

# Uma Aplicação Multicritério na Avaliação das Prioridades de Investimentos em Infraestrutura de Transportes no Brasil

**Saul Germano Rabello Quadros Carlos Nassi**

Estudante de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro

**Carlos David Nassi**

Professor, Universidade Federal do Rio de Janeiro

## RESUMO

Este artigo trata do desenvolvimento um estudo sobre decisões de investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil, com base na aplicação do *Analytic Hierarchy Process – AHP*. Para tanto, considera a definição de um conjunto de sete critérios e respectivos parâmetros, estruturados em quatro grupos: logística e transporte, econômico e financeiro, social e ambiental. Visando capturar as distintas “visões” dos especialistas, representantes de setores que contribuem para as decisões sobre transportes no Brasil, propôs-se um conjunto de instituições, das quais se buscou a colaboração por meio de pelo menos um especialista. Como objetivo principal para priorização dos critérios propostos foi considerada uma das metas da política nacional de transporte brasileiro, ou seja, o equilíbrio da matriz modal de transporte de cargas. Assim, cada um dos especialistas que participaram do estudo, considerando a comparação par a par dos critérios, ponderaram suas relativas importância, atribuindo pesos com base na escala utilizada pelo AHP. Os pesos combinados dessas comparações foram utilizados para hierarquizar um conjunto de 15 projetos. Os pesos, de cada um dos critérios, definidos em cada projeto não necessitou da avaliação dos especialistas, pois eles foram obtidos diretamente dos seus atributos. Com isso, podem-se avaliar quais os projetos mais relevantes e analisar as suas importâncias em relação ao objetivo principal que motivou a aplicação do AHP.

## 1. INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste no desenvolvimento de uma proposição para aplicação de método multicritério visando à hierarquização de investimentos governamentais em infraestrutura de transportes, considerando uma visão sistêmica multimodal. Para tanto, propõe-se estabelecer um procedimento e indicar um processo de aplicação do Método de Análise Hierárquica (*Analytic Hierarchy Process – AHP*). A sua efetiva aplicação ocorre em um conjunto de projetos, selecionados do portfólio de investimentos do Plano Nacional de Logística e Transportes – PNL, publicado pelo Ministério dos Transportes do Brasil, considerando a:

- definição dos critérios e sua composição pareada, conforme instituído metodologicamente nos conceitos de uso do *AHP*;
- colaboração de especialistas adequadamente selecionados para preenchimentos dos pesos entre pares de critérios citados; e
- identificação quantitativa do peso de cada um desses critérios nas alternativas de projetos previamente definidos, para aplicação do procedimento proposto.

O enquadramento dessas partes foi promovido por meio do *software Expert Choice*. Os resultados subsidiaram as avaliações de hierarquizações de projetos. Dessa forma, a parte principal do estudo consta de avaliar a relevância de cada um dos critérios definidos, e principalmente de como ela varia em relação aos distintos grupos de especialistas.

Para tanto, a coleta dos pesos pareados dos critérios, definidos para aplicação do *AHP* foram paulatinamente tratada com potenciais especialistas, representantes de instituições de referências, no setor de transporte, tanto públicos, como privado. Em face disso foi possível contar com a colaboração de 33 especialistas, cujos resultados obtidos com os mesmos foram registrados nas respectivas Matrizes de Critérios.

## **2. AVALIAÇÕES DE INVESTIMENTOS EM TRANSPORTES**

Em transportes, as avaliações dos benefícios dependem diretamente da quantificação dos custos associados e podem ser classificados de acordo com sua natureza, ou seja: direta / indireta, interna / externa para o usuário ou de ser ou não representado nas transações de mercado (comercializável / não comercializado). Assim, os benefícios podem ser tidos como tangíveis, por exemplo, redução do tempo de viagem ou intangível, como o aumento de conforto, e pode ser traduzido ou não em termos monetários. Dessa forma, todos os benefícios aplicáveis para o setor de transporte podem ser analisados segundo a "redução" dos custos à sociedade (Vasconcellos, 2003).

Este aspecto é uma medida amplamente percebida para o usuário em movimentação entre dois pontos, e inclui alterações nos custos (como tarifas, despesas de combustível de automóveis e outros). Os itens a serem incluídos nas estimativas dos custos percebidos para uma viagem particular são: mudanças no tempo de viagem, mudanças nas taxas de utilização - incluindo as tarifas e pedágios - e alterações nos custos de operação dos veículos (Department for Transport, 2004). Para as viagens de cargas (o que também é computado nas viagens pessoais) se tem como prevalência as reduções dos custos operacionais.

Definidos quais os benefícios devem ser avaliados, cabe decidir sobre qual abordagem metodológica deve ser aplicada para avaliação e priorização desses investimentos. Tradicionalmente, problemas de decisão de investimento em transportes utilizam-se da Análise Custo Benefício – CBA para atingir o objetivo da maximização do lucro ou minimização dos custos (Button e Pearman, 1983 *apud* Teng e Tzeng, 1996). Para atingir este objetivo, utilizam-se três critérios de avaliação, ou seja, Valor Presente Líquido (VPL), Benefício/Custo (B/C) e Taxa Interna de Retorno (TIR) - (Stopher, Meyburg, 1976, *apud* Teng e Tzeng, 1996). Contudo, as abordagens metodológicas para avaliação, validação e priorização de investimentos em projetos de infraestrutura de transportes não se limitam somente à metodologia baseada em parâmetros econômicos, mas utilizam também outros métodos, destacando-se, neste caso, os métodos multicritérios. Os métodos multicritérios permitem avaliar simultaneamente as soluções que atendem a mais de um objetivo, por mais de um critério, podendo ou não abordar interdependências entre essas soluções (alternativas)

consideradas como elementos de avaliação. Dentre as técnicas de análise multicritério, está o método *AHP* (Saaty, 1980).

Para exemplificar o contexto, destaca-se como referência sobre a comparação de abordagens metodológicas, o estudo desenvolvido por Tudela *et al.* (2006). Nesse estudo, faz-se a comparação entre o método de avaliação pela relação custo versus benefício e o multicritério (*Analytic Hierarchy Process – AHP*), na avaliação e decisão de investimento de infraestrutura urbana, considerando uma aplicação com base em projetos de transportes no sistema viário no bairro Chiguayante, Concepción, Chile. Os critérios utilizados para aplicação do *AHP* são estruturados considerando atributos de custos e de benefícios. Aplica-se ainda o método de Preferência Declarada – PD, junto à população da área de influência do projeto. Além disso, as avaliações possuem três distintos graus de informações para aplicação do *AHP*.

Constam como critérios para aplicação do *AHP*, os aspectos relacionados com os benefícios e custos econômicos e ambientais, considerando, respectivamente: economia do tempo de viagem, economia de combustível, redução do custo operacional, redução dos intervalos entre viagens e redução de acidentes, melhoria da acessibilidade; custo de investimento, custo de manutenção, ruído, poluição do ar e intrusão visual. A principal conclusão, a partir dos resultados obtidos por Tudela *et al.* (2006) é que o processo de decisão deve incorporar outros aspectos, além dos econômicos, pois os mesmos afetam a priorização dos investimentos avaliados.

### **3. ANÁLISE MULTICRITÉRIO E O MÉTODO AHP**

Essa abordagem se adéqua aos problemas de investimentos governamentais, sendo utilizado por diversos autores (Saaty, 1977, Azis, 1990; Lisboa e Saragiotto, 2004; Tudela, Akiki, *et al.*, 2006; Hotta, 2007; Kuwahara, 2008; Silva e Netto, 2010) para analisar o problema de tomada de decisão na prioridade sobre investimentos em infraestrutura de transportes. Diversas técnicas foram desenvolvidas para realizar análises multicritério, destacando-se, segundo Rafaeli (2009): *Elimination Et Choix Traduisant la REALité – ELECTRE*; *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations – PROMETHEE*; *Multi Attribute Utility Theory – MAUT*; *Analytic Hierarchy Process – AHP*; *Non-Traditional Capital Investment Criteria – NCIC*; *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique – MACBETH*; *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution – TOPSIS*; *Data Envelopment Analysis – DEA*; e *Tomada de Decisão Interativa Multicritério – TODIM*.

Entre todas essas técnicas, com base nos autores citados anteriormente, o método *AHP* apresenta diversas aplicações, tanto para o transporte regional, como para o transporte urbano, especialmente para os problemas de planejamento, e particularmente, com significativos estudos visando análises para o Brasil. O método *AHP* busca identificar e dar pesos a múltiplos critérios de seleção, considerando alternativas existentes. Ele ainda

incorpora medidas de avaliação objetivas e subjetivas e permite testar a sua consistência (Saaty, 1980). O processo de aplicação do AHP é constituído de três fases. A primeira fase consiste em definir uma meta, e sob ela, relacionar os critérios, e em seguida, a combinação desses com as alternativas disponíveis. A segunda fase está relacionada à comparação das alternativas e dos critérios. Para tanto, defini-se uma escala, em termos linguísticos, associada a valores numéricos. Ainda nessa fase, defini-se uma matriz de comparação. A terceira fase, portanto, consta da determinação da contribuição de cada critério na meta organizacional e é calculado a partir do vetor de prioridade ou vetor de Eigen. O método AHP é baseado em comparações par a par, dispostas numa matriz quadrada  $n \times n$ , onde as linhas e as colunas correspondem aos  $n$  critérios analisados para o problema em questão, conforme mostrado a seguir:

$$A = [\alpha_{ij}]_{n \times n} \quad (1)$$

onde, cada linha  $i \in N$  fornece as razões entre o peso do critério de índice  $i$ , em relação aos demais  $j \in N$ , sendo  $N = \{1, 2, \dots, n\}$ . Assim,  $\alpha_{ij}$  corresponde ao peso (valor) dado por um especialista, quando compara o critério da linha  $i \in N$  com um dos critérios nas colunas  $j \in N$  da matriz  $A$ . A matriz  $A$  é tal que  $\alpha_{ij} = \frac{1}{\alpha_{ji}}$ , e positivas, sendo ainda  $\alpha_{ij} = 1$  quando

$i = j$  para todo  $i, j \in N$ . A escala recomendada por Saaty (1990) vai de 1 a 9 com 1 significando a indiferença de importância de um critério em relação ao outro, e 9 significando a extrema importância de um critério sobre outro. Os demais estágios intermediários de importância estão entre esses extremos. Segundo Vargas (2010), a partir da matriz  $A$  obtêm-se os pesos normalizados  $v_{ij}$  para todo  $i, j \in N$ . A normalização é feita pela divisão entre elemento da matriz  $A$  com o total da respectiva coluna, ou seja,

$v_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i \in N} \alpha_{ij}}$ , onde  $\sum_{i \in N} v_{ij} = 1, \forall j \in N$  (Saaty, 1990). Dessa forma, a matriz normalizada é

apresentada na Expressão (2).

$$\bar{A} = [v_{ij}]_{n \times n} \quad (2)$$

Geralmente, ocorrem inconsistências (como previsto pelo método). O índice de consistência de uma matriz pareada é utilizado para mostrar quando o máximo autovalor  $\lambda_{max}$  de  $A$  está afastado do valor esperado. O valor teórico de  $\lambda_{max}$  é  $n$ , sendo que este representa o número de critérios definidos e, portanto, seu desvio é dado por  $(\lambda_{max} - n)$ . Sendo  $\lambda_{max}$  o máximo autovalor de  $A$ , seja  $w$  o autovetor de  $A$  tal que o mesmo corresponde ao vetor de prioridades. Saaty (1980) demonstrou que o vetor  $w$  a ser encontrado deve satisfazer a Expressão (3).

$$Aw = \lambda_{max} w \quad (3)$$

Considerando que:

- No caso de um decisor consistente,  $w_i, \forall i \in N$ , pode ser obtido pela solução não trivial de  $Aw = nw$ ; e

- No caso de um decisor não perfeitamente consistente, então, um vetor de valores, deverá ser encontrado que satisfaça a Expressão 4.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i \in N} v_i \frac{[Aw_i]}{w_i} \quad (4)$$

Com isso, pode-se afirmar que  $\lambda_{\max}$  permite avaliar a proximidade dos julgamentos realizados com a escala de razões que seria usada se a matriz  $A$  fosse totalmente consistente. Isso pode ser feito por meio do cálculo de um índice de consistência ( $IC$ ) e da razão de consistência ( $RC$ ), sendo que o índice de consistência é dado por:

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

A razão de consistência  $RC$  é determinada pela razão entre  $RC$  e o índice de consistência aleatória ( $IR$ ), sendo que o valor de  $IR$  é obtido a partir da Tabela 1. Para a avaliação, quanto maior for o  $RC$ , maior a inconsistência. A matriz é normalmente considerada consistente se a razão for menor que 10%, conforme mencionado anteriormente sobre o vetor de *Eigen*.

	Número de critérios ( $n$ )									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$IR$	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

**Tabela 1: Índices de consistência aleatória ( $IR$ )**

Por meio dessa base teórica, tem-se a adaptação da metodologia ao setor de transportes. Para avaliação da viabilidade e priorização de investimentos, faz-se a identificação dos objetivos e critérios a serem considerados e ponderados, sendo as alternativas de solução os projetos de infraestrutura de transporte propostos.

## 4. PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO AHP

### 4.1. Conceitos da Proposta de Aplicação do AHP

Uma das condições estabelecidas no desenvolvimento deste trabalho, consta da priorização de projetos que estejam integrados e definidos no contexto de sistema de viação brasileiro. Essa premissa visa garantir que a concepção, definição e proposição dos projetos de infraestrutura de transporte ocorram sob as mesmas condições de avaliação do equilíbrio entre a oferta e demanda de transporte de um sistema multimodal, onde cada projeto se insere como uma alternativa, cujo procedimento de validação é sempre o mesmo para qualquer alternativa concebida.

Pretende-se, com isso, evitar na aplicação do procedimento proposto, incoerências quanto às definições dos critérios a serem utilizados na execução de hierarquização e priorização dos projetos, em face de se tratarem de diferentes abordagens e/ou concepções. Assim, são condições de contorno para a aplicação do procedimento proposto que:

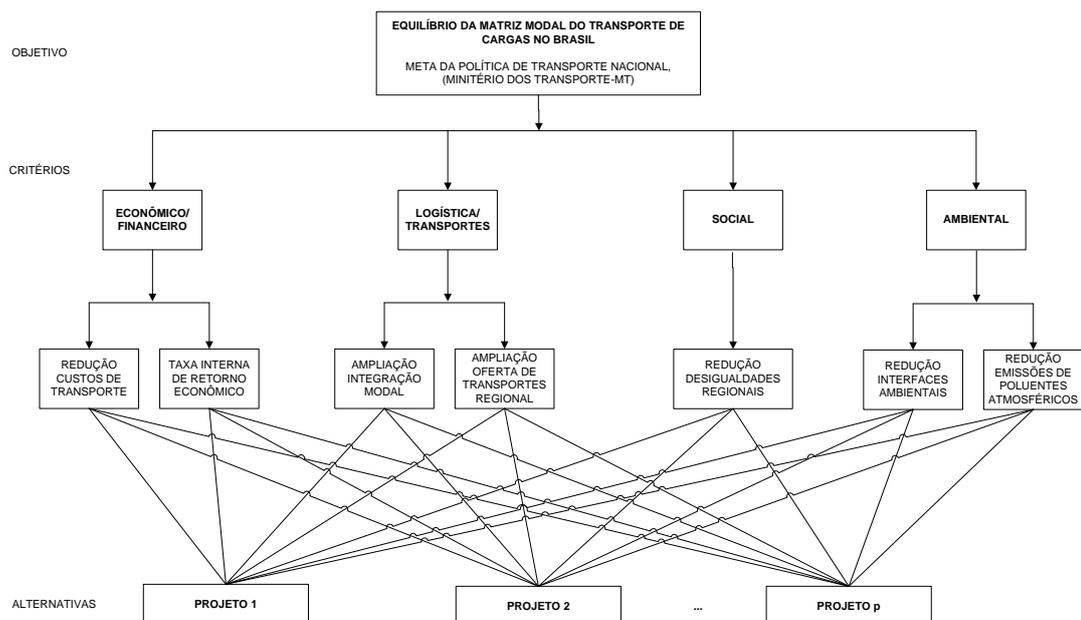
- I. as alternativas caracterizadas por projetos de infraestrutura de transporte a serem consideradas no processo de hierarquização e priorização possuam a mesma origem metodológica na sua concepção e definição;
- II. os objetivos e metas de tais alternativas sejam os mesmos (possuam um mesmo plano de metas).

Nesse contexto, considera-se que uma solução de transporte normalmente é definida por um projeto de engenharia, o qual possui atributos que o qualificam sobre quatro aspectos principais, ou seja: econômico/financeiro, transporte/logística, social e ambiental. Assim, um projeto concebido como uma solução de transporte tem seus critérios relacionados e definidos da seguinte forma (Tabela 2):

CRITÉRIOS	INDICADORES				UNIDADE
	Sigla	Nível 1	Parâmetro	Descrição	
<i>Econômico/ Financeiro</i>	C1	Redução dos Custos de Transportes	Operacional e Logístico	Equivalente aos custos incidentes no transporte voltados para o comércio exterior	\$
	C2	Ampliação da Viabilidade do Projeto	Taxa Interna de Retorno TIR	Retorno socioeconômico do projeto de infraestrutura de transportes	% ( <i>lucro</i> )
<i>Logística/ Transportes</i>	C3	Ampliação da Integração Modal	Terminais de Integração	Novos pontos de intermodalidade no sistema viário nacional	<i>u.n.</i>
	C4	Ampliação da Oferta de Transportes Regional	Segmentos Viários	Aumento da infraestrutura viária na região de inserção do projeto	% ( <i>m/km<sup>2</sup></i> )
<i>Social</i>	C5	Redução das Desigualdades Regionais	Índice de Desenvolvimento Humano	Equivalência a média do índice de desenvolvimento humano das microrregiões onde se insere cada projeto viário	<i>IDH</i>
<i>Ambiental</i>	C6	Redução das Interfaces Ambientais	Interferência em Áreas de Proteção Ambiental	Grau de inserção territorial do projeto viário nas áreas legalmente demarcadas para proteção ambiental (permanentes ou de uso sustentável)	<i>km</i>
	C7	Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos	Emissão de CO <sub>2</sub>	Quantidade emitida de CO <sub>2</sub> na atmosfera	<i>ton/m<sup>3</sup></i>

**Tabela 2: Critérios, indicadores e unidades utilizadas na proposição de uso do AHP.**

Com base nos critérios apresentados, propõe-se uma aplicação estruturada no AHP, conforme Figura 1. Com o objetivo de avaliar as ponderações de especialistas sobre o transporte de carga no Brasil, frente a conjunto de projetos, profissionais da área de transportes, com visões distintas, foram selecionados. As instituições listadas na Tabela 3 foram aquelas consideradas neste estudo. Para evitar qualquer desvio nas ponderações dos especialistas, garantiu-se um equilíbrio quantitativo no número total de especialistas selecionados por grupo de instituições. Considerando que se trata de projetos de infraestrutura de transportes, com abrangência nacional, a escolha dos especialistas procurou garantir a representatividade de instituições que possuam essa característica.



**Figura 1: Estrutura hierárquica proposta para aplicação do AHP.**

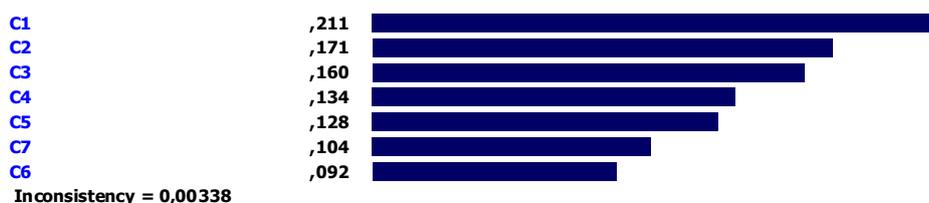
Natureza	Atuação	Instituições - Profissionais
Governamental (10)	Transportes: <i>Planejamento, Execução e Regulação.</i>	- Ministério dos Transportes – MT (1) - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2) - Infraero Empresa Brasileira de Infraestrutura Aeroportuária (1) - Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (2)
	Planejamento: <i>Gestão e Orçamento</i>	- Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – MPOG (2)
	Instituição de Financiamento	- Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES (2)
Não Governamental (setor produtivo) (6)	Transportes:	- Confederação Nacional dos Transportes – CNT (1) - Associação Nacional das Empresas de Transportadores Urbanos – NTU (1) - Sindicato Nacional das Empresas de Navegação Marítima – SYNDARMA, Sindicato das Agências de Navegação Marítima e Atividades Afins do Estado do Rio de Janeiro – SindaRio (1) - Sindicato dos Operadores Portuários do Município de Itaguaí – Sindopita (1)
	Indústria:	- Confederação Nacional da Indústria – CNI (1)
	Agricultura	- Confederação Nacional da Agricultura – CNA / Sociedade Nacional de Agricultura – SNA (1)
Acadêmicos (9)	Universidades	- Cursos de Engenharia e Pós-Graduação em Engenharia de Transporte - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (2) - Universidade Federal Fluminense – UFF (1) - Universidade Federal do Amazonas – UFAM (1) - Universidade Federal da Bahia – UFBA (1) - UNISINOS- RS (1) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS (1) - Universidade Federal do Espírito Santo – UFES (2)
Especialistas (8)	Consultores e Empresas Privadas	- Especialistas com Notório Saber, nas áreas de Planejamento e Operação de Transportes; Produção e Economia; e Meio Ambiente (8)

**Tabela 3: Instituições selecionadas**

#### 4.2. Análise dos resultados obtidos com o método AHP

Para análise dos resultados utilizou-se o *software Expert Choice 11 (Expert Choice Inc.)*. A coleta dos pesos pareados dos critérios, definidos para aplicação do método AHP foram

obtidas com especialistas, das respectivas instituições de referência, conforme Tabela 3. Cada um dos especialistas realizou sua análise sobre a Matriz de Critérios, estabelecida com base na Tabela 2, inserindo um peso para cada critério. A ponderação foi realizada com base em uma avaliação de importância entre os critérios propostos, avaliados dois a dois, conforme descrito na Seção 3. Em seguida, o *software Expert Choice* foi utilizado para hierarquizar os critérios. A Figura 2 apresenta o resultado combinado, considerando os pesos estabelecidos por todos os 33 especialistas colaboradores.



**Figura 2: Prioridades entre os critérios propostos – Resultados Combinado (Global).**

Verifica-se que o critério com maior prioridade na ponderação dos especialistas de todos os grupos (Figura 2) trata-se da “*Redução dos Custos de Transportes*”, ou seja, C1. Em seguida vem, nessa ordem, “*Ampliação da Viabilidade do Projeto*”, C2, “*Ampliação da Integração Modal*”, C3, “*Ampliação da Oferta de Transporte Regional*”, C4, “*Redução das Desigualdades Regionais*”, C5, “*Redução das Emissões de Poluentes Atmosféricos*”, C7 e, por fim, a “*Redução das Interfaces Ambientais*”, C6.

Dessa forma, a aplicação dos pesos dos critérios estabelecidos, conforme ilustração da Figura 2 ocorreu em um conjunto de 15 projetos, dos modos rodoviário (R), ferroviário (F) e hidroviário (H), pertencentes ao portfólio do Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT, elaborado pelo Ministério dos Transportes do Brasil. Esses projetos foram selecionados de um conjunto pertencente a um território definido pelo os Estados do Amazonas, Rorâima, Acre e Rondônia, e parcialmente os Estados de Mato Grosso e Pará. Dessa forma, inclui uma considerável quantidade do Bioma Amazônico brasileiro. A Tabela 4 registra as descrições desses projetos, cuja responsabilidade de suas execuções está a cargo do Governo Federal do Brasil e formam um conjunto de projetos tratados sob uma mesma metodologia, ou seja, a utilizada pelo PNLT (MT, 2009).

Os pesos de cada critério em cada alternativa foram obtidos diretamente dos seus próprios atributos. A Figura 3 ilustra a entrada de dados dos pesos normalizados dos projetos selecionados, classificados como alternativas, para aplicação pelos conceitos do AHP. Esse processo de normalização considerou como referência o valor que representava a “maxima” importância, tanto para “reduções” como para “ampliações”, segundo a natureza de cada critério definido.

A hierarquização ilustrada na Figura 4 indica as prioridades das alternativas de soluções definidas pela aplicação do AHP. Pela ilustração citada, a alternativa “A02\_1” resulta com o maior grau de prioridade, e equivale ao projeto ferroviário, como descrito na Tabela 4.

Considerando, então, que se trata de otimizar o “*equilíbrio da matriz modal de transporte de cargas*”, no caso da aplicação elaborada, os seus resultados demonstraram que a hierarquia das alternativas apresentaram como prioridades, os correspondentes projetos ferroviário e hidroviário, como o primeiro e terceiro mais relevantes, o que converge para se alcançar um maior equilíbrio na participação desse modos no transporte de cargas e, portanto, apresenta uma validação da proposta de aplicação do AHP.

Nº	Modo	Código	UF(s)	Tipo	Descrição
001	R	A01_1	RO, AM	Construção	BR-319: Trecho Porto Velho/RO Manaus/AM.
002	R	A01_2	AC, RO	Construção Pavimentação	BR-364: Interligação rodoviária entre Cruzeiro do Sul/AC – Sena Madureira/AC, Rio Branco/AC – Porto Velho/RO.
003	R	A01_3	PA	Construção Pavimentação	BR-230: Trecho Marabá (PA) Humaitá/AM e Lábrea/AM
004	R	A01_4	AM	Implantação Construção	BR-317: Lábrea/AM e a Divisa AM/AC passando por Boca do Acre/AM
005	R	A01_5	RR	Pavimentação	BR-210: Trecho Entre Rios/RR até SJ. Baliza/RR
006	R	A01_6	MT, PA	Duplicação Constr./Pav.	BR-163: Trecho Guarantã do Norte/MT - Santarém/PA. Trecho Sinop/MT - Matupá/MT, Recuperação.
007	R	A01_7	MT	Construção Pavimentação	BR-174: Trecho entre Juína/MT - Aripuanã/MT. Trecho Próximo ao Km-20, na Divisa RO/MT.
008	R	A01_8	MT	Pavimentação	BR-242: Trecho Ribeirão Cascalheira/MT (BR-158) - Sorriso/MT (BR-163).
009	R	A01_9	RO	Pavimentação	BR-429: Trecho entre o entroncamento BR-364/BR-429 - Costa Marques/RO.
010	R	A01_10	RR	Pavimentação	BR-401/432: Bonfim/RR - Normandia/RR.
011	R	A01_11	RR	Construção Pavimentação	BR-433: Trecho entre o entroncamento BR-433/BR-174 - Sumuru/RR.
012	R	A01_12	MT	Construção Pavimentação	BR-364: trecho Diamantino/MT – Sapezal/MT – Comodoro/MT – Campo Novo do Parecis/MT.
013	R	A01_13	RR	Pavimentação	BR-431: trecho de Santa Maria/RR até Jundiá/RR, (Rorainópolis/RR)
014	F	A02_1	MT, RO, AC	Construção	EF-354: Litoral Norte Fluminense/RJ - Fronteira Brasil-Peru (Boqueirão da Esperança/AC).
015	H	A03_1	MT, PA.	Implantação	Ligação hidroviária: Teles Pires e Tapajós, do norte do estado de Mato Grosso até Santarém/PA.

**Tabela 4: Identificação dos projetos selecionados do Vetor Logístico Amazônico.**

Esse aspecto da validação indica, ainda, que a utilização de mais de um critério, como subsídios nas decisões de investimentos em infraestrutura de transportes gera uma inovação, tanto na forma de participação e colaboração de diversos setores e instituições, por meio de técnicos especialistas, como promove, em certa medida, uma “democratização” desse processo decisório.

Alternative	Total	C1 (L: .211)	C2 (L: .171)	C3 (L: .168)	C4 (L: .134)	C5 (L: .128)	C6 (L: .092)	C7 (L: .184)
A01_1	304	.410	.249	.231	.086	.953	.051	.000
A01_2	288	.004	.249	.538	.102	1.000	.185	.000
A01_3	277	.085	.333	.231	.286	.953	.048	.000
A01_4	183	.000	.000	.308	.046	.956	.027	.022
A01_5	140	.000	.000	.000	.006	.870	.200	.087
A01_6	261	.079	.499	.154	.112	.882	.066	.003
A01_7	281	.001	.250	.077	.027	.835	1.000	.038
A01_8	534	1.000	1.000	.077	.040	.781	.352	.009
A01_9	146	.000	.000	.077	.035	.875	.108	.069
A01_10	169	.000	.000	.077	.019	.944	.206	.135
A01_11	266	.000	.000	.000	.003	.918	.475	1.000
A01_12	182	.011	.249	.000	.074	.805	.042	.002
A01_13	153	.000	.000	.077	.015	.870	.095	.175
A02_1	770	.910	1.000	1.000	.071	.871	.014	.003
A03_1	394	.022	1.000	.462	.100	.910	.012	.032

Figura 3: Grade de valores correspondentes aos pesos normalizados - *Expert Choice*.

A importância dessa inovação se justifica tanto pela diversidade de áreas envolvidas no processo decisório citado, como pela amplitude dos tipos de demandadores por investimentos no setor de infraestrutura de transportes.

Os resultados obtidos pelo uso dessas informações, com a utilização do *software Expert Choice*, registram-se na ilustração da Figura 4.

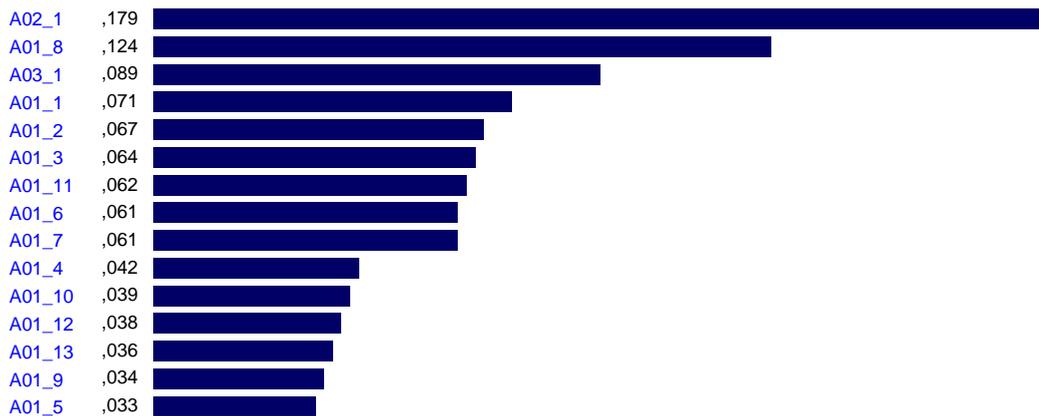
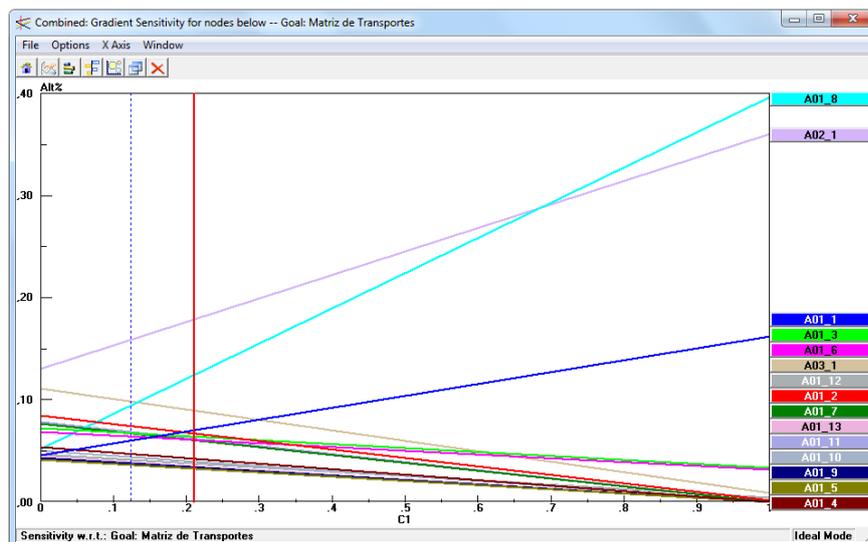


Figura 4: Hierarquização das Alternativas – resultado combinado global.

O fato do resultado da aplicação apresentar entre os projetos mais relevantes na hierarquização, aqueles do modo ferroviário e hidroviário, indica, também, que os atributos dos mesmos, em relação aos critérios ponderados pelos especialistas colaboradores, atendem de forma mais significativa às expectativas expressas nessas ponderações.

Considerando que o Critério “C1”, que consta da “*redução dos custos de transportes*” foi considerado o mais relevante, conforme ilustração da Figura 2 (com peso de 0,211) um dos resultados que se poderia esperar, trata-se da priorização dos projetos ferroviários e hidroviários como uma dos mais relevantes, tal como ocorreu na aplicação descrita anteriormente. Essa expectativa justifica-se, pois os custos de transportes nesses modos tendem a valores menores do que os praticados no transporte rodoviário.

Realizando uma análise de sensibilidade por meio do *software Expert Choice* obtém-se o gráfico da Figura 5, que subsidia, por meio de sua ilustração, ao se observar pela linha vertical tracejada que, ocorrendo uma redução do peso do Critério “C1” de 0,211 para 0,130 promoveria uma redistribuição dos pesos dos demais critérios, suficiente para que a Alternativa “A03\_1”, que consta do projeto hidroviário listado na Tabela 4, invertesse a sua posição com a Alternativa “A01\_8”, surgindo, nesse cenário, como a segunda alternativa mais relevante.



**Figura 5: Gradiente de Sensibilidade - alteração de posição entre “A01\_8” e “A03\_1”.**

Com base nas informações do PNLT, pode-se identificar que o ano de operação dos três projetos mais relevantes na hierarquia de priorização constava, para a primeira e terceira, de 2011, e a segunda de 2015. Buscando-se informações oficiais quanto à fase executiva desses projetos pode-se identificar também, que com exceção do projeto rodoviário “BR-242”, os outros, no primeiro semestre de 2012, contavam com elaboração de projetos de engenharia, e estudos de viabilidade técnica e econômica, ou seja, suas obras não tinham sido concluídas.

Com isso, deduz-se que existem indicações de uma idiossincrasia entre o planejamento elaborado para tais projetos e as reais condições de suas implantações. Essa afirmação é validada, principalmente em relação às alternativas “A02\_1”, construção ferroviária: **EF-354** e, “A03\_1”, implantação hidroviária: **Teles Pires e Tapajós**. Isso indica que o principal objetivo do PNLT, no Vetor Logístico Amazônico não poderá ser garantido, exatamente como foi planejado.

## 6. CONCLUSÕES

Por meio do AHP foi produzida uma avaliação sobre a prioridade de critérios que podem ser utilizados como parâmetros nas decisões governamentais brasileiras, sobre investimentos em infraestrutura de transportes. Considerando contemplar a maior diversidade possível de especialistas envolvidos com decisões no setor de transporte no

Brasil, propôs-se a classificação deles em quatro distintos grupos, denominados de: “Governamental”, “Acadêmicos”, “Não Governamental – Setor Produtivo” e “Especialistas - Consultores”. Dessa forma, pode-se contar com 33 colaboradores, de naturezas técnicas distintas, nas ponderações dos critérios definidos para avaliação.

O resultado mais relevante foi a indicação de uma tendência dos especialistas na priorização do critério “redução de custos de transportes”, C1, em relação aos demais critérios, tanto para a combinação global de seus resultados, independente dos grupos aos quais pertençam, bem como para três dos quatro grupos definidos. Essa priorização do critério C1 pode ser ainda comparada com os critérios que tratam das questões de preservação ambiental, ou seja, “redução das interfaces ambientais” e “redução das emissões de poluentes atmosféricos”, C6 e C7, que foram priorizadas como as de *menor importância*.

Considerando um conjunto de questões analisadas no ambiente socioeconômico brasileiro, identificou-se a possibilidade desses resultados estarem associados à ao fato de serem os critérios de menor importância, aqueles que normalmente geram óbices aos investimentos em infraestrutura no Brasil, principalmente pela questão do licenciamento ambiental, e com isso, de forma indireta, não contribuem para reduções dos custos de transportes.

Devida a amplitude de instituições representadas pelos especialistas que participaram desse estudo, pode-se deduzir do resultado de todos os seus pesos combinados, que a prevalência na decisão sobre investimentos em infraestrutura de transporte no Brasil, direciona-se para privilegiar todo e qualquer projeto que promova, em comparação a outros, os maiores benefícios pelas reduções dos custos de transportes.

Essa tendência, representada por uma consciência coletiva daqueles que se relacionam com decisões sobre transporte no Brasil, pode estar associada às características e necessidades de uma economia em desenvolvimento, e de diversas outras deficiências do sistema viário brasileiro, que contribuem para um dos mais elevados custos de logística e transporte de cargas do mundo.

Os resultados obtidos sobre as prioridades de investimentos apontaram como mais relevantes, na primeira e terceira colocação, as alternativas correspondentes aos projetos ferroviário e hidroviário, respectivamente. Isso indicou que a proposição de aplicação do AHP, visando “otimizar” o objetivo principal – “*equilíbrio da matriz modal de transporte de carga*” – apresentaram-se coerentes, pois sem a priorização de maior relevância desses projetos, em relação aos demais, não se pode esperar que tal objetivo seja alcançado no menor tempo possível, durante o horizonte de investimentos definidos pelo PNLT.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BRANCO, M.C. (2008). Análise Custo - Efetividade: sua Aplicação como Auxílio para a Definição de Políticas de Regulamentação do Uso de agrotóxicos. *Dissertação de Mestrado*. Curso de Gestão Econômica do Meio Ambiente, Departamento de Economia, Universidade de Brasília – UNB, Brasília/DF, Brasil.
- HOTTA, L.H. (2007). Avaliação comparativa de tecnologia de transporte público urbano: ônibus versus transporte público individualizado. *Dissertação de Mestrado*. Departamento de Transportes, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos/SP, Brasil.
- KUWAHARA, N. (2008). Planejamento integrado do setor de transporte de carga na amazônia: metodologia de análise e hierarquização de alternativas de investimentos em infraestrutura de transportes. *Tese de Doutorado*. Engenharia de Transportes, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes – PET, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro/RJ, Brasil.
- LANG, A.E. (2007). As ferrovias no Brasil e avaliação econômica de projetos: uma aplicação em projetos ferroviários. *Dissertação de Mestrado*. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília – UNB, Brasília/DF, Brasil.
- LISBOA, M.V. e SARAGIOTTO, L.F.R. (2004). “Aplicação do Analytic Hierarchy Process – AHP em Estudos de Alternativas de Traçados de Rodovias: O Caso do Trecho Norte do Rodoanel Mário Covas”. In: *XVIII ANPET – Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes, Comunicação Técnica*, pp.180-187, Florianópolis/SC, novembro.
- MARTINS, P.J.M. (2002). Externalidades e custos externos: alguns conceitos quanto à sua avaliação e internalização no sector dos transportes. In: *Conferência Científica e Tecnológica em Engenharia, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa – ISEL*, Portugal, maio.
- MT – Ministério dos Transportes (Ministry of Transport), MD – Ministério da Defesa (Ministry of Defense). Plano Nacional de Logística e Transportes – PNLT (National Plan of Logistics and Transportation): Relatório Executivo. Secretaria de Política Nacional de Transportes - SPNT. Brasília, Distrito Federal, Brazil, 468p, 2007.
- PINTO JUNIOR. *et al.* (2009). *Projeto PIB: Perspectivas do Investimento em Transportes no Brasil*. BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento, Instituto de Economia UFRJ e Instituto de Economia da UNICAMP, Rio de Janeiro/RJ, Brasil, 234p.
- RAFAELI, L. (2009), Análise de envoltória de dados como ferramenta para avaliação do desempenho relativo. *Dissertação de Mestrado*. Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil.
- SAATY, T.L. (1977). Scenarios and priorities in transport planning: application to the Sudan. *Transportation Research, Volume 11*, Issue 5, October, pp. 343–350.
- SAATY, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. MacGraw – Hill.
- SAATY, T.L. (1990). *Decision Making for Leaders*. Pittsburg, PA, USA: RWS. Publications.

- SEHN, D. (2009). Avaliação econômica de projetos de infraestrutura de transportes: uma metodologia aplicada à tomada de decisão governamental. Ciências Econômicas, Departamento de Ciências Econômicas, Centro Sócio Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis/SC, Brasil.
- SILVA, R. B., NETO, M. A. C. (2010). Uma estrutura de apoio à decisão para orientar a escolha de projetos prioritários para a infraestrutura de transporte do Brasil. In: *XLII SBPO, Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional*, Bento Gonçalves/RS, setembro Brasil.
- TBS – Treasury Board of Canada Secretariat. (2008). A Report on Plans and Priorities. 2008-2009. Canadá.
- TENG, J.W.; TZENG, G.H. 1996. A multiobjective programming approach for selecting non-independent transportation investment alternatives. *Transportation Research Part B: Methodological*, Volume 30, Issue 4, August, pp. 291–307.
- TUDELA, A.; AKIKI, N.; CISTERNAS, R., 2006, Comparing the output of cost benefit and multi-criteria analysis: An application to urban transport investments. *Transportation Research Part A*, vol. 40, pp. 414-423.
- VARGAS, R. V. 2010. Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process – AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio. In: *PMI Global Congress*, Washington – DC – USA.
- VASCONCELLOS, E.A. 2003. Inclusion of Social Benefits in Road Transport Planning. Framework for the inclusion of social benefits in transport planning. *Department for International Development*, United Kingdom, 15p.