

MÉTODO AHP APLICADO NA ANÁLISE DE ALTERNATIVAS PARA REASSENTAMENTO EM EMPREENDIMENTO METROFERROVIÁRIO

Autores

Marco Antonio Rosatti Filho¹

Alexandre Formigoni²

Resumo

A tomada de decisão em empreendimentos envolve incertezas e restrições de difícil avaliação incorrendo em subjetividade pessoal do tomador de decisão. Em uma situação sensível de reassentamento de famílias vulneráveis é imperativo que as decisões obtenham julgamento objetivo, sobretudo envolvendo entes da Administração pública. Para avaliação de alternativas em busca da solução com menor nível de custo, prazo e incertezas, é apresentada a abordagem adotada por uma companhia metroferroviária para a tomada de decisão com maior probabilidade de sucesso para o seu empreendimento. Utiliza-se do método AHP - Analytic Hierarchy Process, para julgar e classificar as melhores alternativas diante de cenários diferentes de prioridade dos critérios de julgamento. São obtidas recomendações de alternativas mais adequadas para cenários potenciais de prioridades, demonstrando a aplicabilidade do método AHP nas decisões de reassentamento de empreendimentos metroferroviários.

Palavras-chave: Pesquisa Operacional. Decisão Multicritério. AHP. Analytic Hierarchy Process.

AHP METHOD APPLIED IN THE ANALYSIS OF ALTERNATIVES FOR RESETTLEMENT IN SUBWAY PROJECTS

Abstract

Decision-making in projects involves uncertainties and restrictions that are difficult to assess, resulting in the decision maker's personal subjectivity. In a sensitive situation of resettling families in vulnerable situations, it is imperative that decisions are based on objective judgment, especially involving public administration entities. To evaluate alternatives in search of a solution with the lowest level of cost, deadline and uncertainty, the approach adopted by a metro railway company to make decisions with the highest probability of success for its enterprise is presented. The AHP - Analytic Hierarchy Process method is used to judge and classify the best alternatives in different priority scenarios of the judgment criteria. As a result, recommendations for the most appropriate alternatives and recommendations for potential scenarios of changing priorities are obtained, demonstrating the applicability of the AHP method in resettlement decisions for metro rail projects.

Keywords: *Operational Research. Multiple-criteria decision-making. AHP. Analytic Hierarchy Process.*

INTRODUÇÃO

Durante a conferência das Nações Unidas realizada no Rio de Janeiro em 2012, Rio+20, os 193 Estados membros abordaram o desenvolvimento sustentável, afim de evoluir

¹ <https://orcid.org/0000-0003-2470-2309>

² <https://orcid.org/0000-0001-7487-0541>

atendendo as necessidades atuais sem comprometer a existência de gerações futuras, resultando em 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS para serem perseguidos até o ano de 2030, (BRASIL, 2022).

Segundo projeções das Nações Unidas a população mundial será 68,4% urbana até 2050, sendo que nos países da América Latina e Caribe essa concentração deve alcançar 87,8%. Gerenciar a densidade urbana é o principal desafio de países em desenvolvimento, que requer políticas para enfrentar a pobreza e desigualdade a fim de perseguir visões de futuros urbanos equitativos (ONU-HABITAT, 2022). Em especial o “Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” implica em metas abordando: Habitação e urbanização de favelas; Expansão dos transportes públicos e acesso ao transporte; Planejamento e gestão de assentamentos humanos; Proteção e salvaguardar o patrimônio cultural e natural; Proteção de pessoas em situação vulnerável e resiliência a desastres; Redução do impacto ambiental negativo; e Acessibilidade universal a espaços públicos (ONU, 2022).

Na cidade de São Paulo, assim como em outros centros urbanos demandantes de infraestrutura, ocorrem situações de concorrência territorial na busca pelo atendimento desta realidade sustentável e que causa impactos na sociedade, necessitando de tomadas de decisão.

Neste artigo demonstra-se a aplicação do método *Analytic Hierarchy Process* – AHP, na análise de alternativas para tomada de decisão em uma companhia metroferroviária (CMT) que tem o objetivo de implantar um ramal de monotrilho ampliando o acesso ao transporte numa região de periferia em que há ocupação de uma comunidade sobre área de um córrego parcialmente canalizado, em condição vulnerável a desastres climáticos. A análise visa responder como realizar a desocupação da área da comunidade com o menor custo e prazo, minimizando as incertezas impostas e garantindo o atendimento adequado às famílias.

1.1 Objetivo

Este artigo objetiva demonstrar a abordagem adotada por uma companhia metroferroviária durante a implantação de uma extensão de linha de monotrilho, a fim de analisar alternativas de solução para o reassentamento de famílias em situação vulnerável, de modo a se obter o menor custo e prazo na solução, assumindo o menor nível de riscos e maximizando os benefícios de oportunidades para o empreendimento.

Os objetivos específicos são: demonstrar a aplicabilidade do método AHP como auxílio à tomada de decisão em situação de reassentamento de famílias e construir um procedimento metodológico facilmente replicável para situações semelhantes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

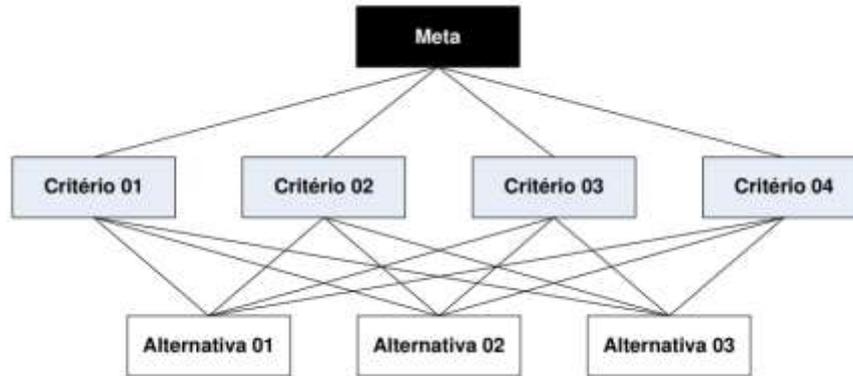
Petrillo, Salomon e Tramarico (2023) em uma revisão de estado da arte demonstram que foram desenvolvidos vários métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios conhecidos por seus acrônimos:

- *Additive Ratio Assessment (ARAS)*;
- *Analytic Hierarchy Process (AHP)*;
- *Analytic Network Process (ANP)*;
- *Complex Proportional Assessment (COPRAS)*;
- *Decision-Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL)*;
- *Elimination et Choix Traduisant la Realite (ELECTRE)*;
- *Goal Programming (GP)*;
- *Measuring Attractiveness by a Categorical-based Evaluation Technique (MACBETH)*;
- *Multi-Attribute Utility Theory (MAUT)*;
- *Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations (PROMETHEE)*;
- *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)*;
- *Visekriterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje (VIKOR)*.

A despeito da existência de vários métodos, todos tem em comum as mesmas etapas principais: estruturação, medição e síntese (SALGADO; SALOMON; MELLO, 2012). A estruturação do problema para decisão consiste na identificação dos elementos para análise: alternativas, critérios e objetivo. Medição refere-se ao julgamento de prioridade atribuída aos critérios e às alternativas segundo cada critério. E na síntese, são combinados os julgamentos de prioridade relativa em prioridades globais referente a cada alternativa.

O método AHP foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970 e vem sendo aplicado para apoio à tomada de decisão em vários cenários onde percepções humanas, julgamentos e consequências possuem repercussão de longo prazo (BHUSHAN; RAI, 2004). Sua utilização inicia-se pela decomposição das alternativas e critérios de decisão (Figura 1), de forma hierárquica para facilitar a análise e comparação independente.

Figura 1 - Exemplo de Hierarquia de Critérios e Alternativas.



Fonte: Vargas e IPMA-B (2010).

Uma vez identificados os critérios, os avaliadores julgam sistematicamente os critérios por meio de comparação pareada e na sequência julgam as alternativas segundo cada critério. Para definição de prioridades relativas essa comparação utiliza uma escala de julgamento, como a Escala Fundamental proposta por Saaty (2008) ou dados concretos que representem as grandezas de medição das alternativas.

Tabela 1 - Escala Fundamental de Saaty.

Peso	Julgamento	Relação de prioridade
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Adaptado de Saaty (1990).

A Matriz de Comparação Pareada $A=(a_{ij})$ construída a partir dos julgamentos é explicada por Saaty (1990) através de uma analogia: supondo que tenhamos recebido n pedras (A_1, \dots, A_n) cujos pesos conhecemos (w_1, \dots, w_n), podemos construir uma matriz cujas linhas forneçam as proporções dos pesos de cada pedra relativo a todas as outras. Considerando então que cada pedra fosse um critério, então cada elemento a_{ij} da matriz representa um julgamento pareado entre o peso do critério de uma linha em relação ao critério de uma coluna. Onde, a matriz $A=(a_{ij})$, $a_{ij}=w_i/w_j$, $i, j=1\dots n$, tem somente entradas positivas ($a_{ij}>0$) e satisfaz a propriedade recíproca ($a_{ji} = 1/a_{ij}$).

$$A_{n \times n} = \begin{matrix} & A_1 & A_2 & \dots & A_n \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_n \end{matrix} & \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \end{matrix} \quad \text{Eq. (1)}$$

Para então se interpretar os pesos relativos a cada critério, é preciso normalizar essa matriz comparativa, por meio da divisão obtida entre cada valor da matriz e a soma de cada coluna, resultando na Matriz Normalizada (Quadro 1). Por fim a determinação de contribuição de cada critério no objetivo da decisão é calculado a partir do Vetor Prioridade, obtido da média aritmética de cada linha da Matriz Normalizada (VARGAS; IPMA-B, 2010).

Quadro 1 - Matriz Normalizada e cálculo do Vetor Prioridade.

	Critério 1	Critério 2	...	Critério n	Vetor Prioridade - P
Critério 1	1 / S ₁	a ₁₂ / S ₂	...	a _{1n} / S _n	P ₁ = [1/S ₁ + a ₁₂ /S ₂ + ... + a _{1n} /S _n] / n
Critério 2	a ₂₁ / S ₁	1 / S ₂	...	a _{2n} / S _n	P ₂ = [a ₂₁ /S ₁ + 1/S ₂ + ... + a _{2n} /S _n] / n
...
Critério n	a _{n1} / S ₁	a _{n2} / S ₂	...	1 / S _n	P _n = [a _{n1} /S ₁ + a _{n2} /S ₂ + ... + 1/S _n] / n
Σ	S ₁ = 1 + a ₂₁ + ... + a _{n1}	S ₂ = a ₁₂ + 1 + ... + a _{n2}	...	S _n = a _{1n} + a _{2n} + ... + 1	Σ _{i=1} ⁿ P _i = 1

Fonte: Autores.

Entretanto, devido às incertezas envolvidas em uma condição natural de tomada de decisão, não é possível definir valores precisos de julgamento w_i / w_j , apenas estimativas obtidas, por exemplo com ajuda de um especialista que pode cometer pequenos erros (SAATY, 1990). Portanto é necessária uma análise a fim de verificar se os tomadores de decisão envolvidos nesse julgamento foram consistentes em suas opiniões (TEKNOMO, 2006).

Para tanto o método AHP avalia a consistência por meio da Razão de Consistência (RC), determinada entre o Índice de Consistência (IC) do julgamento realizado e o Índice de Consistência Aleatória (CA). O índice de Consistência IC é baseado no número principal de Eigen (λ_{max}) que é média aritmética dos elementos do Vetor Consistência, resultante do produto da matriz de comparação pelo vetor prioridade (VARGAS; IPMA-B, 2010). Já o índice de Consistência Aleatória é proveniente da análise de uma amostra de 500 matrizes recíprocas positivas geradas aleatoriamente (SAATY, 1994), obtidos na Tabela 2 com base na ordem (n) da matriz comparativa.

Tabela 2 - Valores do índice de Consistência Aleatória.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CA	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 (1994).

$$VC = A \cdot P = [c_1; c_2; \dots c_n] \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\lambda_{max} = (c_1 + c_2 + \dots + c_n)/n \quad \text{Eq. (3)}$$

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$RC = IC/CA; \text{ se } RC \leq 0,1 \quad \text{Eq. (5)}$$

então “CONSISTENTE”; senão “INCONSISTENTE”.

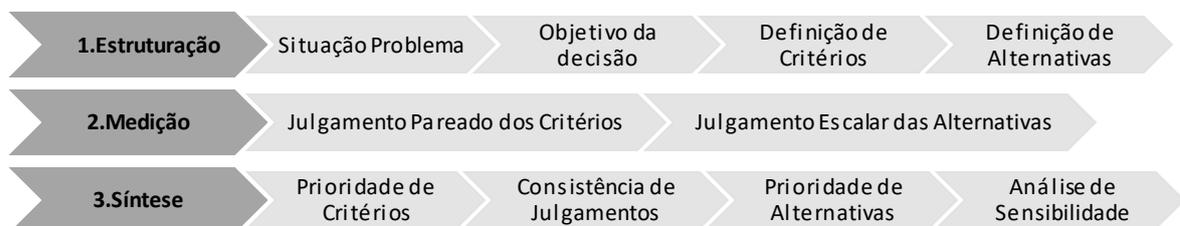
A avaliação das prioridades de alternativas segundo cada critério, é obtida com a normalização da matriz de julgamentos das alternativas. Para então determinar as prioridades relativas entre as alternativas é construída a Matriz de Decisão, resultante do produto do vetor prioridade de critérios pelos julgamentos de cada alternativa e por fim o cálculo de prioridades das alternativas é obtido da somatória do produto entre o vetor prioridade de critérios e cada linha da matriz de decisão (LOUREIRO; GOLDMAN; NETO, 2018).

Por fim, antes de recomendar por uma ou mais alternativas de solução o método propõe ainda uma validação, do modelo de avaliação construído, por meio da Análise de Sensibilidade. Cada problema, com suas peculiaridades, deve ser analisado individualmente com foco em contribuir para a compreensão mais acurada e obtenção de elementos que corroborem à tomada de decisão segundo os resultados obtidos (LOUREIRO; GOLDMAN; NETO, 2018). Para tanto algumas medidas podem ser adotadas como: Alterações dos pesos relativos dos critérios; Alterações dos julgamentos das alternativas; Alterações na quantidade de critérios; ou Alterações na quantidade de alternativas.

3 MÉTODO

Os procedimentos metodológicos estão baseados nas referências teóricas apresentadas na seção anterior com adaptações à circunstância de julgamentos dos critérios e capacidade de estimativas dos atributos de cada alternativa, seguindo a sequência ilustrada da Figura 2.

Figura 2 - Procedimentos Metodológicos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

3.1 Estruturação

Descrição da Situação Problema e definição do Objetivo da Decisão.

Definição de Critérios usados para julgar a situação problema.

Definição de Alternativas para solução e suas escalas de julgamento.

3.2 Medição

O julgamento pareado dos critérios foi realizado por uma comissão multidisciplinar de profissionais, incluindo o gerente do empreendimento, e em seguida feita a construção da matriz de comparação de critérios, utilizando um formulário (Figura 3) com a escala fundamental de Saaty em uma planilha do Microsoft Excel.

Figura 3 - Formulário de Julgamento Pareado dos Critérios.

Prazo Total	(3) Moderadamente mais importante que	Custo Total
	<ul style="list-style-type: none"> (1/7) Fortemente menos importante que (1/5) Menos importante que (1/3) Moderadamente menos importante que (1) Igual Importância de (3) Moderadamente mais importante que (5) Mais importante que (7) Fortemente mais importante que (9) Extremamente mais importante que 	

Fonte: Autores.

O julgamento escalar das alternativas em relação aos critérios de Prazo e Custo foi atribuído por uma escala numérica conforme estimativas construídas por especialista, já os critérios de Oportunidade e Riscos tiveram julgamento baseado na escala fundamental de Saaty (1990) da Tabela 1, reduzida apenas aos valores ímpares naturais. Todos os julgamentos das alternativas foram validados também pela comissão multidisciplinar.

3.3 Síntese

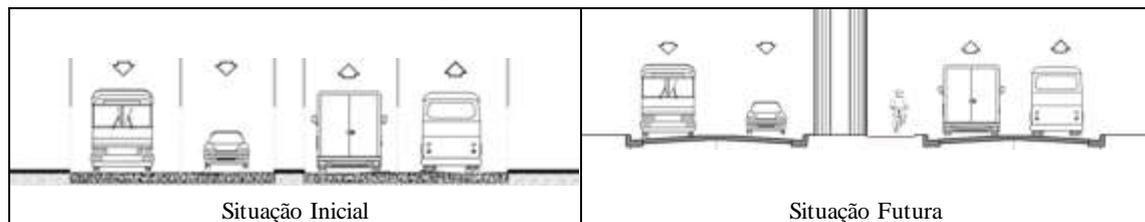
Cálculo da Prioridade de Critérios baseado no julgamento da comissão multidisciplinar, verificação da consistência, e cálculo da Prioridade das Alternativas segundo o julgamento de critérios da comissão e estimativas do especialista.

A Análise de Sensibilidade consistiu em submeter iterativamente os julgamentos de critérios a configurações diferentes de modo que os reposicionassem um a um deliberadamente à posição de prioritário, mantendo a ordem de prioridades dos demais a fim de verificar qual seria o resultado de prioridades entre as alternativas com cada novo vetor prioridade dos critérios.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma companhia metroferroviária (CMT) visa implantar um novo trecho de um empreendimento de transporte, com modal monotrilho, em via elevada sobre o eixo de uma avenida da periferia da cidade de São Paulo. Este trecho da avenida tem sentido duplo de circulação e pista dupla do leito carroçável, com canteiro central estreito, mas para a implantação do sistema de monotrilho é necessária uma intervenção viária de ampliação do canteiro central, para abrigar os pilares da estrutura de via elevada e uma ciclovia, com a consequente demanda de remoção de imóveis adjacentes à esta avenida.

Figura 4 - Intervenção viária.



Fonte: Autores.

Uma interferência em especial desta intervenção viária, demanda a desocupação de imóveis de uma comunidade em situação de vulnerabilidade que impacta diretamente 38 famílias. Entretanto durante a caracterização dos grupos familiares para posterior planejamento da desocupação, uma mobilização interna da comunidade estabeleceu uma condição de conflito, envolvendo a autoridade municipal responsável pelas políticas de habitação (AHB), para que todo o conjunto de imóveis desta área, contemplando cerca de 98 famílias, obtivesse uma única abordagem de reassentamento, impedindo que apenas as 38 famílias fossem removidas pela companhia metroferroviária.

Figura 5 – Interferência e áreas dos imóveis.



Fonte: Autores.

Esse conflito é devido ao fato de que a remoção dessas famílias envolve a oferta de unidades habitacionais, que eventualmente ainda não estejam construídas, portanto submetendo as famílias a um benefício financeiro de auxílio moradia durante a construção das residências, cujo valor é diferente entre a oferta da companhia metroferroviária e da autoridade municipal.

A desocupação da área em questão também deve obedecer a um limite de prazo para não causar atraso no cronograma geral do empreendimento, pois é necessária a demolição primeiramente realizar a adequação do sistema viário e só então realizar a implantação dos pilares da via de monotrilho.

A solução tradicional de reassentamentos da CMT é a celebração de convênio entre a companhia metroferroviária e a companhia estadual de habitação, para oferta de unidades habitacionais às famílias impactadas. Entretanto o histórico mais recente retratou atraso na entrega de unidades habitacionais em procedimentos semelhantes de outras linhas em que este convênio foi celebrado, provocando uma situação mais delicada para ser administrada, em que as famílias permanecem por tempo prolongado sob o benefício de auxílio moradia, o que aumenta o custo e mantém as famílias em situação de vulnerabilidade.

Para solucionar esse conflito, a AHB chegou a propor à CMT realizar o reassentamento de toda a comunidade com cerca de 98 famílias suportando o custo da construção de habitações, porém em contrapartida a CMT arcaria com o custo de auxílio moradia.

Além disso a CMT é uma empresa vinculado à administração pública indireta, sujeita às restrições orçamentárias e procedimentais regidas pela legislação obedecendo aos princípios (BRASIL, 2016):

[...] da impessoalidade, da moralidade, da igualdade, da publicidade, da eficiência, da probidade administrativa, da economicidade, do desenvolvimento nacional sustentável, da vinculação ao instrumento convocatório, da obtenção de competitividade e do julgamento objetivo.

Portanto o objetivo definido na busca de uma abordagem para esta situação problema é a identificação das alternativas com menor nível de custo, prazo e impactos negativos das incertezas envolvidas, a fim de obter a área da comunidade necessária para implantação das obras de duplicação viária.

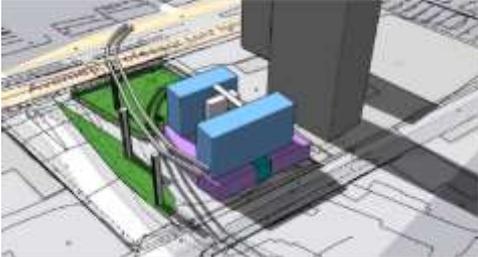
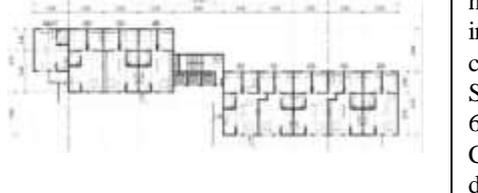
O conjunto de critérios foi construído em colaboração entre áreas distintas da companhia metroferroviária, responsáveis respectivamente por planejamento, projetos e

implantação dos empreendimentos, representando as principais preocupações para alcançar o sucesso do empreendimento e assegurar a adequação aos processos internos.

- **PRAZO TOTAL** - período estimado pela equipe para obtenção das unidades habitacionais construídas, a partir da data base referencial, considerando prazos de licitação, desenvolvimento de projetos executivos, implantação de obras e reassentamento definitivo das famílias.
- **CUSTO TOTAL** - composto pelo valor, em um mesma data base referencial, relativo ao auxílio moradia despendido com o total de famílias da alternativa, ao longo do prazo de implantação, somado ao custo de implantação, composto do produto da área construída pelo Custo Unitário Básico RP1Q (residência popular) da construção civil no Estado de São Paulo (SINDUSCON-SP, 2023) na data base, e do custo de elevadores estimado pelas equipes da implantação.
- **OPORTUNIDADE:** potencial de receita com a comercialização de unidades residenciais não utilizadas no atendimento às famílias da situação problema, ou economia equivalente para reassentamento de famílias em necessidade futura.
- **RISCO 1:** não desocupar a área necessária até a data requerida para início das obras da duplicação viária conforme o cronograma do empreendimento.
- **RISCO 2:** não obter as unidades habitacionais no prazo estimado, o que provocaria aumento de custo em auxílio moradia (este não mensurado).
- **RISCO 3:** baixa liquidez para comercialização das unidades habitacionais excedentes, dado que a companhia metroferroviária precisa de licitações públicas para adquirir ou alienar bens de qualquer natureza.

As alternativas construídas resultam de variações de abordagens mutuamente excludentes, envolvendo primeiramente três concepções arquitetônicas de edifícios a serem construídos pela CMT em um terreno próprio. Posteriormente a alternativa 4 reflete a proposta de reassentamento realizado pela AHB com contrapartida da CMT. As três últimas alternativas foram elaboradas pela CMT para avaliar possibilidade de contraproposta à AHB a fim de aumentar a probabilidade de sucesso na obtenção da área.

Quadro 2 - Alternativas para o reassentamento e obtenção da área.

<p style="text-align: center;">Alternativa 1</p> 	<p>38 Famílias atendidas. Empreendimento com 2 torres de 6 Pavimentos residenciais, totalizando 42 unidades (1 Dorm: 48,6 m² 2 Dorm: 58,8 a 60,2 m²), necessitando de 2 elevadores, com prazo estimado de implantação de 3,5 Anos, já considerando o período de contratação, permanecendo 4 unidades remanescentes.</p>
<p style="text-align: center;">Alternativa 2</p> 	<p>38 Famílias atendidas. Empreendimento com 3 torres de 4 Pavimentos residenciais, totalizando 42 unidades (1 Dorm: 48,6 m² 2 Dorm: 58,8 a 60,2 m²), sem necessidade de elevadores, com prazo estimado de implantação de 3,5 Anos, já considerando o período de contratação, permanecendo 4 unidades remanescentes.</p>
<p style="text-align: center;">Alternativa 3</p> 	<p>38 Famílias atendidas. Empreendimento com 1 torre de 20 Pavimentos residenciais, (Quit: 36,2m² 1 Dorm: 44,1 m² 2 Dorm: 54,5 m² 3 Dorm: 64,9 m²) totalizando 180 unidades, necessitando de 3 elevadores, com prazo estimado de implantação de 4 Anos, já considerando o período de contratação, permanecendo 142 unidades remanescentes.</p>
<p>Alternativa 4 - AHB realiza o reassentamento de todas as famílias da comunidade nos seus termos convencionais e em contrapartida a CMT se responsabiliza pelo pagamento de auxílio-moradia de todas as famílias atendidas para reassentamento, estimado em 98 famílias.</p>	
<p style="text-align: center;">Alternativa 5</p> 	<p>98 Famílias atendidas. Empreendimento com 1 torre de 20 Pavimentos residenciais, (Quit: 36,2m² 1 Dorm: 44,1 m² 2 Dorm: 54,5 m² 3 Dorm: 64,9 m²) totalizando 180 unidades, necessitando de 3 elevadores, com prazo estimado de implantação de 4 Anos, já considerando o período de contratação.</p> <p>Subsídio com umrepasse de verbas da AHB para aquisição das 142 unidades remanescentes do atendimento pretendido pela CMT. Atendimento às 98 famílias da comunidade e outras demandas que a AHB possa atender.</p>
<p>Alternativa 6 - Contra proposta construída pela CMT, frente à ALTERNATIVA 4. AHB realiza o reassentamento de todas as famílias da comunidade. CMT se responsabiliza pelo repasse do valor de Auxílio Moradia para 38 famílias, a serem removidas, e as demais permanecem na área remanescente até a entrega das unidades habitacionais construídas pela AHB.</p>	
<p style="text-align: center;">Alternativa 7</p> 	<p>98 Famílias atendidas, em empreendimento com 1 torre de 11 Pavimentos residenciais, (Quit: 36,2m² 1 Dorm: 44,1 m² 2 Dorm: 54,5 m² 3 Dorm: 64,9 m²) totalizando 99 unidades, necessitando de 3 Elevadores, com prazo estimado de implantação de 4 Anos, já considerando o período de contratação.</p> <p>Subsídio com umrepasse de verbas da AHB para aquisição das 61 unidades remanescentes do atendimento pretendido pela CMT. Atendimento às 98 famílias da comunidade e outras demandas que a AHB possa atender.</p>

Fonte: Autores.

O julgamento pareado de critérios da matriz comparativa, bem como o cálculo o vetor prioridade de critérios é apresentado na Figura 8.

Figura 6 - Matriz comparativa e vetor prioridade de critérios.

Crítérios	Prazo Total	Custo Total	Risco 1	Risco 2	Risco 3	Oportunidade	Vetor Prioridade
Prazo Total	1	3	1/7	1	7	7	0,196
Custo Total	1/3	1	1/3	3	5	7	0,171
Risco 1	7	3	1	7	7	9	0,467
Risco 2	1	1/3	1/7	1	3	5	0,099
Risco 3	1/7	1/5	1/7	1/3	1	1	0,036
Oportunidade	1/7	1/7	1/9	1/5	1	1	0,031
Σ	9,62	7,68	1,87	12,53	24,00	30,00	1,00

Fonte: Autores.

Para a verificação de consistência do julgamento realizado pela comissão multidisciplinar, os resultados obtidos foram:

- $n = 6$ critérios; $CA = 1,24$;
- $VC = A \cdot P = [7,0346; 6,5873; 7,5158; 6,1338; 6,2644; 6,1954]$;
- $\lambda_{max} = 6,621$; $IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = 0,1244$;
- $RC = IC / CA = 0,1244 / 1,24 = 0,1$; $RC \leq 0,1 \therefore$ **CONSISTENTE**.

As estimativas do especialista para os atributos das alternativas validada pela comissão são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Estimativas de atributos das alternativas.

Componentes dos Critérios	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7
Prazo Implantação / Aux. Moradia	3,5 Anos	3,5 Anos	4 Anos	5 Anos	4 Anos	5 Anos	4 Anos
Custo de implantação ³	R\$ 9.679.050	R\$ 10.145.714	R\$ 30.561.135	-	R\$ 2.161.135	-	R\$ 4.884.249
Custo indenização + benfeitorias	R\$ 5.007.522	R\$ 5.007.522	R\$ 5.007.522	-	-	-	-
Custo com Aux. Moradia	R\$ 1.268.820	R\$ 1.268.820	R\$ 1.450.080	R\$ 4.674.600	R\$ 3.739.680	R\$ 1.812.600	R\$ 3.739.680
Risco 1: Não desocupar área na data requerida	Quase certo -1	Quase certo -1	Quase certo -1	Possível -5	Possível -5	Quase certo -1	Possível -5
Risco 2 - não obter as unidades habitacionais no prazo estimado	Muito baixo -9	Muito baixo -9	Baixo -7	Quase certo -1	Baixo -7	Quase certo -1	Baixo -7
Risco 3: Baixa liquidez para comercialização das unidades habitacionais.	Quase certo -1	Quase certo -1	Quase certo -1	Muito baixo -9	Baixo -7	Muito baixo -9	Baixo -7
Oportunidade: Potencial de Receita	Baixo -3	Baixo -3	Quase certo -9	Muito baixo -1	Provável -7	Muito baixo -1	Provável -7

Fonte: Autores.

Para construir a matriz julgamento das alternativas (Quadro 3) foram assumidos os valores inversos das estimativas de custo total e prazo total e as escalas de risco e oportunidade apresentadas na Figura 7.

³ Custo de implantação já descontada a receita referente a repasse de verbas da AHB.

Figura 7 - Escalas de Julgamento de Alternativas e Critérios.

CUSTO		PRAZO		Importância Relativa - critérios		Peso
1/Valor (R\$)		1/Prazo (anos)				
				Extremamente mais importante que		9
				Fortemente mais importante que		7
				Mais importante que		5
				Moderadamente mais importante que		3
				Igual Importância de		1
				* Moderadamente menos importante que		1/3
				* Menos importante que		1/5
				* Fortemente menos importante que		1/7
				* Extremamente menos importante que		1/9
Ameaça	Peso	Oportunidade	Peso			
Muito baixo - 9	9	Quase certo - 9	9			
Baixo -7	7	Provável - 7	7			
Possível -5	5	Médio - 5	5			
Provável -3	3	Baixo - 3	3			
Quase certo -1	1	Muito baixo - 1	1			

Fonte: Autores.

Os julgamentos realizados com base nas estimativas e julgamentos dos atributos de cada critério da Tabela 3 estão indicados como pesos relativos no Quadro 3, onde está calculado.

Quadro 3 - Matriz de Julgamento das alternativas.

Alternativas	Prazo Total Peso=1/Prazo	Prioridade Relativa	Custo Total Peso=1/custo	Prioridade Relativa	Risco 1 Escala	Prioridade Relativa	Risco 2 Escala	Prioridade Relativa	Risco 3 Escala	Prioridade Relativa	Oportunidade Escala	Prioridade Relativa
Alternativa 1	0,2857	0,1660	6,27E-08	0,0522	1	0,0526	9	0,2195	1	0,0286	3	0,0968
Alternativa 2	0,2857	0,1660	6,09E-08	0,0507	1	0,0526	9	0,2195	1	0,0286	3	0,0968
Alternativa 3	0,2500	0,1452	2,70E-08	0,0225	1	0,0526	7	0,1707	1	0,0286	9	0,2903
Alternativa 4	0,2000	0,1162	2,14E-07	0,1780	5	0,2632	1	0,0244	9	0,2571	1	0,0323
Alternativa 5	0,2500	0,1452	1,69E-07	0,1410	5	0,2632	7	0,1707	7	0,2000	7	0,2258
Alternativa 6	0,2000	0,1162	5,52E-07	0,4591	1	0,0526	1	0,0244	9	0,2571	1	0,0323
Alternativa 7	0,2500	0,1452	1,1596E-07	0,0965	5	0,2632	7	0,1707	7	0,2000	7	0,2258
Σ	1,7214	1,000	1,20E-06	1,0	19	1	41	1	35	1	31	1

Fonte: Autores.

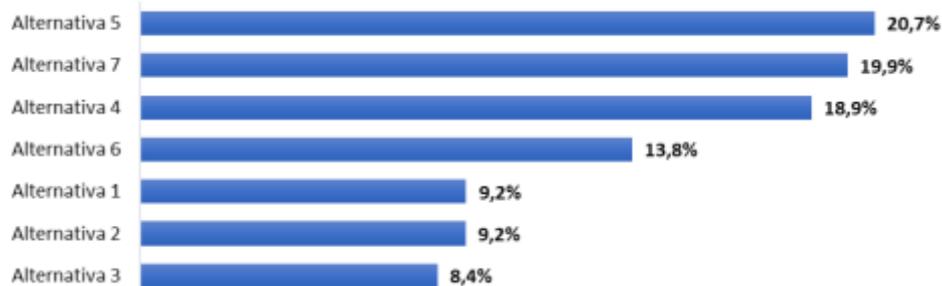
Quadro 4 – Matriz de decisão.

	Prazo Total	Custo Total	Risco 1	Risco 2	Risco 3	Oportunidade	Prioridade das Alternativas
Alternativa 1	0,1660	0,0522	0,0526	0,2195	0,0286	0,0968	0,0918
Alternativa 2	0,1660	0,0507	0,0526	0,2195	0,0286	0,0968	0,0915
Alternativa 3	0,1452	0,0225	0,0526	0,1707	0,0286	0,2903	0,0837
Alternativa 4	0,1162	0,1780	0,2632	0,0244	0,2571	0,0323	0,1889
Alternativa 5	0,1452	0,1410	0,2632	0,1707	0,2000	0,2258	0,2066
Alternativa 6	0,1162	0,4591	0,0526	0,0244	0,2571	0,0323	0,1385
Alternativa 7	0,1452	0,0965	0,2632	0,1707	0,2000	0,2258	0,1990
Prioridade dos Critérios	0,1960	0,1707	0,4671	0,0992	0,0365	0,0306	Σ = 1,0

Fonte: Autores.

O Quadro 4 apresenta o cálculo das Prioridades das Alternativas, portanto, segundo o resultado de prioridade das alternativas baseado nos julgamentos de critérios feito pela comissão multidisciplinar, conforme demonstra a Figura 8, recomenda-se de forma preliminar a adoção de uma entre alternativas com maior prioridade, Alternativa 5, Alternativa 7 ou Alternativa 4 nesta ordem.

Figura 8 - Ordem de prioridade das Alternativas.



Fonte: Autores.

Como complemento da avaliação de alternativas a construção da análise de sensibilidade resultou em 6 ordens de prioridade de critérios (Figura 9) alternando o critério prioritário e mantendo a sequência original dos demais, conforme a ordem resultante do julgamento da comissão.

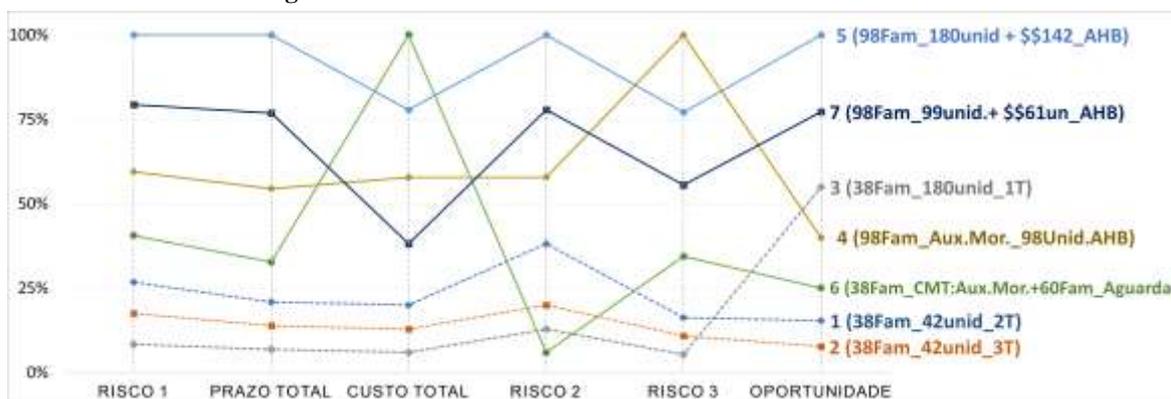
Figura 9 - Vetores com critério prioritário alternados.



Fonte: Autores.

Após a repetição de todos os processos de cálculo até se obter as prioridades de alternativas em cada cenário de critério prioritário, foram plotadas na Figura 10, as curvas variando as prioridades de alternativa em cada cenário de critério prioritário, demonstrando a ordem de recomendação das alternativas em cada cenário.

Figura 10 – Prioridades das Alternativas x Critério Prioritário.



Fonte: Autores.

Ao analisar o gráfico da figura 10 é possível reforçar a recomendação preliminar de escolha de uma entre as Alternativas 5, 7 ou 4, pois figuram com maior frequência com maior nível de prioridade ao atender os critérios em cada cenário.

Entretanto há de se considerar que a análise feita previamente à tomada de decisão não considera aspectos subjetivos e eventuais mudanças repentinas de prioridades dos critérios. Portanto analisando-se os diferentes cenários é possível subsidiar estas mudanças e adoção de alguma subjetividade sem renunciar a uma forma de tornar a tomada de decisão ainda justificável.

Por exemplo, caso a circunstância de decisão sofra momentaneamente com uma restrição orçamentária, comum em momentos de contingenciamento dos gastos na administração pública, seria possível avaliar as Alternativas 6, 5 e 4 como recomendadas, a verificar sua exequibilidade.

Já em uma hipótese de demanda por oportunidade de receita, para contribuição do fluxo de caixa a médio prazo, as Alternativas 5, 7 e 3 poderiam ser avaliadas com prioridade, entretanto se a baixa liquidez para comercialização e conversão de caixa se tornasse o estressor da situação problema, então as Alternativas 4, 5 e 7 seriam as mais bem avaliadas para a tomada de decisão.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como demonstrado nos resultados obtidos o método AHP é capaz de tornar objetiva a avaliação de critérios e alternativas à que a tomada de decisão está sujeita, além de apontar elementos relevantes para limitar a subjetividade individual dos tomadores de decisão quando optarem por alguma das linhas de ação.

O objetivo de demonstração da aplicação do método AHP foi alcançado com sucesso, de modo a explicitar as etapas e operações adotadas e possibilitando identificar os elementos a serem produzidos como subsídio ao tomador de decisão.

Devido à indisponibilidade de autorização dos entes mencionados, e a sensibilidade que a situação problema possui junto à comunidade em situação de vulnerabilidade, a identificação detalhada das partes envolvidas e o detalhamento das estimativas do especialista bem como dos argumentos de julgamentos resultantes em prioridades de critérios e alternativas, é uma limitação deste trabalho que não pode ser mais bem explorada.

REFERÊNCIAS

- BHUSHAN, N.; RAI, K. Strategic Decision-Making. Em: BHUSHAN, N.; RAI, K. (Eds.). **Strategic Decision Making**. Decision Engineering. London: Springer London, 2004. p. 3–10.
- BRASIL. **LEI Nº 13.303 DE 30 DE JUNHO DE 2016**. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Brasília. 2016. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/113303.htm. Acesso em: 18 set. 2023.
- BRASIL, M. DO M. A. E M. DO C. **Histórico ODS**. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/acao-a-informacao/informacoes-ambientais/historico-ods>. Acesso em: 2 set. 2023.
- LOUREIRO, R. R.; GOLDMAN, F. L.; NETO, M. S. DE O. Gestão de portfólio de projetos com auxílio do Método AHP. **Sistemas & Gestão**, v. 13, n. 3, p. 295–310, 3 set. 2018.
- ONU, N. U. B. **Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11: Cidades e comunidades sustentáveis**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 28 dez. 2022.
- ONU-HABITAT. **ONU-Habitat: população mundial será 68% urbana até 2050**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/188520-onu-habitat-populacao-mundial-sera-68-urbana-ate-2050>. Acesso em: 28 dez. 2022.
- PETRILLO, A.; SALOMON, V. A. P.; TRAMARICO, C. L. State-of-the-Art Review on the Analytic Hierarchy Process with Benefits, Opportunities, Costs, and Risks. **Journal of Risk and Financial Management**, v. 16, n. 8, p. 372, ago. 2023.
- SAATY, T. L. How to make a decision: The analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9–26, set. 1990.
- SAATY, T. L. How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. **Interfaces**, v. 24, n. 6, p. 19–43, 1994.
- SAATY, T. L. Relative measurement and its generalization in decision making why pairwise comparisons are central in mathematics for the measurement of intangible factors the analytic hierarchy/network process. **RACSAM-Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Serie A. Matemáticas**, v. 102, p. 251–318, 2008.
- SALGADO, E. G.; SALOMON, V. A. P.; MELLO, C. H. P. Analytic hierarchy prioritisation of new product development activities for electronics manufacturing. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 17, p. 4860–4866, 1 set. 2012.
- SINDUSCON-SP. **Boletim Econômico - Abril 2023 - Sem Desoneração**. , 2 maio 2023. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/download/boletim-economico-abril-2023-sem-desoneracao/>. Acesso em: 27 ago. 2023
- TEKNOMO, K. Analytic hierarchy process (AHP) tutorial. **Revoledu. com**, v. 6, n. 4, p. 1–20, 2006.
- VARGAS, R. V.; IPMA-B, P. **Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process-AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**. PMI Global Congress. **Anais...sn**, 2010.