

TÉCNICAS MULTICRITÉRIAS APLICADAS AO PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES

Gustavo Carvalho Paranhos

Julio Cesar Lavado Yarasca

Universidade de Brasília

Programa de Pós-Graduação em Transportes

RESUMO

Este trabalho aborda os principais métodos de análise multicritério, com um enfoque aprofundado ao método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e uma aplicação na área de planejamento de Transportes. Dentre as diversas ferramentas disponíveis para o planejamento de Transportes, as técnicas multicritério destacam-se como um meio de grande valor para se avaliar quais os melhores critérios para se optar entre uma e outra solução para os problemas na área. O artigo se inicia apresentando as técnicas multicritério mais utilizadas, como os métodos da família ELECTRE, o MACBETH, a teoria da utilidade multiatributo (MAUT) e o TODIM, este último desenvolvido no Brasil. Posteriormente, faz-se uma descrição minuciosa do método AHP, com amostras de sua aplicação em Transportes e um exemplo prático no Campus da Universidade de Brasília.

ABSTRACT

This paper explains the main multi-criteria decision analysis methods, with a profound focus to *Analytic Hierarchy Process* (AHP) and an application in Transportation Planning. Among several tools available to Transportation Planning, multi-criteria decision analyses stand out as a valuable mean to evaluating the best criteria in order to choose between an amount of solutions for the matters related to Transportation. The text starts with an introduction to most applied multi-criteria methods as ELECTRE family, MACBETH, the multi-attribute utility theory (MAUT) and TODIM, which was developed in Brazil. Finally, the *Analytic Hierarchy Process* is explained in details, along with samples about its application in Transportation and a practical example at the *Universidade de Brasília* Campus.

1. INTRODUÇÃO

Os transportes estão diretamente ligados à riqueza e ao desenvolvimento de uma determinada cidade ou região. Não há cidade rica sem um sistema de transporte desenvolvido, nem uma cidade pobre com uma rede de transporte complexa. Por isso, o processo de planejamento e implantação de um sistema de transporte integrado ao planejamento urbano exige um rigoroso cuidado no intuito de aproveitar ao máximo os benefícios proporcionados.

Embora a maioria das técnicas empregadas no planejamento urbano seja antiga, com mais de 30 anos de aplicações, o desenvolvimento da Informática, sobretudo no final da década de 1990, trouxe novas possibilidades para seu emprego. Este trabalho abordará, primeiramente, os principais métodos multicritério, com uma breve descrição de cada um. Em seguida, iniciaremos a abordagem detalhada da metodologia *Analytic Hierarchy Process* (AHP), principal foco de estudo da pesquisa, culminando com uma aplicação da ferramenta num projeto de implantação de um estacionamento de bicicletas no Campus da Universidade de Brasília (UnB).

2. AS TÉCNICAS MULTICRITÉRIAS

O homem é levado a tomar decisões no decorrer de sua vida, sempre confrontando-se com situações onde é necessário escolher. A tomada de decisão torna-se comum e, muitas vezes, é baseada na intuição, sentimento, experiência ou outro parâmetro subjetivo (Jordão e Pereira, 2006). As metodologias de análise multicritério foram criadas para auxiliar a tomada de decisões através de modelos matemáticos, agregando um caráter mais objetivo a este processo. No entanto, apenas a partir da década de 1960 surgiram os primeiros estudos sobre

as metodologias multicriteriais com o objetivo de facilitar a solução de problemas que envolvem diversas variáveis e que possibilitam abordagens sob vários enfoques.

Os problemas na área de transportes geralmente apresentam mais de uma causa, motivo pelo qual, também proporcionam diversas abordagens. Os enfoques podem ser de ordem econômica, ambiental, social, institucional ou técnica. Desta maneira, as metodologias de análise multicriterial apresentam-se como uma ferramenta de grande validade para os planejadores urbanos e de transportes.

2.1. Classificação dos métodos

Segundo Tkach e Simonovic apud Ramirez (2007), os métodos de análise multicriterial caracterizam-se por uma grande diversidade metodológica e podem ser reunidos em três grandes grupos:

- a. Técnicas de ordenamento ou hierarquias,
- b. Técnicas de utilidade multiatributo e
- c. Técnicas de programação matemática.

Os dois primeiros grupos exigem dados discretos, ou seja, o número de alternativas deve ser finito e explicitamente conhecido. Fazem parte das técnicas discretas: o Método de Utilidade Multiatributo (MAUT), o ELECTRE, o PROMETHEE e o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Nas técnicas de programação matemática, onde se tem como exemplo o método MACBETH, as alternativas são infinitas e baseiam-se no modelo da otimização multicriterial. Nos itens a seguir apresentaremos alguns dos métodos discretos e no próximo capítulo faremos uma abordagem mais aprofundada sobre o AHP.

2.1.1. Família ELECTRE

O método ELECTRE é na verdade uma família de métodos criados na Europa dos anos 1960 pelo professor francês Bernard Roy. A sigla ELECTRE vem do francês *Elimination Et Choix Traduisant la Réalité*, ou “Eliminação e Escolha Expressando a Realidade”. A família ELECTRE compreende os ELECTRE I, II, III, IV, IS e TRI (Figueira et al., 2005). Estes métodos constituem-se como métodos de subordinação e baseiam-se no estudo de sobreclassificação (*outranking*) em uma lógica não compensatória, chamada razão de substituição, com poder de veto usando as noções de concordância e discordância. As relações de sobreclassificação são construídas de forma que uma alternativa seja tão boa quanto a outra nas seguintes condições: uma maioria suficiente de critérios, considerando as suas importâncias, apóia esta proposição (princípio da concordância) e a oposição da minoria não é considerada forte o suficiente para discordar desta proposição (Almeida et al., 2003).

Existem duas etapas básicas no desenvolvimento do método ELECTRE: primeira, a construção de uma ou várias relações de sobreclassificação, cujo objetivo é comparar de maneira compreensiva cada par de ações; segunda, um procedimento de exploração que elabora as recomendações obtidas na primeira fase. A natureza da recomendação depende do problema demandado: escolha, ordenamento ou classificação.

2.1.2. Teoria da utilidade multiatributo (MAUT)

A Teoria da Utilidade Multiatributo – ou Multiattribute Utility Theory (MAUT, na sigla em inglês) – consiste em uma extensão natural, para o contexto em que cada alternativa é descrita por uma lista de atributos, da Teoria da Utilidade (Fishburn apud Neiva e Gomes, 2007). No conjunto de métodos multicriteriais, a MAUT é o único método que, a rigor, recebe o nome

de teoria, embora seja empregado o mesmo algumas vezes, como um método analítico, e não como uma teoria. O fato de ser considerado também como uma teoria reflete o fato de que a MAUT possui uma fundamentação sólida, sendo provavelmente o método multicriterial menos adequadamente considerado com uma heurística (Gomes, 2006). O uso da MAUT permitiu, assim, selecionar a melhor solução para um problema decisório complexo, identificar o conjunto das melhores soluções para tal problema, ou, simplesmente, ordená-las da melhor para a pior delas. Forneceu, desta forma, uma prescrição ao tomador de decisão. (Neiva e Gomes, 2007)

Uma das primeiras aplicações da MAUT envolveu a escolha do lugar para a implantação de um novo aeroporto na Cidade do México no início da década de 1970. Foram considerados fatores como custos, tempo de acesso até o aeroporto, segurança e poluição sonora.

2.1.3. Método TODIM

O método TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério), desenvolvido pelo professor Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, permite que se trabalhe com critérios tanto quantitativos como qualitativos e possui um grau de inteligibilidade satisfatório comparativamente com outros métodos discretos. Enquanto praticamente todos os demais métodos multicriteriais partem da premissa de que o tomador de decisão decide buscando sempre a solução correspondente ao máximo de alguma medida global de valor, por exemplo, o maior valor possível de uma função de utilidade multiatributo, no caso da MAUT, o método TODIM faz uso da noção de uma medida global de valor calculável pela aplicação do paradigma em que consiste a Teoria dos Prospectos. Assim, o método se fundamenta sobre uma descrição, comprovada por evidências empíricas, de como as pessoas efetivamente decidem em face ao risco (Gomes e Maranhão, 2008).

2.1.4. Método MACBETH

O Método MACBETH, sigla de Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique (Medição de Atratividade através de Técnicas de Avaliações Baseadas em Categorias) foi desenvolvido pelos professores, o português Carlos Bana e Costa e o belga Jean Claude Vansnick em meados da década de 1990, sendo, portanto bastante recente em comparação a outras ferramentas multicriteriais.

O método mede o grau de preferência de um tomador de decisão sobre um conjunto de alternativas. Constitui uma função de critério obtida através de programação linear que determina os parâmetros relacionados com a informação. Trata-se de uma abordagem de decisão que requer apenas julgamentos qualitativos sobre diferenças de valor para ajudar um indivíduo ou um grupo quantificar a atratividade relativa das opções (Flament, 1999). Ele mede o grau de preferência de um tomador de decisão sobre um conjunto de alternativas e, dessa forma, permite que se verifique a inconsistência nos juízos de valores, possibilitando a revisão. Sua maior vantagem, portanto, é a interatividade (Fernandes, 1996).

3. A METODOLOGIA ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

O Método de Análise Hierárquica (MAH) ou *Analytic Hierarchy Process* (AHP) é provavelmente a ferramenta multicriterial mais difundida no mundo. Foi desenvolvido pelo professor Thomas L. Saaty, em 1972, num estudo para a Fundação Nacional de Ciências dos Estados Unidos (NSF, na sigla em inglês) sobre o racionamento de energia para indústrias (durante o mesmo ano, Saaty criou a escala que relaciona as opiniões aos números). A

maturidade aplicativa do AHP veio com o Estudo dos Transportes do Sudão em 1973 (Godinho, 2007). Em 1981, o professor Saaty publicou um livro intitulado *Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, consolidando seu método.

O AHP procura hierarquizar os objetivos por meio de comparações paritárias, ou seja, a preocupação está na obtenção de pesos para alternativas de sub-objetivos com relação a objetivos de ordem mais elevada e entre sub-objetivos. Por hierarquia entende-se um tipo particular de sistema, que é baseado no conceito de que as entidades que tenham sido identificadas podem ser agrupadas em conjuntos distintos, com as entidades de um grupo influenciando apenas um grupo a jusante e sendo influenciadas pelas entidades de apenas um outro grupo a montante.

Um problema de decisão do tipo multicriterial geralmente envolve a escolha de um número finito de alternativas baseadas num conjunto de critérios selecionados. Os problemas complexos da tomada de decisão são comuns numa infinidade de áreas, e desde os tempos remotos o homem tenta resolvê-los, apoiando-se em raciocínios dedutivos, a fim de guiar e validar as suas escolhas.

O Método de Análise Hierárquica pode ser considerado um método simples e confiável, pois permite a utilização de dados qualitativos e/ou quantitativos mensuráveis, sendo estes tangíveis ou intangíveis, na análise de critérios. Tem sido mundialmente utilizado para auxiliar os processos de decisão considerando os mais diversos fins, indo da análise do terrorismo até à disposição de recursos em questões governamentais.

3.1. AHP em 3 fases

Inicia-se o estudo do método AHP com a decomposição dos elementos de um problema em hierarquias. Tem-se no primeiro nível o objetivo geral do problema de decisão; no segundo, os sub-objetivos; no terceiro, outros fatores ou atributos; e, no n-ésimo nível, as alternativas de decisão. Em seguida efetuam-se as comparações pareadas entre elementos de um nível em relação ao critério do nível superior (etapa 1: Hierarquização/Comparações). Estas comparações determinam as prioridades e finalmente, devido à síntese, as prioridades globais (etapa 2: Priorização). Por último faz-se a avaliação da coerência e do tratado de interdependência (etapa 3: Análises de consistência).

3.1.1. Etapa 1: Hierarquização/Comparações

- I. Definição da meta;
- II. Estruturar a hierarquia de um ponto de vista global de gestão;
- III. Construir uma matriz de comparações binárias, criando o impacto de cada elemento sobre cada critério de referência do nível superior. Quando conjugados dois elementos, a maioria dos indivíduos prefere formular uma apreciação que exprime as suas preferências para um número inteiro. A matriz permite transcrever este valor a uma dada posição e o recíproco (inverso) na outra posição simétrica. Um elemento situado à esquerda é por convenção examinado em sua função, relativamente ao elemento situado no topo da matriz.

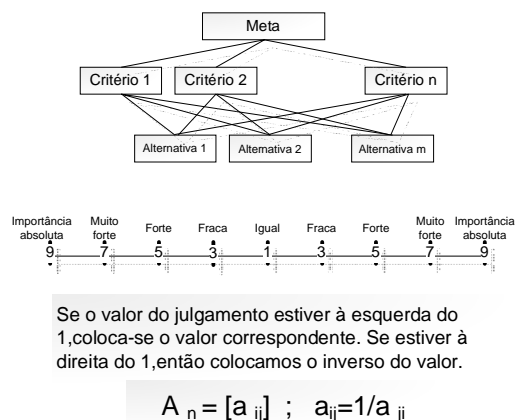
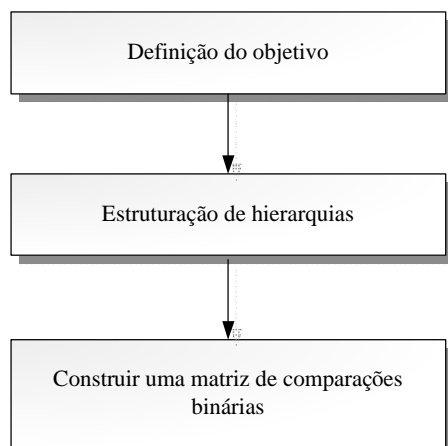


Figura 1: Determinação das matrizes

A escala de 1 a 9 (e recíprocos) é considerada conveniente com base em estudos psicológicos para capturar a intensidade de uma relação que, habitualmente, se descreve qualitativamente.

3.1.2. Etapa 2: Priorização

A partir dos dados fornecidos pelo julgador é construída a matriz de comparação. Estas matrizes podem ser determinadas mediante a equação $Ax = \lambda x$ onde x é um vetor de pesos, com os quais se determinam as prioridades.

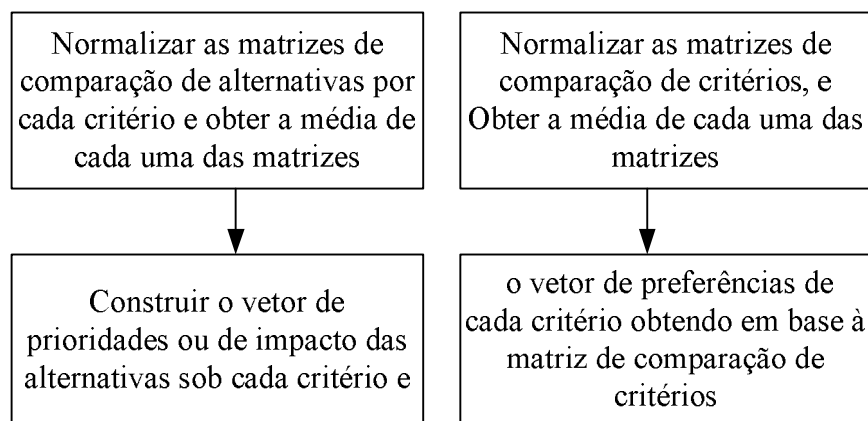


Figura 2: Análises das matrizes

3.1.3. Etapa 3: Análises de consistência

Tabela 1: Avaliação da coerência das matrizes

Ordem da matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

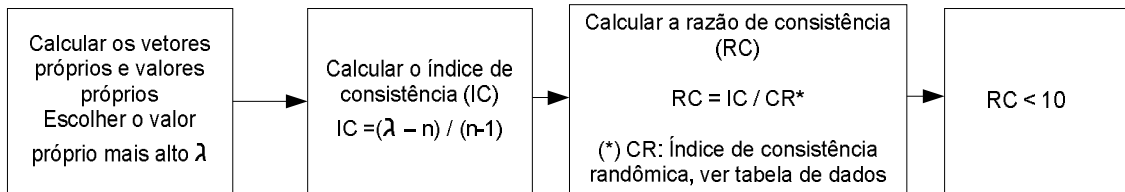


Figura 3: Avaliação da coerência

3.2. Exemplo prático da aplicação do AHP

Utilizamos como exemplo prático a escolha do lugar ideal para a implantação de um estacionamento de bicicletas no Campus da Universidade de Brasília (UnB).

Foram selecionados dois prováveis pontos, um próximo à Faculdade de Estudos Sociais Aplicados (FA), denominado estacionamento 1, e outro em frente ao Instituto Central de Ciências (ICC – Minhocão), denominado estacionamento 2. Os critérios a serem avaliados são C1-Segurança, C2-Acessibilidade, C3-Mobilidade e C4-Custo. Cada um destes critérios foram julgados paritariamente e em relação a cada um dos estacionamentos através de pesos ranqueados entre 1 e 9.

Para o desenvolvimento do exemplo utilizou-se o programa computacional para ambiente Windows Expert Choice Decision Support Software 2000, desenvolvido por Thomas L. Saaty, e Ernest H. Forman.



Figura 4: Trecho do Campus da UnB com os lugares propostos para a implantação do estacionamento de bicicletas

3.3.1. Etapa 1: Hierarquização / Comparações

Conforme a tabela 2, o estacionamento 1 obteve valores 7 no C2 e 6 no C4, enquanto que o estacionamento 2, somou 5 no C1 e 4 no C3.

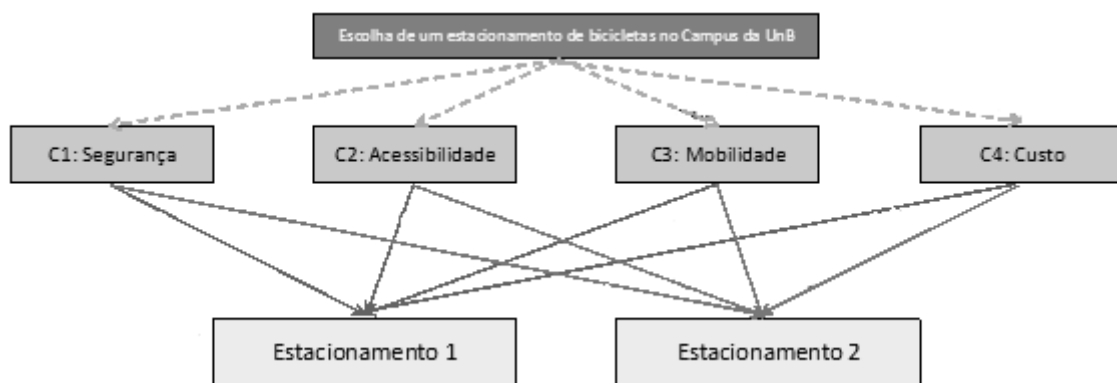


Figura 5: Critérios e hierarquias

Tabela 2: Avaliações paritárias dos dois estacionamentos em relação a cada critério

C1	Estac. 1	Estac. 2
Estac. 1	1	1/5
Estac. 2	5	1

C3	Estac. 1	Estac. 2
Estac. 1	1	1/4
Estac. 2	4	1

C2	Estac. 1	Estac. 2
Estac. 1	1	7
Estac. 2	1/7	1

C4	Estac. 1	Estac. 2
Estac. 1	1	6
Estac. 2	1/6	1

Pela tabela 3, constata-se que o C1 foi preferido em detrimento de todos os outros critérios (3 contra o C2 e o C4 e 4 contra o C3), enquanto que o C4, não recebeu nenhuma nota inteira.

Tabela 3: Avaliações paritárias entre os critérios

	C1	C2	C3	C4
C1	1,000	3,000	4,000	3,000
C2	1/3	1,000	2,000	3,000
C3	1/4	1/2	1,000	3,000
C4	1/3	1/3	1/3	1,000

3.3.2. Etapa 2: Priorização

A tabela 4 mostra que o estacionamento 2 obteve as maiores médias nos critérios 1 (segurança) e 3 (mobilidade). Isto refletirá no resultado final.

Tabela 4: Resultado final de cada critério em relação a cada estacionamento

	C1	C2	C3	C4
Estac. 1	0,167	0,875	0,200	0,857

Estac. 2	0,833	0,125	0,800	0,143
----------	-------	-------	-------	-------



Figura 6: Classificação final dos critérios

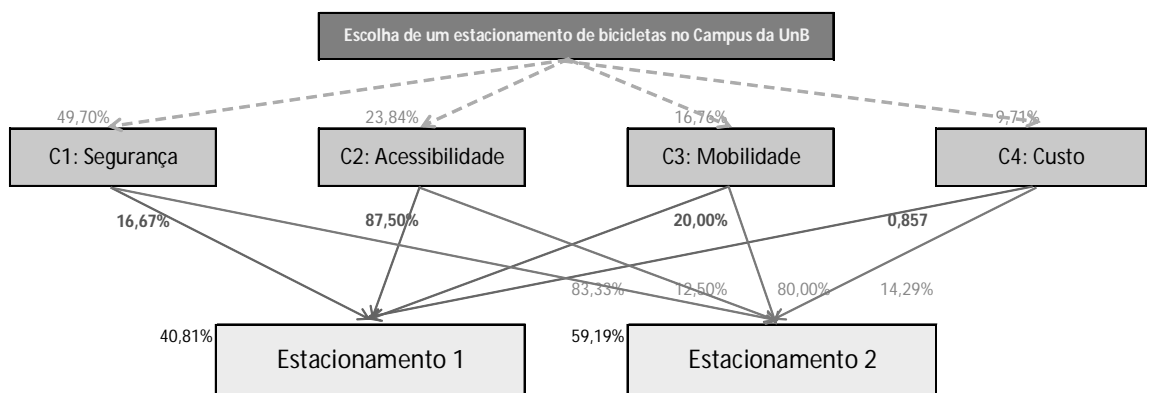


Figura 7: Critérios e hierarquias com os respectivos resultados

3.3.3. Análises de consistência

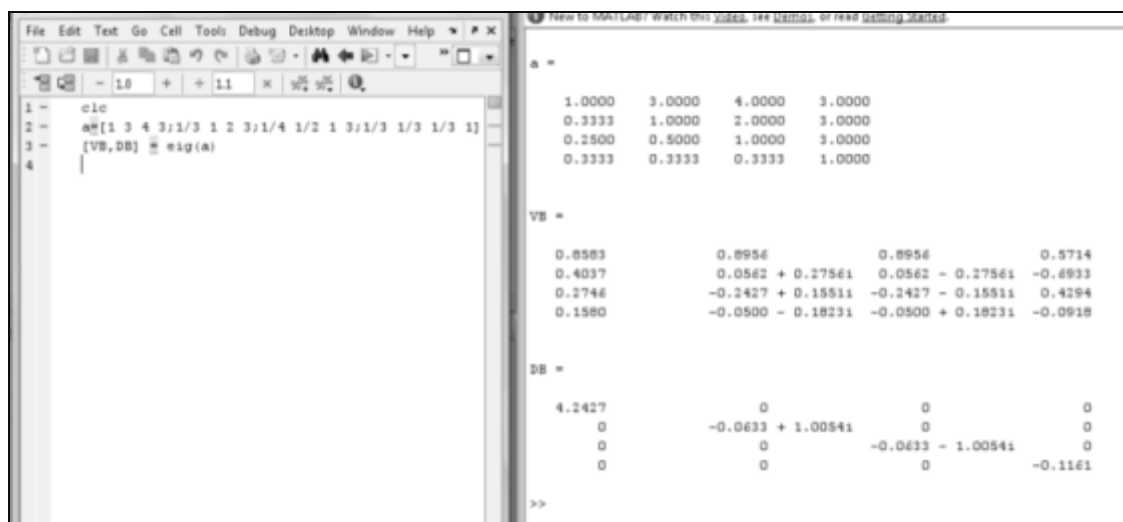


Figura 8: Aplicação do software Matlab para cálculo dos valores próprios máximos.

$$\lambda_{\max} = 4,2427$$

$$n = 4 \quad \Rightarrow \quad (\text{ver.tabela.01}) \quad IR = 0,9$$

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{4,2427 - 4}{4 - 1} = 0,0809$$

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad \Rightarrow \quad RC = \frac{0,0809}{0,9} = 9\% < 10\% \quad \text{CORRETO}$$

Analisando todos os dados, verifica-se que o estacionamento 2 obteve valores mais altos nos critérios segurança (o mais importante de todos) e mobilidade. Portanto, a conclusão obtida através da ferramenta AHP é de que o melhor lugar para se implantar no estacionamento de bicicletas no Campus da UnB é em frente ao ICC (estacionamento 2).

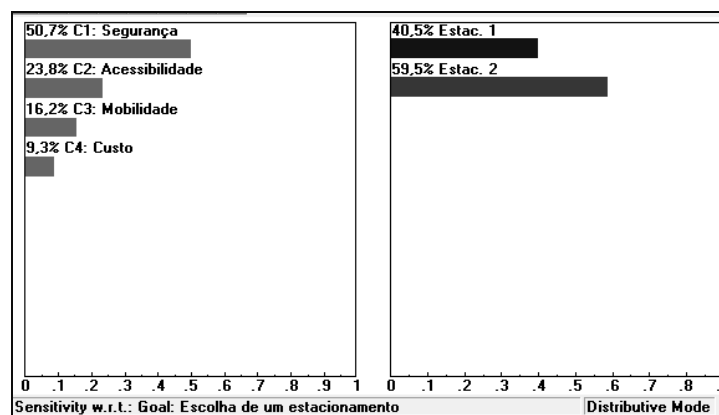


Figura 9: Classificação final dos estacionamentos

3.3. Outros exemplos de aplicações na área de planejamento de transportes

A seguir são apresentados alguns exemplos de aplicações do método AHP no planejamento de transportes. Esta ferramenta é muito difundida, sobretudo no meio acadêmico, sendo empregada em diversas dissertações de Mestrado nas mais variadas áreas do conhecimento.

Godinho (2007), em sua dissertação, aplicou o AHP em conjunto com sistemas de informação geográfica (SIG) para escolher o traçado de linhas de ônibus urbanos no aglomerado urbano Cuiabá-Várzea Grande. Segundo a autora, através das técnicas multicriteriais a alternativa escolhida não foi uma “alternativa ótima”, mas a que melhor atendeu a todos os critérios juntos.

Hotta (2007), também na dissertação de Mestrado, aplicou o AHP para tornar possível a comparação entre diferentes tecnologias para o transporte público. O Transporte Público Individualizado (TPI) é apresentado como alternativa ao transporte público convencional e a ferramenta AHP é utilizada para a tomada de decisão entre qual das duas tecnologias é “melhor”. Com base nos resultados, o TPI surge como uma alternativa interessante ao ônibus, porém sofre restrições por conta do seu alto custo de investimento.

Moreira (2000), em sua dissertação, avaliou projetos de transporte utilizando, além do método AHP, a análise benefício-custo. Seu estudo de caso foi a avaliação de quatro projetos de intervenções no transporte coletivo da cidade de Porto Alegre. O método de análise hierárquica mostrou-se bastante flexível ao permitir a inclusão de variáveis de difícil quantificação monetária, como número de transbordos, emissão de poluentes e intrusão urbana, além de permitir a atribuição de pesos às diversas variáveis, o que explicita o ponto de vista dos tomadores de decisão em relação à importância dada aos critérios utilizados.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos hierárquicos multicriteriais refletem a forma como nos comportamos ou pensamos. Ele melhora as capacidades naturais, acelerando os processos do pensamento e alarga a consciência, incluindo mais fatores que normalmente não seriam considerados. Este método é um processo de “racionalidade sistêmica”, permitindo considerar um problema como um todo e analisar a interação simultânea dos componentes que constituem a sua hierarquia.

Os métodos hierárquicos multicriteriais abordam os problemas complexos em termos de interações específicas, permitindo colocar o problema como ele é entendido na sua complexidade, refinando a sua definição e estruturando-o através de um processo de repetição. Permite também identificar os problemas críticos, definir a sua estrutura e detectar e resolver conflitos. Os aspectos analíticos deste modelo possuem um efeito estimulante permitindo induzir uma consciência cognitiva. Constitui uma metodologia flexível que permite tomar decisões, tendo em conta, a lógica, as opiniões e os valores individuais e, por esta razão, conforma-se como uma ferramenta muito útil para o planejamento de transportes, uma vez que possibilita a avaliação de cenários futuros, quantificando critérios que, em princípio, seriam considerados apenas qualitativamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, A. T. de, Ferreira, R. J. P., Gusmão, A. H. P. de, Miranda, C. M. G. de (2003) Sistema de apoio a decisão para seleção de atividades críticas no gerenciamento de projetos com avaliação multicritério. *Anais do XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto*. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2003_TR0902_1382.pdf. Acesso em 1º de maio de 2009.
- Bana e Costa, C. A., Vansnick, J. C. (1999) *The MACBETH Approach: basic ideas, software and an application*. Advances in decision analysis. Dordrecht: Kluwer.
- Godinho, J. C. M. (2007) *Aplicação do método de análise multicritério na escolha de traçado de linhas de ônibus de transporte público utilizando sistema de informação geográfica*. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Disponível em http://petrisc.pet.coppe.ufrj.br/dissertacoes/transporte_publico/godinho_jucemara.pdf. Acesso em 5 de maio de 2009.
- Flament, M. (1999) Glosario Multicriterio. In: *Red Iberoamericana de Evaluación y Decisión Multicriterio*. Disponível em: <http://www.unesco.org.uy/red-m/glosariom.htm>. Acesso em 25 de setembro de 2009.
- Fernandes, C. H. (1996) *Priorização de projetos hidrelétricos sob a ótica social: um estudo de caso utilizando análise custo/benefício e uma metodologia multicritério de apoio à decisão - "MACBETH"*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Figueira, J., Greco, S. e Ehrgott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer Science + Business Media, Inc., New York City.
- Gomes, L. F. A. M. (2006) *Teoria da decisão*. Pioneira Thomson Learning, São Paulo.
- Gomes, L.F.A.M. e Maranhão, F. J. C. (2008) A exploração de gás natural em Mexilhão: análise multicritério pelo método TODIM. *Pesquisa Operacional*, v. 28, n. 3, p. 491-509.
- Jordão, B. M. da C. e Pereira, S. R. (2006) *A Análise multicritério na tomada de decisão - O Método Analítico Hierárquico de T. L. Saaty*: Desenvolvimento do método com recurso à análise de um caso prático explicado ponto a ponto. Instituto Politécnico de Coimbra. Disponível em: <http://prof.santana-e->

silva.pt/gestao_de_empresendimentos/trabalhos_alunos/word/Met%20Analitico%20Hierarquico-Caso%20pratico_DOC.pdf. Acesso em 28 de abril de 2009.

- Hotta, L. H. (2007) *Avaliação comparativa de tecnologia de transporte público urbano: ônibus x transporte público individualizado*. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18144/tde-28112007-095503/>. Acesso em 5 de maio de 2009.
- Kim, S.-J., Rilett, L. R. e Zietsman, J. (2006) Transportation corridor decision-making with multi-attribute utility theory. *Int. J. Management and Decision Making*, v. 7, n. 2/3, p. 254-266.
- Moreira, R. (2000) *Avaliação de projetos de Transportes utilizando análise benefício custo e AHP*. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. Disponível em <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000287826>. Acesso em 28 de abril de 2009.
- Neiva, S. B. e Gomes, L. F. A. M. (2007) A aplicação da teoria da utilidade multiatributo à escolha de um *software de e-procurement*. *Rev. Tecnol. Fortaleza*, v. 28, n. 2, p. 160-171.
- Ramirez, A. M. (2007). *El proceso de análisis jerárquico con base en funciones de producción para planear la siembra de maíz de temporal*. Tese de Doutorado em Ciências - Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Montecillo, México. Disponível em: <http://www.eumed.net/tesis/2008/amr/PROCESO%20DE%20ANALISIS%20JERARQUICO%20CON%20BASE%20EN%20%20FUNCIONES%20DE%20PRODUCCION%20PARA%20PLANEAR%20LA%20SIEMBRA%20DE%20MAIZ%20DE%20TEMPORAL%20ABSTRACT.htm>. Acesso em 1º de maio de 2009.
- SAATY, Thomas L. (1991) *Método de análise hierárquica*. McGraw-Hill, São Paulo.