - Camélia	R					
BR-116: restauração - divisa BA - RJ	R					
Hidrovia dos Jesuítas - RJ	H					
BR-465-RJ: Duplicação	R					
BR-494: Construção - Volta Redonda - Angra dos Reis	R					
BR-101-Norte: Duplicação	R					
BR-116 e BR-381: Corredor Mercosul	R					
Ferrovia: Ferroanel SP - Tramo Sul	F					
BR-116: Serra do Cafezal	R					
BR-277: Alargamento - Ponte da Amizade	R					
BR-153- Entr.BR-376(Alto Amparo) - entr. BR-373-PR (Imbituva)	R					
BR-101-SC: Guaruva a entrc. BR-277	R					
BR-101: Antonina a BR-277(Rodoferroviária)	R					
Ferrovia: Contorno Ferroviário de Curitiba	F					
Ferrovia: variante Curitiba-Paranaguá - duplicação da Serra do Mar	F					
BR-116-PR: Duplicação Curitiba a div.PR-SC	R					
Ferrovia Litorânea: ligação Porto de Laguna - Porto São Francisco do Sul	R					
Ferrovia Leste-Oeste: ligação Argentina ao litoral Portonave S.A	R					
BR-101: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis	R					
BR-282: Ampliação de capacidade - via expressa de acesso Florianópolis	R					
Ferrovia: Viaduto / Trincheira em Criciúma	F					

BR-280: Continuação da duplicação - resta Corupá ao município de Mafra	R					
Ferrovia: Contorno Ferroviário de Jaraguá do Sul	F					
BR-470-SC: L. Vermelha - Barração	R					
BR-285-SC: Bom Jesus - S.J. dos Ausentes	R					
BR-101Sul: Estreito - Bojuru	R					
BR-116/392: Contorno de Pelotas	R					
Ferrovia: Contorno Ferroviário BR-116/392	F					
MS-040:Federalização,implantação e pavimentação trecho Campo Grande-entroc.BR-158-MS	R					
BR-355-MS:Implantação e pavimentação trecho div.GO-MS - Coxim	R					
BR-267-MS:Rest.e adeq. de capac.-trecho div.SP-MS -entr.BR-163-MS -Nova Alvorada do Sul	R					
BR-262-MS:Impl.e pav.do anel rodoviário no seg.entr.MS-080-entr. BR-163-MS-Norte	R					
BR-163-MS: Adeq.de cap.do Anel Rodoviário de Campo Grande-MS-seg. km 352 e km 495	R					
BR-060/364: Duplicação Goiânia - div. MT	R					
BR-153-GO: Duplicação Anápolis - Porangatú	R					
Anel viário de Goiânia	R					
Br-452-GO: Restauração Rio Verde - Itumbiara	R					
BR-450-DF: Adequação na travessia de Brasília	R					
Ferrovias: Sinalização de passagens de níveis municipais	R					

Legendas: Rodovia 

Hidrovia 

Rodoferrovia 

Ferrovia 

Porto 

Apêndice C – Matrizes e dados processados pelo TOPSIS clássico

Matriz Principal								
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	8	6	6	8	5	7	7
2	BR-163, trecho Garantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	9	7	8	5	5	8	6
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	8	5	7	8	7	7	5
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	8	7	7	8	5	5	5
5	BR-364/ AC, construção e pavimentação	5	5	6	5	5	6	6
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	7	7	8	6	6	6	5
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO - Divisa TO/PA	8	6	6	6	5	7	6
8	BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	5	6	7	5	5	7	6
9	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	6	6	7	7	7	7	7
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	8	6	5	8	5	8	6
11	BR-135/ PI/BA/MG.pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG	7	7	8	4	3	5	5
12	Ferrovia Nova Transnordestina	8	6	6	8	5	6	5
13	BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém	7	5	5	6	5	7	7
14	Porto de Suape, PE, acesso	8	6	5	6	5	8	7
15	Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro	7	5	6	5	5	5	5
16	Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	8	7	6	6	6	7	6
17	BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI	6	6	6	5	5	6	6
18	BR-135: Formosa do Rio Preto-BA a Cristalândia-PI	5	6	6	5	5	5	5
19	Retificação do ramal ferroviário Juazeiro-Aratú	7	5	5	6	5	5	5
20	BR-101/ ES: adequação de capacidade divisa RJ/ES	6	6	5	6	5	5	5
21	BR-381, MG: duplicação Belo Horizonte-Gov.Valadares	5	5	6	5	5	5	5
22	BR-153, 365/MG: duplicação divisa GO-MG (Trevão Uberlândia)	5	5	5	6	5	6	6
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ	9	6	8	5	8	8	5
24	Porto de Itaguaí,RJ: serviço de dragagem	8	6	5	7	5	7	7
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e	7	7	8	7	8	6	6

Matriz Principal								
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
	esquerda)							
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	8	6	8	6	8	6	7
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	7	8	8	5	8	7	6
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	7	7	5	6	5	8	8
29	Contorno ferroviário de Araraquara, SP	5	5	7	6	6	7	7
30	BR-381/ES: pavimentação do trecho Divisa ES/MG-Governador Valadares	5	6	7	6	5	7	6
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	7	6	8	6	5	8	6
32	Contorno ferroviário de Patrocínio	5	5	7	7	7	7	7
33	BR-465/RJ: Duplicação do trecho Av. Brasil-Entr. BR-116	7	5	5	5	5	5	5
34	BR-494/RJ: Construção do trecho Volta Redonda - Angra dos Reis	6	5	6	5	5	5	6
35	Ferroanel do contorno de São Paulo: Tramo Sul	6	6	8	6	8	5	5
36	BR-116/PR: contorno Leste de Curitiba,PR	6	5	6	5	7	7	6
37	Corredor ferroviário Oeste PR: ampliação capacidade	6	5	5	6	5	6	5
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	7	7	6	6	6	7	7
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	7	7	6	8	6	8	7
40	Via expressa de acesso ao porto de Itajai, SC	6	6	8	7	8	6	6
41	BR-101/SC-RS: duplicação trecho Palhoça,SC-Osório,RS	5	5	6	5	5	6	6
42	Porto de Rio Grande, RS: ampliação de molhes e serviços dragagem	7	5	5	5	5	7	7
43	BR-101/PR: Antonina a BR-277-PR (Rodoferroviária)	6	6	5	6	5	6	6
44	Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba	6	6	7	7	9	8	6
45	BR-116/PR: Duplicação do trecho Curitiba-Divisa PR/SC	5	5	7	5	5	6	6
46	BR-101/SC: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis	5	6	8	5	8	7	6
47	BR-280/SC: Continuação da duplicação do trecho Corupá-Mafra	5	6	6	5	5	6	6
48	Contorno ferroviário de Jaraguá do Sul	5	5	7	5	6	6	6
49	BR-116/392/RS: Contorno de Pelotas	5	5	6	5	5	7	6
50	Contorno Ferroviário de Pelotas	5	5	7	5	7	6	6
51	BR-163/364, MT: duplicação trecho Rondonópolis-	7	6	6	5	5	7	6

Matriz Principal

Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
	Cuiabá-Porto Gil							
52	BR-158/MT: pavimentação Ribeiro Cascalheira, MT-Divisa PA	6	6	6	6	5	7	6
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	8	6	6	6	5	7	6
54	BR-158-MS/SP: construção ponte Paulicéia, SP-Brasilândia, MS	6	5	6	8	5	7	6
55	Ferrovia Norte-Sul: trecho Anápolis (porto seco)-Uruaçu	6	6	6	7	6	6	6
56	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	8	6	7	7	6	8	7
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	8	5	5	7	5	8	7
58	Construção e pavimentação da MT-100, trecho Barra do Garças - Alto Araguaia	7	6	6	5	5	7	6
59	BR-060/364/GO: Duplicação do trecho Goiânia - Divisa GO/MT	6	5	6	5	5	6	6
60	BR-060/153/GO: Anel viário de Goiânia	6	5	6	7	5	6	6

Matriz Normalizada								
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	1,60	1,20	1,20	1,60	1,00	1,40	1,40
2	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	1,80	1,40	1,60	1,00	1,00	1,60	1,20
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	1,60	1,00	1,40	1,60	1,40	1,40	1,00
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	1,60	1,40	1,40	1,60	1,00	1,00	1,00
5	BR-364/ AC, construção e pavimentação	1,00	1,00	1,20	1,00	1,00	1,20	1,20
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Medicilândia, Rurópolis	1,40	1,40	1,60	1,20	1,20	1,20	1,00
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	1,60	1,20	1,20	1,20	1,00	1,40	1,20
8	BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	1,00	1,20	1,40	1,00	1,00	1,40	1,20
9	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	1,20	1,20	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	1,60	1,20	1,00	1,60	1,00	1,60	1,20
11	BR-135/ PI/BA/MG,pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG	1,40	1,40	1,60	0,80	0,60	1,00	1,00
12	Ferrovia Nova Transnordestina	1,60	1,20	1,20	1,60	1,00	1,20	1,00
13	BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém	1,40	1,00	1,00	1,20	1,00	1,40	1,40
14	Porto de Suape, PE, acesso	1,60	1,20	1,00	1,20	1,00	1,60	1,40
15	Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro	1,40	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
16	Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	1,60	1,40	1,20	1,20	1,20	1,40	1,20
17	BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI	1,20	1,20	1,20	1,00	1,00	1,20	1,20
18	BR-135: Formosa do Rio Preto-BA a Cristalândia-PI	1,00	1,20	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
19	Retificação do ramal ferroviário Juazeiro-Aratú	1,40	1,00	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00
20	BR-101/ ES: adequação de capacidade divisa RJ/ES	1,20	1,20	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00
21	BR-381, MG: duplicação Belo Horizonte-Gov.Valadares	1,00	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,00
22	BR-153, 365/MG: duplicação divisa GO-MG (Trevão Uberlândia)	1,00	1,00	1,00	1,20	1,00	1,20	1,20
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ	1,80	1,20	1,60	1,00	1,60	1,60	1,00

Matriz Normalizada								
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	1,60	1,20	1,00	1,40	1,00	1,40	1,40
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	1,40	1,40	1,60	1,40	1,60	1,20	1,20
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	1,60	1,20	1,60	1,20	1,60	1,20	1,40
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	1,40	1,60	1,60	1,00	1,60	1,40	1,20
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	1,40	1,40	1,00	1,20	1,00	1,60	1,60
29	Contorno ferroviário de Araraquara, SP	1,00	1,00	1,40	1,20	1,20	1,40	1,40
30	BR-381/ES: pavimentação do trecho Divisa ES/MG-Governador Valadares	1,00	1,20	1,40	1,20	1,00	1,40	1,20
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	1,40	1,20	1,60	1,20	1,00	1,60	1,20
32	Contorno ferroviário de Patrocínio	1,00	1,00	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40
33	BR-465/RJ: Duplicação do trecho Av. Brasil-Entr. BR-116	1,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
34	BR-494/RJ: Construção do trecho Volta Redonda - Angra dos Reis	1,20	1,00	1,20	1,00	1,00	1,00	1,20
35	Ferroanel do contorno de São Paulo: Tramo Sul	1,20	1,20	1,60	1,20	1,60	1,00	1,00
36	BR-116/PR: contorno Leste de Curitiba, PR	1,20	1,00	1,20	1,00	1,40	1,40	1,20
37	Corredor ferroviário Oeste PR: ampliação capacidade	1,20	1,00	1,00	1,20	1,00	1,20	1,00
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	1,40	1,40	1,20	1,20	1,20	1,40	1,40
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	1,40	1,40	1,20	1,60	1,20	1,60	1,40
40	Via expressa de acesso ao porto de Itajai, SC	1,20	1,20	1,60	1,40	1,60	1,20	1,20
41	BR-101/SC-RS: duplicação trecho Palhoça, SC-Osório, RS	1,00	1,00	1,20	1,00	1,00	1,20	1,20
42	Porto de Rio Grande, RS: ampliação de molhes e serviços dragagem	1,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,40	1,40
43	BR-101/PR: Antonina a BR-277-PR (Rodoferroviária)	1,20	1,20	1,00	1,20	1,00	1,20	1,20
44	Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba	1,20	1,20	1,40	1,40	1,80	1,60	1,20
45	BR-116/PR: Duplicação do trecho Curitiba-Divisa PR/SC	1,00	1,00	1,40	1,00	1,00	1,20	1,20
46	BR-101/SC: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis	1,00	1,20	1,60	1,00	1,60	1,40	1,20

Matriz Normalizada								
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
47	BR-280/SC: Continuação da duplicação do trecho Corupá-Mafra	1,00	1,20	1,20	1,00	1,00	1,20	1,20
48	Contorno ferroviário de Jaraguá do Sul	1,00	1,00	1,40	1,00	1,20	1,20	1,20
49	BR-116/392/RS: Contorno de Pelotas	1,00	1,00	1,20	1,00	1,00	1,40	1,20
50	Contorno Ferroviário de Pelotas	1,00	1,00	1,40	1,00	1,40	1,20	1,20
51	BR-163/364, MT: duplicação trecho Rondonópolis-Cuiabá-Porto Gil	1,40	1,20	1,20	1,00	1,00	1,40	1,20
52	BR-158/MT: pavimentação Ribeiro Cascalheira,MT-Divisa PA	1,20	1,20	1,20	1,20	1,00	1,40	1,20
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	1,60	1,20	1,20	1,20	1,00	1,40	1,20
54	BR-158-MS/SP: construção ponte Paulicéia, SP-Brasilândia, MS	1,20	1,00	1,20	1,60	1,00	1,40	1,20
55	Ferrovia Norte-Sul: trecho Anápolis (porto seco)-Uruaçu	1,20	1,20	1,20	1,40	1,20	1,20	1,20
56	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	1,60	1,20	1,40	1,40	1,20	1,60	1,40
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	1,60	1,00	1,00	1,40	1,00	1,60	1,40
58	Construção e pavimentação da MT-100, trecho Barra do Garças - Alto Araguaia	1,40	1,20	1,20	1,00	1,00	1,40	1,20
59	BR-060/364/GO: Duplicação do trecho Goiânia - Divisa GO/MT	1,20	1,00	1,20	1,00	1,00	1,20	1,20
60	BR-060/153/GO: Anel viário de Goiânia	1,20	1,00	1,20	1,40	1,00	1,20	1,20

Matriz Ponderada								
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,48	0,18	0,12	0,24	0,10	0,14	0,14
2	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,54	0,21	0,16	0,15	0,10	0,16	0,12
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,48	0,15	0,14	0,24	0,14	0,14	0,10
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	0,48	0,21	0,14	0,24	0,10	0,10	0,10
5	BR-364/ AC, construção e pavimentação	0,30	0,15	0,12	0,15	0,10	0,12	0,12
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,42	0,21	0,16	0,18	0,12	0,12	0,10
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,48	0,18	0,12	0,18	0,10	0,14	0,12
8	BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	0,30	0,18	0,14	0,15	0,10	0,14	0,12
9	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	0,36	0,18	0,14	0,21	0,14	0,14	0,14
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,48	0,18	0,10	0,24	0,10	0,16	0,12
11	BR-135/ PI/BA/MG, pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG	0,42	0,21	0,16	0,12	0,06	0,10	0,10
12	Ferrovia Nova Transnordestina	0,48	0,18	0,12	0,24	0,10	0,12	0,10
13	BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém	0,42	0,15	0,10	0,18	0,10	0,14	0,14
14	Porto de Suape, PE, acesso	0,48	0,18	0,10	0,18	0,10	0,16	0,14
15	Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro	0,42	0,15	0,12	0,15	0,10	0,10	0,10
16	Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	0,48	0,21	0,12	0,18	0,12	0,14	0,12
17	BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI	0,36	0,18	0,12	0,15	0,10	0,12	0,12
18	BR-135: Formosa do Rio Preto-BA a Cristalândia-PI	0,30	0,18	0,12	0,15	0,10	0,10	0,10
19	Retificação do ramal ferroviário Juazeiro-Aratú	0,42	0,15	0,10	0,18	0,10	0,10	0,10
20	BR-101/ ES: adequação de capacidade divisa RJ/ES	0,36	0,18	0,10	0,18	0,10	0,10	0,10
21	BR-381, MG: duplicação Belo Horizonte-Gov. Valadares	0,30	0,15	0,12	0,15	0,10	0,10	0,10
22	BR-153, 365/MG: duplicação divisa GO-MG (Trevão Uberlândia)	0,30	0,15	0,10	0,18	0,10	0,12	0,12
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ	0,54	0,18	0,16	0,15	0,16	0,16	0,10

Matriz Ponderada								
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
24	Porto de Itaguaí,RJ: serviço de dragagem	0,48	0,18	0,10	0,21	0,10	0,14	0,14
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,42	0,21	0,16	0,21	0,16	0,12	0,12
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,48	0,18	0,16	0,18	0,16	0,12	0,14
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,42	0,24	0,16	0,15	0,16	0,14	0,12
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,42	0,21	0,10	0,18	0,10	0,16	0,16
29	Contorno ferroviário de Araraquara, SP	0,30	0,15	0,14	0,18	0,12	0,14	0,14
30	BR-381/ES: pavimentação do trecho Divisa ES/MG-Governador Valadares	0,30	0,18	0,14	0,18	0,10	0,14	0,12
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,42	0,18	0,16	0,18	0,10	0,16	0,12
32	Contorno ferroviário de Patrocínio	0,30	0,15	0,14	0,21	0,14	0,14	0,14
33	BR-465/RJ: Duplicação do trecho Av. Brasil-Entr. BR-116	0,42	0,15	0,10	0,15	0,10	0,10	0,10
34	BR-494/RJ: Construção do trecho Volta Redonda - Angra dos Reis	0,36	0,15	0,12	0,15	0,10	0,10	0,12
35	Ferroanel do contorno de São Paulo: Tramo Sul	0,36	0,18	0,16	0,18	0,16	0,10	0,10
36	BR-116/PR: contorno Leste de Curitiba,PR	0,36	0,15	0,12	0,15	0,14	0,14	0,12
37	Corredor ferroviário Oeste PR: ampliação capacidade	0,36	0,15	0,10	0,18	0,10	0,12	0,10
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,42	0,21	0,12	0,18	0,12	0,14	0,14
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	0,42	0,21	0,12	0,24	0,12	0,16	0,14
40	Via expressa de acesso ao porto de Itajai, SC	0,36	0,18	0,16	0,21	0,16	0,12	0,12
41	BR-101/SC-RS: duplicação trecho Palhoça,SC-Osório,RS	0,30	0,15	0,12	0,15	0,10	0,12	0,12
42	Porto de Rio Grande, RS: ampliação de molhes e serviços dragagem	0,42	0,15	0,10	0,15	0,10	0,14	0,14
43	BR-101/PR: Antonina a BR-277-PR (Rodoferroviária)	0,36	0,18	0,10	0,18	0,10	0,12	0,12
44	Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba	0,36	0,18	0,14	0,21	0,18	0,16	0,12
45	BR-116/PR: Duplicação do trecho Curitiba-Divisa PR/SC	0,30	0,15	0,14	0,15	0,10	0,12	0,12
46	BR-101/SC: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis	0,30	0,18	0,16	0,15	0,16	0,14	0,12

Matriz Ponderada								
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução
47	BR-280/SC: Continuação da duplicação do trecho Corupá-Mafra	0,30	0,18	0,12	0,15	0,10	0,12	0,12
48	Contorno ferroviário de Jaraguá do Sul	0,30	0,15	0,14	0,15	0,12	0,12	0,12
49	BR-116/392/RS: Contorno de Pelotas	0,30	0,15	0,12	0,15	0,10	0,14	0,12
50	Contorno Ferroviário de Pelotas	0,30	0,15	0,14	0,15	0,14	0,12	0,12
51	BR-163/364, MT: duplicação trecho Rondonópolis-Cuiabá-Porto Gil	0,42	0,18	0,12	0,15	0,10	0,14	0,12
52	BR-158/MT: pavimentação Ribeiro Cascalheira,MT-Divisa PA	0,36	0,18	0,12	0,18	0,10	0,14	0,12
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,48	0,18	0,12	0,18	0,10	0,14	0,12
54	BR-158-MS/SP: construção ponte Paulicéia, SP-Brasilândia, MS	0,36	0,15	0,12	0,24	0,10	0,14	0,12
55	Ferrovia Norte-Sul: trecho Anápolis (porto seco)-Uruaçu	0,36	0,18	0,12	0,21	0,12	0,12	0,12
56	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,48	0,18	0,14	0,21	0,12	0,16	0,14
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,48	0,15	0,10	0,21	0,10	0,16	0,14
58	Construção e pavimentação da MT-100, trecho Barra do Garças - Alto Araguaia	0,42	0,18	0,12	0,15	0,10	0,14	0,12
59	BR-060/364/GO: Duplicação do trecho Goiânia - Divisa GO/MT	0,36	0,15	0,12	0,15	0,10	0,12	0,12
60	BR-060/153/GO: Anel viário de Goiânia	0,36	0,15	0,12	0,21	0,10	0,12	0,12

Situação Ideal		
	Situação Ideal Positiva A+	Situação Ideal Negativa A-
Conexão intermodal	0,54	0,30
Geração de empregos	0,24	0,15
Bem-estar social	0,16	0,10
Impacto ambiental	0,24	0,12
Recuperação de passivos ambientais	0,18	0,06
Custos e benefícios	0,16	0,10
Prazo de execução	0,16	0,10

Distância Positiva

Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução	
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,06	0,06	0,04	0,00	0,08	0,02	0,02	0,28
2	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,00	0,03	0,00	0,09	0,08	0,00	0,04	0,24
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,06	0,09	0,02	0,00	0,04	0,02	0,06	0,29
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	0,06	0,03	0,02	0,00	0,08	0,06	0,06	0,31
5	BR-364/ AC, construção e pavimentação	0,24	0,09	0,04	0,09	0,08	0,04	0,04	0,62
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,12	0,03	0,00	0,06	0,06	0,04	0,06	0,37
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,06	0,06	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,36
8	BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	0,24	0,06	0,02	0,09	0,08	0,02	0,04	0,55
9	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	0,18	0,06	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,37
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,06	0,06	0,06	0,00	0,08	0,00	0,04	0,3
11	BR-135/ PI/BA/MG,pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG	0,12	0,03	0,00	0,12	0,12	0,06	0,06	0,51
12	Ferrovia Nova Transnordestina	0,06	0,06	0,04	0,00	0,08	0,04	0,06	0,34
13	BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém	0,12	0,09	0,06	0,06	0,08	0,02	0,02	0,45
14	Porto de Suape, PE, acesso	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08	0,00	0,02	0,34
15	Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro	0,12	0,09	0,04	0,09	0,08	0,06	0,06	0,54
16	Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	0,06	0,03	0,04	0,06	0,06	0,02	0,04	0,31
17	BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI	0,18	0,06	0,04	0,09	0,08	0,04	0,04	0,53
18	BR-135: Formosa do Rio Preto-BA a Cristalândia-PI	0,24	0,06	0,04	0,09	0,08	0,06	0,06	0,63
19	Retificação do ramal ferroviário Juazeiro-Aratú	0,12	0,09	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,53
20	BR-101/ ES: adequação de capacidade divisa RJ/ES	0,18	0,06	0,06	0,06	0,08	0,06	0,06	0,56
21	BR-381, MG: duplicação Belo Horizonte-Gov.Valadares	0,24	0,09	0,04	0,09	0,08	0,06	0,06	0,66
22	BR-153, 365/MG: duplicação divisa GO-MG (Trevão Uberlândia)	0,24	0,09	0,06	0,06	0,08	0,04	0,04	0,61
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo	0,00	0,06	0,00	0,09	0,02	0,00	0,06	0,23

Distância Positiva									
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução	
	BR-101, RJ								
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	0,06	0,06	0,06	0,03	0,08	0,02	0,02	0,33
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,12	0,03	0,00	0,03	0,02	0,04	0,04	0,28
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,06	0,06	0,00	0,06	0,02	0,04	0,02	0,26
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,12	0,00	0,00	0,09	0,02	0,02	0,04	0,29
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,12	0,03	0,06	0,06	0,08	0,00	0,00	0,35
29	Contorno ferroviário de Araraquara, SP	0,24	0,09	0,02	0,06	0,06	0,02	0,02	0,51
30	BR-381/ES: pavimentação do trecho Divisa ES/MG-Governador Valadares	0,24	0,06	0,02	0,06	0,08	0,02	0,04	0,52
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,12	0,06	0,00	0,06	0,08	0,00	0,04	0,36
32	Contorno ferroviário de Patrocínio	0,24	0,09	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,46
33	BR-465/RJ: Duplicação do trecho Av. Brasil-Entr. BR-116	0,12	0,09	0,06	0,09	0,08	0,06	0,06	0,56
34	BR-494/RJ: Construção do trecho Volta Redonda - Angra dos Reis	0,18	0,09	0,04	0,09	0,08	0,06	0,04	0,58
35	Ferroanel do contorno de São Paulo: Tramo Sul	0,18	0,06	0,00	0,06	0,02	0,06	0,06	0,44
36	BR-116/PR: contorno Leste de Curitiba, PR	0,18	0,09	0,04	0,09	0,04	0,02	0,04	0,5
37	Corredor ferroviário Oeste PR: ampliação capacidade	0,18	0,09	0,06	0,06	0,08	0,04	0,06	0,57
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,12	0,03	0,04	0,06	0,06	0,02	0,02	0,35
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	0,12	0,03	0,04	0,00	0,06	0,00	0,02	0,27
40	Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	0,18	0,06	0,00	0,03	0,02	0,04	0,04	0,37
41	BR-101/SC-RS: duplicação trecho Palhoça, SC-Osório, RS	0,24	0,09	0,04	0,09	0,08	0,04	0,04	0,62
42	Porto de Rio Grande, RS: ampliação de molhes e serviços dragagem	0,12	0,09	0,06	0,09	0,08	0,02	0,02	0,48
43	BR-101/PR: Antonina a BR-277-PR (Rodoferroviária)	0,18	0,06	0,06	0,06	0,08	0,04	0,04	0,52
44	Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba	0,18	0,06	0,02	0,03	0,00	0,00	0,04	0,33
45	BR-116/PR: Duplicação do trecho Curitiba-Divisa PR/SC	0,24	0,09	0,02	0,09	0,08	0,04	0,04	0,6

Distância Positiva

Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução	
46	BR-101/SC: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis	0,24	0,06	0,00	0,09	0,02	0,02	0,04	0,47
47	BR-280/SC: Continuação da duplicação do trecho Corupá-Mafra	0,24	0,06	0,04	0,09	0,08	0,04	0,04	0,59
48	Contorno ferroviário de Jaraguá do Sul	0,24	0,09	0,02	0,09	0,06	0,04	0,04	0,58
49	BR-116/392/RS: Contorno de Pelotas	0,24	0,09	0,04	0,09	0,08	0,02	0,04	0,6
50	Contorno Ferroviário de Pelotas	0,24	0,09	0,02	0,09	0,04	0,04	0,04	0,56
51	BR-163/364, MT: duplicação trecho Rondonópolis-Cuiabá-Porto Gil	0,12	0,06	0,04	0,09	0,08	0,02	0,04	0,45
52	BR-158/MT: pavimentação Ribeiro Cascalheira,MT-Divisa PA	0,18	0,06	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,48
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,06	0,06	0,04	0,06	0,08	0,02	0,04	0,36
54	BR-158-MS/SP: construção ponte Paulicéia, SP-Brasilândia, MS	0,18	0,09	0,04	0,00	0,08	0,02	0,04	0,45
55	Ferrovia Norte-Sul: trecho Anápolis (porto seco)-Uruaçu	0,18	0,06	0,04	0,03	0,06	0,04	0,04	0,45
56	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,06	0,06	0,02	0,03	0,06	0,00	0,02	0,25
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,06	0,09	0,06	0,03	0,08	0,00	0,02	0,34
58	Construção e pavimentação da MT-100, trecho Barra do Garças - Alto Araguaia	0,12	0,06	0,04	0,09	0,08	0,02	0,04	0,45
59	BR-060/364/GO: Duplicação do trecho Goiânia - Divisa GO/MT	0,18	0,09	0,04	0,09	0,08	0,04	0,04	0,56
60	BR-060/153/GO: Anel viário de Goiânia	0,18	0,09	0,04	0,03	0,08	0,04	0,04	0,5

Distância Negativa									
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução	
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,18	0,03	0,02	0,12	0,04	0,04	0,04	0,47
2	BR-163, trecho Garantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,24	0,06	0,06	0,03	0,04	0,06	0,02	0,51
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,18	0,00	0,04	0,12	0,08	0,04	0,00	0,46
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	0,18	0,06	0,04	0,12	0,04	0,00	0,00	0,44
5	BR-364/ AC, construção e pavimentação	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,13
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,12	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,00	0,38
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,18	0,03	0,02	0,06	0,04	0,04	0,02	0,39
8	BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	0,00	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,02	0,2
9	Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	0,06	0,03	0,04	0,09	0,08	0,04	0,04	0,38
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,18	0,03	0,00	0,12	0,04	0,06	0,02	0,45
11	BR-135/ PI/BA/MG.pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG	0,12	0,06	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
12	Ferrovia Nova Transnordestina	0,18	0,03	0,02	0,12	0,04	0,02	0,00	0,41
13	BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém	0,12	0,00	0,00	0,06	0,04	0,04	0,04	0,3
14	Porto de Suape, PE, acesso	0,18	0,03	0,00	0,06	0,04	0,06	0,04	0,41
15	Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro	0,12	0,00	0,02	0,03	0,04	0,00	0,00	0,21
16	Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	0,18	0,06	0,02	0,06	0,06	0,04	0,02	0,44
17	BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI	0,06	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,22
18	BR-135: Formosa do Rio Preto-BA a Cristalândia-PI	0,00	0,03	0,02	0,03	0,04	0,00	0,00	0,12
19	Retificação do ramal ferroviário Juazeiro-Aratú	0,12	0,00	0,00	0,06	0,04	0,00	0,00	0,22
20	BR-101/ ES: adequação de capacidade divisa RJ/ES	0,06	0,03	0,00	0,06	0,04	0,00	0,00	0,19
21	BR-381, MG: duplicação Belo Horizonte-Gov.Valadares	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,00	0,00	0,09
22	BR-153, 365/MG: duplicação divisa GO-MG	0,00	0,00	0,00	0,06	0,04	0,02	0,02	0,14

Distância Negativa									
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução	
	(Trevão Uberlândia)								
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ	0,24	0,03	0,06	0,03	0,10	0,06	0,00	0,52
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	0,18	0,03	0,00	0,09	0,04	0,04	0,04	0,42
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,12	0,06	0,06	0,09	0,10	0,02	0,02	0,47
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,18	0,03	0,06	0,06	0,10	0,02	0,04	0,49
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,12	0,09	0,06	0,03	0,10	0,04	0,02	0,46
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,12	0,06	0,00	0,06	0,04	0,06	0,06	0,4
29	Contorno ferroviário de Araraquara, SP	0,00	0,00	0,04	0,06	0,06	0,04	0,04	0,24
30	BR-381/ES: pavimentação do trecho Divisa ES/MG-Governador Valadares	0,00	0,03	0,04	0,06	0,04	0,04	0,02	0,23
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,12	0,03	0,06	0,06	0,04	0,06	0,02	0,39
32	Contorno ferroviário de Patrocínio	0,00	0,00	0,04	0,09	0,08	0,04	0,04	0,29
33	BR-465/RJ: Duplicação do trecho Av. Brasil-Entr. BR-116	0,12	0,00	0,00	0,03	0,04	0,00	0,00	0,19
34	BR-494/RJ: Construção do trecho Volta Redonda - Angra dos Reis	0,06	0,00	0,02	0,03	0,04	0,00	0,02	0,17
35	Ferroanel do contorno de São Paulo: Tramo Sul	0,06	0,03	0,06	0,06	0,10	0,00	0,00	0,31
36	BR-116/PR: contorno Leste de Curitiba, PR	0,06	0,00	0,02	0,03	0,08	0,04	0,02	0,25
37	Corredor ferroviário Oeste PR: ampliação capacidade	0,06	0,00	0,00	0,06	0,04	0,02	0,00	0,18
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,12	0,06	0,02	0,06	0,06	0,04	0,04	0,4
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	0,12	0,06	0,02	0,12	0,06	0,06	0,04	0,48
40	Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	0,06	0,03	0,06	0,09	0,10	0,02	0,02	0,38
41	BR-101/SC-RS: duplicação trecho Palhoça, SC-Osório, RS	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,13
42	Porto de Rio Grande, RS: ampliação de molhes e serviços dragagem	0,12	0,00	0,00	0,03	0,04	0,04	0,04	0,27
43	BR-101/PR: Antonina a BR-277-PR (Rodoferroviária)	0,06	0,03	0,00	0,06	0,04	0,02	0,02	0,23
44	Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba	0,06	0,03	0,04	0,09	0,12	0,06	0,02	0,42

Distância Negativa									
Ítem	Empreendimento	Conexão intermodal	Geração de empregos	Bem-estar social	Impacto ambiental	Recuperação de passivos ambientais	Custos e benefícios	Prazo de execução	
45	BR-116/PR: Duplicação do trecho Curitiba-Divisa PR/SC	0,00	0,00	0,04	0,03	0,04	0,02	0,02	0,15
46	BR-101/SC: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis	0,00	0,03	0,06	0,03	0,10	0,04	0,02	0,28
47	BR-280/SC: Continuação da duplicação do trecho Corupá-Mafra	0,00	0,03	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,16
48	Contorno ferroviário de Jaraguá do Sul	0,00	0,00	0,04	0,03	0,06	0,02	0,02	0,17
49	BR-116/392/RS: Contorno de Pelotas	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,15
50	Contorno Ferroviário de Pelotas	0,00	0,00	0,04	0,03	0,08	0,02	0,02	0,19
51	BR-163/364, MT: duplicação trecho Rondonópolis-Cuiabá-Porto Gil	0,12	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,3
52	BR-158/MT: pavimentação Ribeiro Cascalheira,MT-Divisa PA	0,06	0,03	0,02	0,06	0,04	0,04	0,02	0,27
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,18	0,03	0,02	0,06	0,04	0,04	0,02	0,39
54	BR-158-MS/SP: construção ponte Paulicéia, SP-Brasilândia, MS	0,06	0,00	0,02	0,12	0,04	0,04	0,02	0,3
55	Ferrovias Norte-Sul: trecho Anápolis (porto seco)-Uruaçu	0,06	0,03	0,02	0,09	0,06	0,02	0,02	0,3
56	Ferrovias Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,18	0,03	0,04	0,09	0,06	0,06	0,04	0,5
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,18	0,00	0,00	0,09	0,04	0,06	0,04	0,41
58	Construção e pavimentação da MT-100, trecho Barra do Garças - Alto Araguaia	0,12	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,02	0,3
59	BR-060/364/GO: Duplicação do trecho Goiânia - Divisa GO/MT	0,06	0,00	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,19
60	BR-060/153/GO: Anel viário de Goiânia	0,06	0,00	0,02	0,09	0,04	0,02	0,02	0,25

Coeficientes de prioridade			
Empreendimento	Δ +	Δ -	Φ
Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,24	0,51	0,68
Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,24	0,51	0,68
Arco rodoviário do Rio de Janeiro, incluindo BR-101, RJ	0,29	0,52	0,64
Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,27	0,48	0,64
Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,27	0,48	0,64
BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,30	0,51	0,63
Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	0,28	0,47	0,63
Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,28	0,47	0,63
Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,29	0,46	0,61
Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,31	0,44	0,59
Ferrovia Norte-Sul, TO	0,31	0,44	0,59
Construção do ramal ferroviário Estreito-Balsas	0,32	0,43	0,57
Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,34	0,41	0,55
Porto de Itaguaí,RJ: serviço de dragagem	0,34	0,41	0,55
BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,34	0,41	0,55
Ferrovia Nova Transnordestina	0,34	0,41	0,55
Ferrovia: contorno ferroviário de Curitiba	0,36	0,43	0,54
Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	0,35	0,40	0,53
Porto de Suape, PE, acesso	0,35	0,40	0,53
Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,36	0,39	0,52
Construção do contorno ferroviário Camaçari - Aratú	0,36	0,39	0,52
BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,36	0,39	0,52
BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,36	0,39	0,52
BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,36	0,39	0,52
Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,37	0,38	0,51
Ferroanel do contorno de São Paulo: Tramo Sul	0,42	0,33	0,44
BR-135/ PI/BA/MG,pavimentação PI, construção BA e pavimentação MG	0,50	0,39	0,44
BR-101/SC: Contorno Rodoviário - Grande Florianópolis	0,44	0,31	0,41
BR-158-MS/SP: construção ponte Paulicéia, SP-Brasilândia, MS	0,44	0,31	0,41
BR-222/ CE, acesso ao porto de Pecém	0,45	0,30	0,40
BR-163/364, MT: duplicação trecho Rondonópolis-Cuiabá-Porto Gil	0,45	0,30	0,40
Ferrovia Norte-Sul: trecho Anápolis (porto seco)-Uruaçu	0,45	0,30	0,40
Construção e pavimentação da MT-100, trecho Barra do Garças - Alto Araguaia	0,45	0,30	0,40
Contorno ferroviário de Patrocínio	0,46	0,29	0,39
BR-158/MT: pavimentação Ribeirão Cascalheira,MT-Divisa PA	0,48	0,27	0,36
Porto de Rio Grande, RS: ampliação de molhes e serviços dragagem	0,48	0,27	0,36
BR-116/PR: contorno Leste de Curitiba,PR	0,49	0,26	0,35
BR-060/153/GO: Anel viário de Goiânia	0,49	0,26	0,35
Contorno ferroviário de Araraquara, SP	0,50	0,25	0,33
BR-381/ES: pavimentação do trecho Divisa ES/MG-Governador Valadares	0,51	0,24	0,32
BR-101/PR: Antonina a BR-277-PR (Rodoferrviária)	0,53	0,22	0,29
Retificação do ramal ferroviário Juazeiro-Aratú	0,53	0,22	0,29
BR-324/MA: Pavimentação do trecho Balsas - Divisa MA/PI	0,53	0,22	0,29
Construção do ramal ferroviário Petrolina-Salgueiro	0,53	0,22	0,29
BR-135/ MA: duplicação do acesso a São Luis	0,53	0,22	0,29
Contorno Ferroviário de Pelotas	0,54	0,21	0,28
BR-060/364/GO: Duplicação do trecho Goiânia - Divisa GO/MT	0,55	0,20	0,27

Coefficientes de prioridade			
Empreendimento	$\Delta +$	$\Delta -$	Φ
Contorno ferroviário de Jaraguá do Sul	0,56	0,19	0,25
BR-465/RJ: Duplicação do trecho Av. Brasil-Entr. BR-116	0,56	0,19	0,25
Corredor ferroviário Oeste PR: ampliação capacidade	0,57	0,18	0,24
BR-494/RJ: Construção do trecho Volta Redonda - Angra dos Reis	0,57	0,18	0,24
BR-101/ ES: adequação de capacidade divisa RJ/ES	0,57	0,18	0,24
BR-116/PR: Duplicação do trecho Curitiba-Divisa PR/SC	0,58	0,17	0,23
BR-280/SC: Continuação da duplicação do trecho Corupá-Mafra	0,58	0,17	0,23
BR-116/392/RS: Contorno de Pelotas	0,59	0,16	0,21
BR-364/ AC, construção e pavimentação	0,61	0,14	0,19
BR-101/SC-RS: duplicação trecho Palhoça,SC-Osório,RS	0,61	0,14	0,19
BR-153, 365/MG: duplicação divisa GO-MG (Trevão Uberlândia)	0,62	0,13	0,17
BR-135: Formosa do Rio Preto-BA a Cristalândia-PI	0,62	0,13	0,17
BR-381, MG: duplicação Belo Horizonte-Gov.Valadares	0,65	0,10	0,13

Apêndice D – Matrizes e dados processados pelo TOPSIS/AHP

Matriz Principal

Empreendimentos		<i>Otorece conexão intermodal</i>	<i>Gera empregos</i>	<i>Contribui para o bem-estar social</i>	<i>Tem pouco impacto ambiental</i>	<i>Facilita acesso a portos</i>	<i>Apresenta custos reduzidos</i>	<i>Prevê curto prazo de execução</i>
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	8	6	6	8	5	7	7
2	BR-163, trecho Garantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	9	7	8	5	5	8	6
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	8	5	7	8	7	7	5
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	8	7	7	8	5	5	5
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	7	7	8	6	6	6	5
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	8	6	6	6	5	7	6
9	Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	6	6	7	7	7	7	7
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	6	6	6	5	9	6	6
12	Ferrovia Nova Transnordestina	8	6	6	8	5	6	5
14	Porto de Suape, PE, acesso	8	6	5	6	5	8	7
16	Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	8	7	6	6	6	7	6
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro	9	6	8	5	8	8	5
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	8	6	5	7	5	7	7
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	7	7	8	7	8	6	6
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	8	6	8	6	8	6	7
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	7	8	8	5	8	7	6
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	7	7	5	6	5	8	8
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	7	6	8	6	5	8	6
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	7	7	6	6	6	7	7
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	7	7	6	8	6	8	7
40	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	6	6	8	7	8	6	6
44	Contorno ferroviário de Curitiba, PR	6	6	7	7	9	8	6
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecís	8	6	6	6	5	7	6
56	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	8	6	7	7	6	8	7
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	8	5	5	7	5	8	7

Matriz Normalizada

Empreendimentos								
		Conectividade intermodal	Geração de empregos	Aumento do bem estar social	Impacto ambiental	Acessibilidade a portos	Prazo de execução	
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	1,6	1,2	1,2	1,6	1,0	1,4	1,4
2	BR-163, trecho Garantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	1,8	1,4	1,6	1,0	1,0	1,6	1,2
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	1,6	1,0	1,4	1,6	1,4	1,4	1,0
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	1,6	1,4	1,4	1,6	1,0	1,0	1,0
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	1,4	1,4	1,6	1,2	1,2	1,2	1,0
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	1,6	1,2	1,2	1,2	1,0	1,4	1,2
9	Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	1,2	1,2	1,2	1,0	1,8	1,2	1,2
12	Ferrovia Nova Transnordestina	1,6	1,2	1,2	1,6	1,0	1,2	1,0
14	Porto de Suape, PE, acesso	1,6	1,2	1,0	1,2	1,0	1,6	1,4
16	Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	1,6	1,4	1,2	1,2	1,2	1,4	1,2
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro	1,8	1,2	1,6	1,0	1,6	1,6	1,0
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	1,6	1,2	1,0	1,4	1,0	1,4	1,4
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	1,4	1,4	1,6	1,4	1,6	1,2	1,2
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	1,6	1,2	1,6	1,2	1,6	1,2	1,4
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	1,4	1,6	1,6	1,0	1,6	1,4	1,2
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	1,4	1,4	1,0	1,2	1,0	1,6	1,6
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	1,4	1,2	1,6	1,2	1,0	1,6	1,2
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	1,4	1,4	1,2	1,6	1,2	1,6	1,4
40	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	1,2	1,2	1,6	1,4	1,6	1,2	1,2
44	Contorno ferroviário de Curitiba, PR	1,2	1,2	1,4	1,4	1,8	1,6	1,2
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	1,6	1,2	1,2	1,2	1,0	1,4	1,2
56	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	1,6	1,2	1,4	1,4	1,2	1,6	1,4
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	1,6	1,0	1,0	1,4	1,0	1,6	1,4

Matriz Ponderada

	Empreendimentos							
		Conectividade intermodal	Geração de empregos	Aumento do bem estar social	Impacto ambiental	Acessibilidade a portos	Custo do empreendimento	Prazo de execução
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,34	0,09	0,29	0,46	0,19	0,11	0,13
2	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,42	0,10	0,38	0,20	0,29	0,05	0,11
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,28	0,10	0,29	0,37	0,38	0,05	0,12
4	Ferrovía Norte-Sul, TO	0,32	0,15	0,36	0,34	0,26	0,07	0,06
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,21	0,17	0,53	0,24	0,20	0,07	0,10
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,35	0,18	0,44	0,22	0,11	0,08	0,15
9	Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	0,24	0,19	0,32	0,36	0,22	0,07	0,15
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,31	0,13	0,34	0,22	0,32	0,07	0,09
12	Ferrovía Nova Transnordestina	0,34	0,14	0,34	0,32	0,25	0,09	0,07
14	Porto de Suape, PE, acesso	0,29	0,11	0,28	0,27	0,29	0,08	0,10
16	Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	0,28	0,12	0,26	0,14	0,30	0,26	0,17
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro	0,34	0,14	0,38	0,28	0,33	0,11	0,06
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	0,42	0,13	0,37	0,31	0,18	0,09	0,10
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,25	0,22	0,52	0,18	0,22	0,07	0,20
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,47	0,12	0,45	0,20	0,29	0,11	0,10
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,33	0,15	0,38	0,24	0,37	0,08	0,07
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,30	0,14	0,30	0,31	0,21	0,09	0,11
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,19	0,11	0,36	0,33	0,22	0,13	0,08
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,28	0,19	0,31	0,20	0,21	0,14	0,23
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	0,30	0,16	0,33	0,36	0,15	0,13	0,24
40	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	0,23	0,18	0,31	0,27	0,25	0,07	0,22
44	Contorno ferroviário de Curitiba, PR	0,13	0,08	0,21	0,26	0,50	0,25	0,16
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,30	0,11	0,30	0,31	0,26	0,08	0,08
56	Ferrovía Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,29	0,12	0,35	0,28	0,33	0,12	0,09
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,37	0,10	0,30	0,34	0,25	0,07	0,09

Situação ideal positiva

Situação ideal positiva	Conectividade intermodal	Geração de empregos	Aumento do bem estar social	Impacto ambiental	Acessibilidade a portos	Custo do empreendimento	Prazo de execução
A ⁺	0,47	0,22	0,53	0,46	0,50	0,26	0,24

Situação ideal negativa

Situação ideal negativa	Conectividade intermodal	Geração de empregos	Aumento do bem estar social	Impacto ambiental	Acessibilidade a portos	Custo do empreendimento	Prazo de execução
A ⁻	0,13	0,08	0,21	0,14	0,11	0,05	0,06

Distância positiva

	Empreendimentos	Distância positiva							
		Conectividade intermodal	Geração de empregos	Aumento do bem estar social	Impacto ambiental	Acessibilidade a portos	Custo do empreendimento	Prazo de execução	
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	0,13	0,14	0,24	0,00	0,31	0,15	0,11	1,07
2	BR-163, trecho Garantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	0,05	0,12	0,15	0,26	0,21	0,21	0,13	1,12
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	0,19	0,12	0,24	0,09	0,12	0,21	0,12	1,10
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	0,15	0,08	0,17	0,12	0,24	0,19	0,17	1,12
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	0,27	0,06	0,00	0,22	0,30	0,19	0,14	1,18
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	0,12	0,05	0,09	0,24	0,39	0,18	0,09	1,14
9	Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	0,24	0,04	0,21	0,10	0,28	0,19	0,09	1,14
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	0,16	0,10	0,19	0,24	0,18	0,19	0,15	1,20
12	Ferrovia Nova Transnordestina	0,13	0,08	0,19	0,13	0,25	0,18	0,17	1,14
14	Porto de Suape, PE, acesso	0,18	0,11	0,24	0,19	0,21	0,18	0,13	1,25
16	Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	0,19	0,11	0,27	0,32	0,21	0,00	0,07	1,16
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro	0,13	0,09	0,15	0,18	0,17	0,16	0,18	1,05
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	0,06	0,10	0,16	0,15	0,32	0,18	0,13	1,09
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	0,23	0,00	0,01	0,28	0,28	0,19	0,03	1,03
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,00	0,10	0,08	0,26	0,21	0,16	0,13	0,94
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	0,14	0,08	0,15	0,22	0,13	0,18	0,17	1,07
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	0,17	0,09	0,22	0,15	0,29	0,17	0,12	1,21
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	0,28	0,11	0,17	0,13	0,28	0,13	0,15	1,26
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	0,19	0,04	0,22	0,26	0,29	0,12	0,01	1,13
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	0,18	0,07	0,20	0,10	0,36	0,14	0,00	1,03
40	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	0,24	0,04	0,22	0,19	0,25	0,19	0,01	1,15
44	Contorno ferroviário de Curitiba, PR	0,34	0,15	0,32	0,20	0,00	0,02	0,07	1,10
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	0,17	0,11	0,23	0,15	0,24	0,19	0,15	1,24
56	Ferrovia Feronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	0,18	0,10	0,18	0,18	0,17	0,14	0,15	1,10
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	0,17	0,09	0,18	0,18	0,24	0,16	0,11	1,13

Distância Negativa

	Empreendimentos	Distância Negativa							
		Conectividade intermodal	Geração de empregos	Aumento do bem estar social	Impacto ambiental	Acessibilidade a portos	Custo do empreendimento	Prazo de execução	
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	-0,21	-0,01	-0,08	-0,32	-0,08	-0,06	-0,07	0,84
2	BR-163, trecho Garantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	-0,29	-0,03	-0,18	-0,06	-0,18	0,00	-0,05	0,79
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	-0,15	-0,03	-0,08	-0,23	-0,27	0,00	-0,06	0,82
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	-0,19	-0,07	-0,15	-0,20	-0,15	-0,02	0,00	0,79
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá, Altamira, Medicilândia, Rurópolis	-0,07	-0,09	-0,32	-0,10	-0,08	-0,02	-0,04	0,73
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	-0,22	-0,10	-0,24	-0,08	0,00	-0,04	-0,09	0,77
9	Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	-0,10	-0,11	-0,11	-0,22	-0,11	-0,02	-0,09	0,77
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	-0,18	-0,05	-0,13	-0,08	-0,21	-0,03	-0,03	0,71
12	Ferrovia Nova Transnordestina	-0,21	-0,07	-0,13	-0,19	-0,14	-0,04	-0,01	0,77
14	Porto de Suape, PE, acesso	-0,16	-0,04	-0,08	-0,14	-0,17	-0,04	-0,05	0,66
16	Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	-0,15	-0,04	-0,05	0,00	-0,18	-0,21	-0,11	0,76
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro	-0,21	-0,06	-0,17	-0,14	-0,22	-0,06	0,00	0,86
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	-0,28	-0,05	-0,17	-0,17	-0,07	-0,04	-0,05	0,82
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	-0,11	-0,15	-0,31	-0,04	-0,10	-0,02	-0,15	0,88
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	-0,34	-0,05	-0,24	-0,06	-0,18	-0,06	-0,04	0,97
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	-0,20	-0,07	-0,17	-0,10	-0,26	-0,03	-0,01	0,85
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	-0,17	-0,06	-0,10	-0,17	-0,10	-0,05	-0,06	0,70
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	-0,06	-0,04	-0,15	-0,19	-0,11	-0,08	-0,03	0,65
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	-0,15	-0,11	-0,11	-0,06	-0,10	-0,09	-0,17	0,78
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	-0,17	-0,08	-0,12	-0,22	-0,03	-0,08	-0,18	0,88
40	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajaí, SC	-0,10	-0,11	-0,11	-0,13	-0,14	-0,02	-0,16	0,76
44	Contorno ferroviário de Curitiba, PR	0,00	0,00	0,00	-0,12	-0,39	-0,20	-0,11	0,81
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecís	-0,17	-0,04	-0,09	-0,17	-0,15	-0,03	-0,03	0,67
56	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	-0,16	-0,04	-0,14	-0,15	-0,21	-0,07	-0,03	0,82
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	-0,17	-0,06	-0,14	-0,14	-0,15	-0,05	-0,07	0,79

Coeficientes de prioridade

Nº	Empreendimento	Δ^+	Δ^-	φ
26	Ferroanel de São Paulo, SP: tramo Norte	0,94	0,97	0,51
25	Avenida Perimetral Santos, SP (margens direita e esquerda)	1,03	0,88	0,46
39	Porto de São Francisco do Sul, SC: construção e recuperação de berços	1,03	0,88	0,46
23	Arco rodoviário do Rio de Janeiro	1,05	0,86	0,45
27	Rodoanel de São Paulo, SP: trecho Sul	1,07	0,85	0,44
1	Porto Vila do Conde-PA, ampliação	1,07	0,84	0,44
24	Porto de Itaguaí, RJ: serviço de dragagem	1,09	0,82	0,43
3	Eclusas Tucuruí, PA, construção	1,10	0,82	0,43
56	Ferrovia Ferronorte: construção trecho Alto Araguaia-Rondonópolis	1,10	0,82	0,43
44	Contorno ferroviário de Curitiba, PR	1,10	0,81	0,43
4	Ferrovia Norte-Sul, TO	1,12	0,79	0,41
2	BR-163, trecho Guarantã do Norte, MT - Rurópolis/Santarém, PA	1,12	0,79	0,41
57	Hidrovia Paraná-Paraguai: serviços de dragagem e derrocagem	1,13	0,79	0,41
38	Porto de Paranaguá, PR: construção e recuperação de berços	1,13	0,78	0,41
12	Ferrovia Nova Transnordestina	1,14	0,77	0,40
7	BR-153/TO: Restauração do trecho Divisa GO/TO -Divisa TO/PA	1,14	0,77	0,40
9	Contorno ferroviário Camaçari - Aratú (BA) - construção	1,14	0,77	0,40
40	BR-470 Via expressa de acesso ao porto de Itajai, SC	1,15	0,76	0,40
16	Ramal ferroviário Estreito-Balsas, MA - construção	1,16	0,76	0,39
6	BR-230/ PA, pavimentação trecho Marabá,Altamira, Medicilândia, Rurópolis	1,18	0,73	0,38
10	Porto de Itaqui, MA - dragagem e recuperação/ampliação de berços	1,20	0,71	0,37
28	Porto de Santos, SP: serviço de dragagem e derrocagem	1,21	0,70	0,37
53	BR-364/MT: pavimentação trecho Diamantino-Campo Novo dos Parecis	1,24	0,67	0,35
14	Porto de Suape, PE, acesso	1,25	0,66	0,35
31	BR-101/ES: inclui contorno Vitória-ES	1,26	0,65	0,34

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)