

ARTIGO

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (MAH) NA ANÁLISE E AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES URBANOS

Dominique Mouette

Depto. de Engenharia de Transportes (PTR/EPUSP)

Jurandir F. R. Fernandes

Depto. de Engenharia de Sistemas (FEE/UNICAMP)

RESUMO

O estudo de impacto ambiental envolve uma grande quantidade de critérios e parâmetros, sendo necessário o trabalho conjunto de uma equipe multidisciplinar. A complexidade dos impactos decorrentes dos sistemas de transportes urbanos que possuem características e magnitudes muito diferentes, somada à não obrigatoriedade do estudo, fizeram com que poucos estudos fossem efetuados e tornou evidente a necessidade de metodologias de avaliação dos mesmos. Este estudo aborda a utilização do **Método de Análise Hierárquica**, um procedimento multicriterial na análise e avaliação dos impactos ambientais dos sistemas de transportes urbanos.

ABSTRACT

The study of environmental impacts involves a large amount of criteria and parameters being necessary to work with a multidisciplinary team. The impacts due to urban transportation are very complex having different characteristics and magnitude, besides that, in Brazil, these studies are not obliged by law. These facts leads to few studies of the environmental impacts and evidences the necessity of developing methodologies which makes possible the impact's evaluation. This study refers to the utilisation of the Analytical Hierarchy Process, a multicriteria procedure in the evaluation and analysis of environmental impacts in urban transportation.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente está mais evidente e importante a cada dia. Fato claramente notado tanto pelas pressões sociais quanto legais. O estudo de impactos ambientais, normalmente feito devido às exigências legais, tem se tornado mais importante no processo de decisão e abrangido um espectro muito maior. Atualmente, a questão ambiental engloba, além da dimensão física e biológica, a social e a econômica, sendo uma preocupação de várias áreas distintas.

Entretanto, dentre as atividades consideradas efetiva ou potencialmente modificadoras do meio ambiente, as quais necessitam de um estudo prévio de impacto ambiental para seu licenciamento, não se encontra incluído o transporte urbano. Em parte, isto é explicado pelo fato da avaliação dos impactos no meio urbano não ser objeto de muitos estudos, uma vez que o licenciamento não é constantemente necessário em empreendimentos nas cidades.

Os sistemas de transportes são responsáveis pela queda da qualidade de vida devido aos impactos ocasionados. Estes vão muito além da poluição sonora e atmosférica, e englobam alterações nas características da região, ocasionando modificações nas estruturas social, econômica e física. Deste modo, o estudo dos impactos dos sistemas de transportes envolve uma série de critérios e parâmetros que possuem características e amplitudes diferentes.

A complexidade dos impactos decorrentes dos sistemas de transportes urbanos, somada a não obrigatoriedade de avaliação dos mesmos, fizeram com que poucos estudos fossem efetuados, evidenciando a necessidade de metodologias de análise desses impactos.

2. IMPACTOS DOS SISTEMAS DE TRANSPORTES

O estudo de impacto ambiental deve considerar primeiramente as diferentes alternativas. No caso de transportes, deve-se considerar as várias tecnologias e suas características intrínsecas. Por exemplo, o ônibus a diesel é uma grande fonte de poluição, enquanto que o metrô um forte indutor urbano. Além das questões tecnológicas, há que se considerar as diferentes alternativas de traçado uma vez que o impacto está também diretamente relacionado à estrutura urbana.

Dentre os diversos impactos decorrentes dos sistemas de transportes tem-se os **primários**, consequência direta da intervenção, e os **secundários**, devidos ao desencadeamento de ações e reações.

Pode-se citar entre os impactos primários: poluição sonora e atmosférica; intrusão visual; segregação urbana; desapropriações; variação no uso do solo; aumento da acessibilidade; alteração na configuração espacial da cidade. Entre os secundários: danos à saúde humana; queda de produtividade; insegurança devida a acidentes; danos ao patrimônio histórico, físico e cultural; ruptura ou queda do comércio local; perda da identidade local e dos habitantes; variação no valor do solo; queda ou aumento da mobilidade; geração de empregos; adensamento urbano; redução do tempo e do custo de deslocamento.

Para facilitar a análise e identificação, os impactos acima citados são divididos em vários tipos: ambientais, sociais, econômicos e na configuração urbana, que pertencem à categoria sócio-espacial.

3. AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS

A avaliação de impactos envolve não somente a definição e relevância dos impactos possíveis e variáveis a cada caso, mas uma quantificação e interpretação dos resultados.

A quantificação, e posterior avaliação dos impactos apresentam algumas dificuldades. Primeiramente, há uma grande quantidade de parâmetros a serem avaliados e muitos não são mensuráveis. Outra questão é a ponderação de impactos com magnitudes muito diferentes, resultando em comparações não significativas. É o caso em que se compara diretamente o custo de implantação com a tarifa, ou o número de passageiros transportados com o de desapropriações. Também muito importante é a avaliação conjunta de todos os impactos, tais como julgar a relação entre a queda de produtividade e os danos ao patrimônio com a valorização imobiliária, o que não resultará em uma análise adequada. Ou seja, os impactos têm características muito diferentes, ressaltando-se ainda que há os impactos positivos e os negativos. Portanto, não é possível efetuar-se uma avaliação conjunta de todos, de tal forma que uma análise comparativa seja conclusiva através de uma análise individual.

Um método que facilita esta análise é o agrupamento dos impactos nos vários tipos considerados. Entretanto, analisando-se os impactos nota-se que alguns pertencem a mais de um grupo; a segregação urbana é um impacto ambiental e social. Por outro lado, os impactos secundários são decorrentes dos primários o que impede o agrupamento dos mesmos. Portanto, apesar destes agrupamentos em categorias auxiliarem no estudo, eles não são suficientes.

Pode-se efetuar uma classificação mais abrangente onde são considerados:

- **elementos:** tudo o que é objeto de análise;
- **critério:** os tipos de impactos que devem ser estudados, quantificados e minimizados;
- **parâmetros:** os elementos de avaliação, no caso os impactos primários e secundários que fornecem a amplitude de cada tipo de impacto.

Resumindo, tem-se uma análise que envolve mais de um critério e a cada um deles estão associados vários parâmetros que atuam em níveis e momentos diferentes, isto é, há uma relação hierárquica entre os impactos. Face a estes fatores optou-se por efetuar um tratamento multicritério através do Método de Análise Hierárquica.

4. UTILIZAÇÃO DO MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA

O Método de Análise Hierárquica é um procedimento multicritério, de auxílio à tomada de decisão, que agrupa atributos das alternativas em estudo de uma forma hierárquica. Foi desenvolvido por Saaty (Saaty, 1977) e tem uma vasta utilização nos processos de gerência e planejamento.

Por não ser objeto deste trabalho não será detalhado seu mecanismo, mas apenas as características importantes e de que forma é utilizado; para maiores detalhes ver Saaty (1977, 1990, 1990b) e Mouette (1993). Seu objetivo é o de efetuar uma comparação entre várias alternativas, de tal forma que tenhamos uma relação de prioridades de acordo com os elementos selecionados.

O método baseia-se no princípio de que, para tomar decisões, as experiências e o conhecimento das pessoas são ao menos, tão válidos quanto os dados utilizados.

Baseia-se ainda nos seguintes axiomas, (Vargas, 1990): os agentes são capazes de efetuar comparações e indicar preferências; as preferências são indicadas por uma escala limitada; uma vez definidas as preferências, os critérios em questão são considerados como independentes das propriedades das alternativas.

A metodologia se desenvolve em duas etapas: elaboração e avaliação da hierarquia e dos atributos das diversas alternativas.

A elaboração da hierarquia requer experiência e conhecimento do problema. Duas pessoas construiriam hierarquias diferentes e, tendo preferências distintas, não levariam à mesma solução. Deste modo, todo o processo baseia-se em um trabalho conjunto, em que um grupo busca chegar a um consenso sobre a hierarquia e a ponderação de seus elementos.

Para estruturar-se uma hierarquia deve-se agrupar todos os elementos com características semelhantes. Cada grupo corresponderá a um nível da hierarquia e cada elemento de um nível a um nó. Após a definição da hierarquia, determina-se os arcos direcionados, isto é, as relações de influência que existem entre os elementos de um nível com os elementos dos níveis acima e abaixo.

Uma hierarquia é composta de:

- **níveis:** agrupamento de elementos que possuem as mesmas características; os vários níveis estabelecem a hierarquia através das relações de prioridades existentes;
- **nós:** são os elementos pertencentes aos diversos níveis da hierarquia; representam as características: atores, critérios, atributos, objetivos, alternativas, etc...
- **arcos:** são as ligações que indicam as relações dos elementos de um nível com os de nível acima e/ou abaixo.

A avaliação da hierarquia consiste em se atribuir pesos aos elementos de cada nível hierárquico em relação aos elementos do nível abaixo. Constroem-se deste modo matrizes de comparações paritárias onde cada valor indica quanto um elemento domina o outro em relação ao critério que está sendo avaliado.

A estruturação da hierarquia deve ser efetuada com todo cuidado, pois ela é fundamental para a análise desejada. Uma boa modelagem deve levantar todos os elementos e agrupá-los de acordo com as características comuns, para então definir os níveis hierárquicos e estabelecer as prioridades entre os grupos, e também identificar as relações de causa/efeito entre os elementos de um nível em relação ao nível abaixo.

Para cada nível hierárquico definem-se matrizes paritárias, que possuem os mesmos elementos de entrada nas linhas e colunas, e correspondem aos elementos do nível abaixo, comparando-se os elementos dois a dois. A atribuição de valores utiliza uma escala numérica e é baseada no julgamento dos agentes envolvidos no processo, que necessitam chegar a um consenso. Para tanto, deve-se estudar o problema desde o início com os participantes e os grupos conflitantes, uma vez que não há intermediações de terceiros ou questionários.

A escala é composta, basicamente, de números inteiros de 1 a 9. A descrição e o significado de cada valor estão descritos na tabela 1 (Saaty, 1990).

INTENSIDADE	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	mesma importância	as duas atividades contribuem igualmente
3	importância pequena de uma sobre a outra	uma atividade levemente favorecida
5	importância essencial ou grande	uma atividade fortemente favorecida
7	importância muito grande	uma atividade domina a outra
9	importância absoluta	uma atividade favorecida com alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	valores intermediários	refinamento da escala
RECÍPROCOS	inversão da ordem de comparação	se a é x vezes maior que b , b é $1/x$ vezes maior que a
RACIONAIS	razão resultante de operações com a escala	quando efetuamos correções de julgamento

TABELA 1: VALORES E DEFINIÇÃO DA ESCALA

Fonte: Saaty (1990), The Analytic Hierarchy Process

Uma vez definidas a hierarquia e as matrizes, avalia-se cada matriz separadamente e calcula-se o maior autovalor e o autovetor associado. Posteriormente, multiplica-se o autovetor encontrado pelo autovetor do nó associado no nível acima, determina-se um novo autovetor hierarquizado,

definido como vetor prioridade. Inicia-se pelo penúltimo nível e segue-se o procedimento, desta forma carregando as informações dos níveis abaixo até o nível 1 (figura 1).

Os autovetores fornecem a importância relativa de cada elemento em relação ao atributo associado. O vetor prioridade indica a relação de dominância do impacto em questão em relação a cada alternativa, computando as influências dos níveis inferiores.

A resolução da hierarquia e o cálculo das prioridades permitem avaliar diretamente cada parâmetro individualmente de acordo com os elementos que o influenciam, e definir sua prioridade, considerando todos os elementos dos níveis abaixo, e que relacionam-se de certa forma com o elemento em questão.

Nas figuras 1 e 2 elaboraram-se duas hierarquias. A primeira compara os impactos de duas alternativas com traçados distintos e a segunda os impactos negativos decorrentes da implantação de uma alternativa.

5. APLICAÇÃO

Para efeito de melhor compreensão da metodologia, elaborou-se um exemplo baseado em um estudo que analisa a implantação de duas alternativas metroviárias (A e B) com traçados distintos (Mouette, 1993). Ambas apresentam uma parte do trajeto em superfície, ocasionarão desapropriações e foram planejadas para ser implantadas na cidade de São Paulo.

A análise aqui apresentada considera somente a categoria sócio-espacial e os tipos: ambiental, social e econômico. Dentre os impactos primários avaliou-se a poluição sonora, desapropriações, segregação urbana e variação no uso do solo; os impactos secundários considerados foram os danos provocados à saúde, a perda de identidade física e cultural e os danos ao patrimônio histórico e cultural.

Conforme pode ser constatado, no exemplo referente aos impactos negativos, a alternativa A é bem menos impactante que a alternativa B. Com a finalidade de localizar os impactos negativos de maior amplitude e assim avaliar o grau de importância e a possibilidade de amenizar problemas, avaliaram-se os impactos negativos para a alternativa A.

As hierarquias são compostas de cinco e quatro níveis respectivamente, conforme figuras 1 e 2, sendo: o primeiro, a característica do impacto, sócio-espacial; o segundo os tipos de impactos, ambiental, social e econômico; o terceiro nível os impactos primários: poluição sonora, desapropriações, segregação urbana e variação no uso do solo; o quarto nível os impactos secundários: danos provocados à saúde, a perda de identidade física e cultural, os danos ao patrimônio histórico e cultural, variação no valor do solo e queda da mobilidade. No caso da primeira hierarquia o quinto nível refere-se às alternativas de implantação, A e B.

Na atribuição de pesos deve-se analisar o quão maior é a colaboração de um elemento em relação ao “objetivo” que está sendo avaliado. Os valores utilizados são somente um exemplo da aplicação da metodologia e baseiam-se em Mouette (1993).

5.1 HIERARQUIA DE IMPACTOS NEGATIVOS

NÍVEL 5

O nível 5 não apresenta matrizes de comparações, assim iniciou-se pelo nível 4.

NÍVEL 1

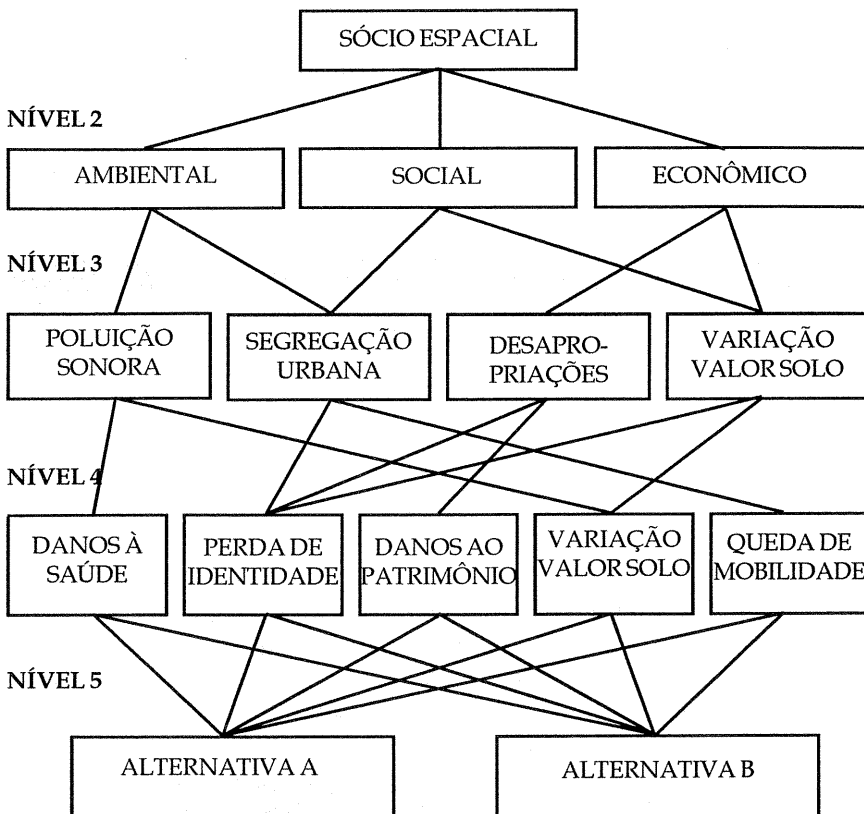


FIGURA 1: HIERARQUIA DE IMPACTOS NEGATIVOS
COMPARANDO AS DUAS ALTERNATIVAS

NÍVEL 4

Neste nível, analisou-se o impacto de cada alternativa em relação aos impactos secundários. Qual das alternativas causa um maior impacto?

Todos os impactos secundários relacionam-se às duas alternativas. Deste modo, em todos os parâmetros analisados há dois arcos direcionados, um para cada alternativa em questão.

NÓ 1: DANOS À SAÚDE

Os elementos mais fortemente responsáveis pelos danos à saúde são a poluição sonora e a poluição atmosférica. Uma vez que a alternativa A possui um trecho da linha em elevado maior que a alternativa B, o impacto causado por esta alternativa será um pouco maior. Atribui-se o valor 2 à razão alternativa A/alternativa B.

DANOS SAÚDE	ALTERNATIVA. A	ALTERNATIVA. B
ALTERNATIVA A	1	2
ALTERNATIVA. B	1/2	1

NÓ 2: PERDA DA IDENTIDADE

De acordo com os estudos do metrô, na alternativa A há um maior adensamento urbano, expansão vertical e um maior número de desapropriações que, juntamente com a intrusão visual e a segregação urbana, são responsáveis pela perda da identidade. O número de desapropriações da alternativa A é bem maior. Assim o impacto desta é de essencial importância em relação à alternativa B.

PERDA IDENT.	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B
ALTERNATIVA A	1	5
ALTERNATIVA B	1/5	1

NÓ 3: DANOS AO PATRIMÔNIO

Pelas mesmas razões já citadas o impacto da alternativa A é muito maior.

DANOS PATR.	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B
ALTERNATIVA A	1	4
ALTERNATIVA B	1/4	1

Nó 4: ALTERAÇÃO NO VALOR DO SOLO

Neste exemplo, supõe-se que não há dominância de uma alternativa sobre a outra.

VALOR SOLO	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B
ALTERNATIVA A	1	1
ALTERNATIVA B	1	1

Nó 5: Queda da mobilidade da população local

Também vinculada à segregação urbana. Supõe-se aqui um impacto de A maior que da alternativa B.

QUEDA MOB.	ALTER. A	ALTER. B
ALTER. A	1	3
ALTER. B	1/3	1

NÍVEL 3

Ao analisar este nível desejou-se saber a relação de nocividade dos impactos secundários em relação aos primários. O quanto um é mais grave que o outro.

Nem todos os impactos primários são causadores de impactos secundários, deste modo, não há arcos direcionados de todos os nós do nível 4 para o nível 5, mas somente para os elementos relacionados.

Nó 1: Poluição Sonora

A poluição sonora tem principalmente efeitos psicológicos. Problemas físicos são causados só em níveis muito altos, pouco comuns no meio urbano. A queda do valor do solo pode ocorrer mas são efeitos muito localizados. Há dois arcos direcionados para os impactos secundários, danos à saúde e variação no valor do solo. Assim determinou-se que:

POLUIÇÃO SONORA	DANOS SAÚDE	VALOR SOLO
DANOS SAÚDE	1	6
VALOR SOLO	1/6	1

NÓ 2: SEGREGAÇÃO URBANA

A segregação urbana provoca uma grande queda de mobilidade dos habitantes locais. Ocasiona também, em menor escala, a perda da identidade da população local.

SEGURANÇA URBANA	PERDA IDENTIDADE	QUEDA MOBILIDADE
PERDA IDENTIDADE	1	1/3
QUEDA MOBILIDADE	3	1

NÓ 3: DESAPROPRIAÇÕES

Considerou-se a perda da identidade sofrida pela população devido às desapropriações maior de que os danos ao património.

DESAPROPRIAÇÃO	PERDA IDENTIDADE	DANOS AO PATRIMÓNIO
PERDA IDENTIDADE	1	4
DANOS AO PATRIMÓNIO	1/4	1

NÓ 4: VARIAÇÃO NO USO DO SOLO

O maior impacto de alterações no uso do solo se dá na alteração do mercado imobiliário, seguido mais uma vez de descaracterização da região.

USO DO SOLO	PERDA IDENTIDADE	VALOR SOLO
PERDA IDENTIDADE	1	1/4
VALOR SOLO	4	1

NÍVEL 2

Neste nível deseja-se saber qual a relação de contribuição dos elementos nos impactos avaliados.

Nó 1: AMBIENTAIS

A poluição sonora é um grave problema ao meio ambiente. A segregação urbana e a intrusão visual afetam consideravelmente o meio ambiente e possuem um forte carácter social, principalmente a primeira.

AMBIENTAIS	POLUIÇÃO SONORA	SEG. URBANA
POLUIÇÃO SONORA	1	3
SEGURANÇA URBANA	1/3	1

Nó 2: SOCIAIS

Considerou-se a desapropriação um grande problema social por tudo o que ela acarreta, seguida da segregação urbana fonte de muitos acidentes. O uso do solo implica numa deterioração da qualidade de vida. Nota-se que todos são importantes. As alterações no uso do solo serão um pouco mais significativas que os outros fatores.

SOCIAIS	SEGURANÇA URBANA	DESAPROPRIAÇÃO	USO DO SOLO
SEGURANÇA URBANA	1	1/3	3
DESAPROPRIAÇÃO	3	1	4
USO DO SOLO	1/3	1/4	1

Nó 3: ECONÔMICOS

O uso do solo em si não traz grandes impactos económicos, pois eles ocorrem através da valorização do solo. A desapropriação, além do custo do imóvel ao governo, normalmente acarreta uma queda no padrão de moradia e de vida do antigo proprietário. Sendo assim considerou-se que:

ECONÔMICO	DESAPROPRIAÇÃO	USO DO SOLO
DESAPROPRIAÇÃO	1	5
USO DO SOLO	1/5	1

NÍVEL 1

O nível um é constituído de um nó. Neste nível deseja-se saber o quanto um tipo de impacto influencia mais que outro.

Fez-se uma análise onde prevalece o social e o ambiental. Desta forma, considerou-se o impacto ambiental mais importante que o social, o econômico foi o menos importante. Entretanto, considerou-se que todos eles são importantes.

SÓCIO - ESPACIAIS	AMBIENTAIS	SOCIAIS	ECONÔMICOS
AMBIENTAIS	1	4	8
SOCIAIS	1/4	1	5
ECONÔMICOS	1/8	1/5	1

5.2 HIERARQUIA DE IMPACTOS NEGATIVOS DA ALTERNATIVA A

A análise efetuada através da hierarquia de impactos negativos fornece resultados comparativos entre as duas alternativas. Para uma única alternativa nada pode ser concluído sobre qual impacto é mais intenso, quais são relevantes e quais apresentam uma baixa magnitude. Para solucionar este problema, efetuou-se uma hierarquia que avalia os impactos negativos referentes à alternativa A (figura 2).

A análise foi efetuada de forma análoga à anterior. A diferença consiste em ter o enfoque voltado para a alternativa A. Avaliou-se o quanto cada um dos impactos considerados é afetado pela implantação do metrô. Não se detalhou os valores atribuídos, citou-se apenas as relações de prioridades.

A hierarquia de impactos negativos da alternativa A contém 4 níveis. Como o último nível da hierarquia refere-se aos impactos secundários, de caráter negativo, avaliou-se a amplitude de cada um em relação à alternativa A.

NÍVEL 4

O nível 4 não apresenta matrizes de comparações, assim iniciou-se pelo nível 4.

NÍVEL 1

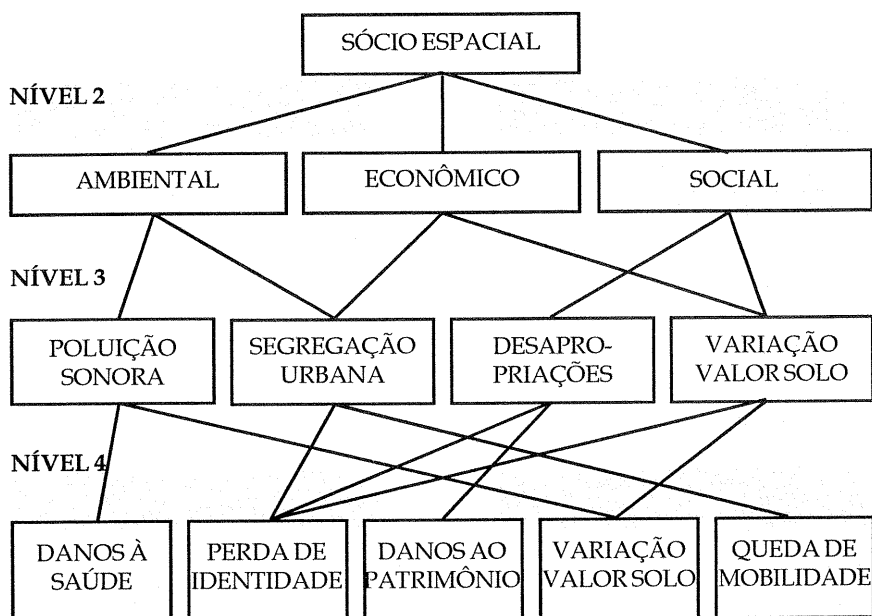


FIGURA 3: HIERARQUIA DE IMPACTOS NEGATIVOS ALTERNATIVA A

NÍVEL 3**Nó 1: POLUIÇÃO SONORA**

POL. SONORA	DANOS SAÚDE	VALOR SOLO
DANOS SAÚDE	1	6
VALOR SOLO	1/6	1

Nó 2: SEGREGAÇÃO URBANA

SEG. URBANA	PERDA IDENT.	QUEDA MOB.
PERDA IDENT.	1	3
QUEDA MOB.	1/3	1

Nó 3: DESAPROPRIAÇÕES

DESAPROP.	PERDA IDENT.	DANOS PATR.
PERDA IDENT.	1	5
DANOS PATR.	1/5	1

Nó 4: USO DO SOLO

USO DO SOLO	PERDA IDENT.	VALOR SOLO
PERDA IDENT.	1	1/4
VALOR SOLO	4	1

NÍVEL 2**Nó 1: AMBIENTAIS**

AMBIENTA	POL. SONORA	SEG. URBANA
POL. SONORA	1	1/5
SEG. URBANA	5	1

Nó 2: ECONÓMICO

ECONÓMI	DESAPROP.	USO DO SOLO
DESAPROP.	1	1/5
USO DO SOLO	5	1

Nó 3: SOCIAIS

SOCIAIS	SEG. URBANA	DESAPROP.	USO DO SOLO
SEG. URBANA	1	5	1/4
DESAPROP.	1/5	1	1/7
USO DO SOLO	4	7	1

NÍVEL 1

Nó 1: ALTERNATIVA A

UTILIZOU-SE AS MESMAS PONDERAÇÕES ANTERIORES.

ALTER. A	AMBIENTAIS	SOCIAIS	ECONÔMICOS
AMBIENTAIS	1	3	6
SOCIAIS	1/3	1	5
ECONÔMICOS	1/6	1/5	1

5.3 RESULTADOS

Os resultados, de cada hierarquia avaliada, foram apresentados nas tabelas 2 e 3. Baseiam-se em um *software* desenvolvido pela autora (Mouette, 1993).

Tabela de Prioridades: Esta tabela apresenta os vetores de prioridades de cada nó considerando as influências dos níveis abaixo. É formada de três colunas: a primeira representa o nível analisado; a segunda, os elementos em questão; a terceira, os vetores prioridades. Os vetores prioridades têm a mesma dimensão do número de alternativas em estudo, independentemente da dimensão da matriz associada ao nó.

Pelas análises efetuadas (tabelas 2 e 3) e de acordo com os pesos atribuídos constatou-se que o impacto negativo da categoria sócio-espacial é muito maior na alternativa B (0,533). O impacto causado por B é praticamente 60% superior ao da alternativa A (0,349).

Entretanto, ao analisarmos o nível 2 fica evidente que a alternativa B causa um maior impacto ambiental, já a alternativa A causará mais modificações nos níveis sociais e econômicos da região. Os impactos primários e secundários são mais intensos na alternativa A, com exceção da poluição sonora e da queda da mobilidade.

Apesar da alternativa A ter sido preterida nos níveis 2, 3 e 4 ela é a melhor solução, fato justificado pelos pesos atribuídos aos tipos de impactos, onde priorizou-se fortemente os impactos ambientais.

Tabelas de Prioridades

NÍVEL	IMPACTOS	PRIORIDADES	
		ALTER. A	ALTER. B
1- OBJETIVO	IMPACTOS NEGATIVOS	0,349	0,533
2- TIPOS	AMBIENTAIS	0,271	0,629
	SOCIAIS	0,669	0,331
	ECONÔMICOS	0,717	0,283
3- PRIMÁRIOS	POL. SONORA	0,114	0,671
	SEGREGAÇÃO URBANA	0,542	0,458
	DESAPROPRIAÇÕES	0,700	0,300
	VARIAÇÃO USO DO SOLO	0,800	0,200
4- SECUNDÁRIOS	DANOS À SAÚDE	0,750	0,250
	PERDA IDENTIDADE	0,667	0,333
	DANOS AO PATRIMÔNIO	0,833	0,167
	VARIAÇÃO VALOR SOLO	0,800	0,200
	QUEDA MOBILIDADE	0,500	0,500

TABELA 2: Magnitude dos impactos negativos daS alternativa A E B

VETORES DE PRIORIDADES
DA HIERARQUIA DE IMPACTOS NEGATIVOS - ALTERNATIVAS A E B

De acordo com a análise dos resultados da hierarquia de impactos negativos da alternativa A, o maior impacto causado pela implantação do empreendimento refere-se à perda da identidade física e cultural da região e dos habitantes.

Esta hierarquia permite uma análise mais detalhada dos impactos e suas consequências. O impacto primário mais intenso será a segregação urbana, (0,625) seguida da poluição sonora (0,143). Destes dados e das relações hierárquicas definidas pode-se concluir que, devido à segregação urbana, poderá ocorrer uma queda de mobilidade e uma perda da identidade física e cultural e, em consequência da poluição sonora, deverá ocorrer uma desvalorização de imóveis na região e uma queda do nível de saúde da população sujeita aos altos índices de ruído nas áreas de superfície.

NÍVEL	IMPACTOS	PRIORIDADES				
		DANOS SAÚDE	PERDA IDENT.	DANOS PATRIM.	VAR. NO USO DO SOLO	QUEDA MOB.
1- CARACTERÍSTICA	SÓCIO-ESPACIAL	0,098	0,546	0,180	0,016	0,159
2- TIPOS	AMBIENTAIS SOCIAIS ECONÔMICOS	0,143	0,625	---	0,024	0,208
		--- (3)	0,200	0,800	---	---
		---	0,327	0,673	---	---
4- PRIMÁRIOS	POL. SONORA SEGREGAÇÃO URBANA DESAPROPRIAÇÕES VARIAÇÃO USO SOLO	0,857	---	---	0,143	---
		---	0,750	---	---	0,250
		---	0,833	0,167	---	---
		---	0,200	---	0,800	---

TABELA 3: Magnitude dos impactos negativos da alternativa A

VETORES DE PRIORIDADES DA HIERARQUIA DE IMPACTOS NEGATIVOS - ALTERNATIVA A

6. CONCLUSÕES

Pela breve descrição do método e análise das hierarquias vê-se que ele vem ao encontro das várias necessidades referentes à avaliação dos impactos ambientais dos sistemas de transportes.

Um dos aspectos mais importantes é a possibilidade de avaliar comparativamente as alternativas. Somado a este fato, a utilização de uma escala para julgamentos possibilita a avaliação de todos os parâmetros, inclusive os não mensuráveis, além de que o intervalo de 1 a 9 estabelece uma ordem de grandeza, onde se pode comparar valores que seriam muito diferentes em magnitude ou características, como poluição sonora e desapropriação. Através da definição de níveis pode-se relacionar os impactos e permitir que um mesmo parâmetro pertença a dois ou mais conjuntos distintos.

Nota-se também que é possível analisar e avaliar simultaneamente muitos parâmetros e critérios, o que fornece uma grande quantidade de informações. Entretanto, não há uma avaliação específica de cada alternativa nem da amplitude dos impactos individualmente, mas somente uma análise comparativa. Fato que pode ser solucionado através da elaboração e avaliação de uma hierarquia para cada uma das alternativas em estudo, ou para

aquela julgada necessária no decorrer do processo. Maiores detalhes desta utilização, bem como um exemplo prático, encontram-se em Mouette (1993).

Na aplicação da metodologia (Mouette, 1993) constatou-se que:

- o MAH possui uma aplicação muito simples, permitindo a participação de uma equipe multidisciplinar e de representantes da sociedade, atuando em direção, não de uma solução ótima, mas de um consenso que é base dos julgamentos necessários à ponderação das matrizes paritárias;
- o procedimento é uma ferramenta muito útil no processo de tomada de decisão, pois permite detectar as influências e interferências entre vários tipos de impactos, qual o grau de dependência existente e onde ocorrem os impactos de maior amplitude;
- para obter-se uma boa modelagem e, conseqüentemente bons resultados, deve-se classificar e elaborar os níveis hierárquicos, de modo que seja possível efetuarem-se comparações congruentes.

O MAH mostrou-se uma ferramenta útil no processo de tomada de decisão que envolva uma análise dos impactos ambientais, pois sua aplicação permite a avaliação conjunta de vários objetivos, como minimizar os impactos sociais, ambientais e econômicos, fornecendo uma grande quantidade de informações e análises congruentes dos vários critérios e parâmetros, os quais são compreensíveis e utilizáveis pelos vários agentes envolvidos no processo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E BIBLIOGRAFIA

GODARD, X. *Methodologie de l'Analyse Multicritère Appliquée aux Transports Urbains*. Paris: IRT, 1973.

GOMES, J.L.A.M. Multicriteria Rank of Urban Transportation System Alternatives. *Journal of Advanced Transportation*, vol 23, num 1, pp. 43-52, 1989.

GOMES, J.L.A.M. e LIMA, M.M.P.P. Evaluating the Environmental Impacts of Roads by a Multicriteria Metho. *TIMS XXX - SOBRAPO XXIII, Joint International Meeting*. Brasil: Rio de Janeiro, 1991.

HILL, M. *Planning for Multiobjective - An approach to the Evaluation of*

Transportation Plans. Monography, NOS, Regional Science Research Institute, Philadelphia, Pennsylvania, 1973.

- MOUETTE, D.** *Utilização do Método de Análise Hierárquica no Processo de Tomada de Decisão no Planejamento de Transporte Urbano: Uma Análise Voltada aos Impactos Ambientais*. Tese Msc, DENISIS/FEE/UNICAMP, 1993.
- SAATY, T.L.** A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, num. 15, pp 234-281, 1977.
- SAATY, T.L.** *The Analytic Hierarchy Process*. Pittsburgh, EUA: RWS Publications, 1990.
- SAATY, T.L.** *The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. EUA, Pittsburgh: University of Pittsburgh, 1990a.
- SAATY, T.L.** How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, num 48, pp 9-26, 1990b.
- SAATY, T.L. e VARGAS, L.C.** Stimulus-Response with Reciprocal Kernels: The Rise and Fall Sensation. *Journal of Mathematical Psychology*, num 31, pp. 83-92, 1987.
- SMA - Secretaria do Meio Ambiente.** *Estudo de Impacto Ambiental - EIA, Relatório de Impacto Ambiental - RIMA: Manual de Orientação*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 1990.
- VARGAS, L.G.** An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications. *European Journal of Operational Research*, num 48, pp 2-8, 1990.