

Métodos de análise multicritério: uma revisão das forças e fraquezas

Néstor Fabián Ayala (PPGEP-UFRGS)
Alejandro Germán Frank (PPGEP-UFRGS)

Resumo:

Nos últimos tempos, com o aumento da importância dada aos aspectos intangíveis, a necessidade de envolvê-los na tomada de decisão junto com os clássicos aspectos tangíveis tornou-se imperioso. Neste contexto aparecem os métodos MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis) como ferramentas para ajudar aos tomadores de decisão nesta tarefa, que se pode tornar complexa quando vários dos aspectos envolvidos estão por natureza em conflito. A ideia do MCDA resulta tão atrativa que dezenas de métodos foram desenvolvidos, assim como centenas de publicações os discutiram. Diante disto, o presente artigo tem como objetivo suprir a necessidade de resumir em um só artigo as principais características, vantagens e desvantagens dos métodos MCDA mais populares, de modo de auxiliar na escolha a quem precise dessas ferramentas.

Palavras-chave: métodos de análise multicriterial, MCDA, revisão da literatura.

1. Introdução

Nos últimos tempos, a necessidade de conjugar critérios tangíveis e intangíveis na toma de decisão em diversos campos, como ser, impactos ambientais, sociais, políticos e de mercado na avaliação de projetos econômicos, tem levado ao auge à utilização de métodos de ajuda na análise multicritério (KEIKO et al., 2004).

Nos complexos problemas de tomada de decisão onde múltiplos critérios estão envolvidos, freqüentemente muitos de eles estão em conflito. O objetivo das metodologias MCDA (*Multi-Criteria Decision Analysis*) é ajudar ao tomador de decisão a organizar e sintetizar a informação de modo de adotar uma decisão com maior segurança e clareza, explicitando e administrando a subjetividade envolvida e, ao mesmo tempo, minimizando a possibilidade de que a decisão tomada seja ótima sujeito a um dos critérios avaliadores, mas seja inaceitável segundo outro (BELTON e STEWART, 2002).

Através dos métodos MCDA, informação objetiva, conhecimento experto e preferências subjetivas podem ser considerados em conjunto (KANGAS e KANGAS, 2005). Ainda Flament (2008) afirma que através dos modelos multicritérios, o tomador de decisão consegue estimar as possíveis implicações de seu acionar, obtendo uma melhor compreensão da relação entre suas ações e seus objetivos.

Desde os primeiros sistemas de ajuda á escolha, que são atribuídos freqüentemente a Jean-Charles de Borda (1733-1799) e ao marques de Condorcet, Marie Jean Antonie Nicolas de Caritat (1743-1794) (FIGUEIRA, 2005), surgiram outros métodos criados para a solução de problemas que envolvem múltiplos critérios. Entre os métodos mais aplicados atualmente, podem-se destacar: MAUT, AHP, ANP, NCIC, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE e TOPSIS.

A idéia do MCDA é tão atrativa que existem centos de artigos publicados em periódicos científicos e dezenas de livros escritos ao respeito (FIGUEIRA, 2005). Devido á alta quantidade de métodos para a análise multicriterial e a numerosa bibliografia existente, há uma crescente necessidade de sintetizar as principais vantagens e desvantagens dos métodos mais populares de maneira a ajudar na escolha dentre as mesmas a quem precise delas.

Assim sendo, o presente trabalho tem por objetivo apresentar as principais propostas de MCDA e realizar um comparativo entre as mesmas, destacando pontos positivos e negativos de cada uma delas. Para o desenvolvimento do artigo primeiro se realizou uma revisão bibliográfica onde se identificaram como métodos mais utilizados os acima citados. Em seguida, se fez uma breve descrição dos métodos para logo resumir em uma tabela as principais vantagens e desvantagens descobertas na revisão. Cabe destacar que não forma parte do escopo deste trabalho o aprofundamento na descrição de cada método, sendo estes descritos de forma sucinta, centralizando-se a discussão na comparação entre os mesmos.

2. Descrição dos métodos de apoio á decisão multicritério

Na sequência serão descritos os métodos mais popularmente aplicados para auxiliar na tomada de decisão, em problemas que envolvem múltiplos critérios.

2.1 MAUT (Multiattribute Utility Theory)

Um dos métodos MCDA mais amplamente utilizados é o MAUT (*Multiattribute Utility Theory*), proposto por primeira vez por Keeney e Raiffa em 1976 (LOKEN, 2007; VREEKER, 2006). Este método representa as preferências dos decisores através de uma função de utilidade, e o objetivo pode-se resumir em escolher as ações que maximizem esta função (ZOPOUNIDIS, 1999; LINKOV e STEEVENS, 2008).

O MAUT permite tratar um problema complexo em uma simples hierarquia e avaliar subjetivamente um grande numero de fatores quantitativos e qualitativos na presença de risco e incerteza, evitando qualquer preconceito que pudesse levar aos decisores a escolher uma alternativa não ótima (MIN, 1994; ELMISALAMI et al, 2006; CHEUNG e SUEN, 2002). Como resultado da utilização do MAUT tem-se um completo *ranking* das alternativas envolvidas. Fora disto, vale destacar que no MAUT, em similaridade com outros métodos como o AHP, os comportamentos são compensatórios, ou seja, que um comportamento muito bom segundo um critério pode compensar um comportamento ruim em outro critério (VREEKER, 2006). O método exige uma alta interação entre os *stakeholders* para a determinação dos pesos (SELAMEAB e YEH, 2008). Conseqüentemente, o MAUT pressupõe a racionalidade dos decisores (ou seja, que preferem mais utilidade a menos utilidade), que eles têm um perfeito conhecimento e que são consistentes em seus julgamentos, além de assumir que todos os impactos são comparáveis (LINKOV e STEEVENS, 2008; VREEKER, 2006).

Uma variante amplamente utilizada do MAUT é o SMART (*Simple MultAttribute Rating Technique*) desenvolvido por Edwards (1977) como uma versão simplificada do primeiro, onde as notas são estandardizadas numa escala de 0 a 1 (onde 0 representa o pior comportamento esperado respeito de certo critério, e 1 representa o melhor comportamento possível) (EDWARDS, 2008; OLSON, 2001).

2.2 AHP (Analytic Hierarchy Process)

O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é atualmente uns dos métodos mais utilizados, sendo aplicado em centos de casos de diversas áreas, para ajudar á toma de decisões em situações que envolvem critérios qualitativos. Esse método tão afamado foi desenvolvido na década de 1970 por Thomas Saaty, com o objetivo de superar as limitações cognitivas dos tomadores de decisão em problemas de seleção de alternativas baixo múltiplos critérios que podem ser intuitivos, racionais e irracionais com a participação de múltiplos atores (VILAS, 2008; RODRÍGUEZ, 2008).

O método segue fundamentalmente quatro etapas (LUCENA, 2008; KEIKO et al., 2004): decomposição do problema numa árvore hierárquica, comparação par a par dos elementos em cada nível do sistema, determinação da prioridade relativa de cada elemento e agregação das prioridades relativas para a escolha final. No AHP, Saaty resolveu o problema da complexidade dos problemas estabelecendo a estrutura hierárquica por níveis, o que permite uma melhor compreensão da relação entre os elementos e uma maior maneabilidade nas comparações entre varias alternativas. O método utiliza a lógica aliada à intuição, com a finalidade de obter julgamentos através de consenso e interação dos grupos decisores, permitindo resolver problemas com múltiplos critérios ainda que alguns se encontrem em conflito e com informação incompleta (NORRIS e MARSHALL, 1995; RODRÍGUEZ, 2008; BERTOLINI et al., 2006). A metodologia do AHP é compensatória, já que o comportamento deficiente de uma alternativa segundo um critério pode ser compensado por um melhor desempenho em outros (OLIVEIRA et al., 2005).

2.3 ANP (Analytic Network Process)

Para a resolução de problemas de tomada de decisão que não podem ser estruturados hierarquicamente, onde existem interações e dependências entre os distintos elementos do mesmo nível ou de outros, Saaty propõe em 1996 um novo método, o ANP (*Analytic Network Process*) que se apresenta como uma generalização do AHP, onde um dos axiomas base (independência entre elementos) pode ser violado (MORITA et al., 1999; MIKHAILOV e SINGH, 2003; SAATY, 1996; JHARKHARIA e SHANKAR, 2007). No ANP pode existir uma rede de ciclos fechados onde não se identificam níveis hierárquicos (MORITA et al., 1999). Uma hierarquia é uma estrutura linear de cima para baixo. Uma rede se propaga Métodos de análise multicriterial...

em todas as direções e envolve ciclos entre elementos que podem ou não ser do mesmo nível (SAATY, 1996). A influência dos elementos na rede representa-se no que Saaty denomina *supermatriz*.

O ANP consiste nas seguintes etapas (RODRÍGUEZ, 2008): realizar comparações pareadas entre os elementos; construir a *supermatriz* original com os vetores de pesos resultantes das matrizes de comparação pareada; realizar comparações pareadas entre componentes; ponderar os blocos da *supermatriz* original com os pesos dos componentes para transformá-la numa matriz estocástica por colunas (*supermatriz* ponderada); por ultimo elevar a matriz a potencias sucessivas hasta que suas entradas convergirem (*supermatriz* limite).

2.4 NCIC (Non-Traditional Capital Investment Criteria)

O NCIC (*Non-Traditional Capital Investment Criteria*) foi desenvolvido por Boucher e MacStravic (1991), principalmente para analisar investimentos de capital onde os critérios resultam difíceis de ser quantificados monetariamente (GOGUS e BOUCHER, 1998). A principal motivação dos autores para o desenvolvimento deste novo modelo, foram as dificuldades que o AHP apresenta na aplicação em análise de investimentos (BOUCHER et al., 1997).

O NCIC é muito similar em vários aspectos ao AHP, mas os autores destacam que além de ser construído sobre a base das vantagens das técnicas do AHP, foram evitadas suas desvantagens (BOUCHER et al., 1997), portanto este fato converte esta metodologia em uma ferramenta muito confiável. O método começa com uma comparação par a par do desempenho nos lucros dos diferentes atributos, para uma dada alternativa. No final a importância de cada atributo é expressa em valores monetários que permitem selecionar uma alternativa, realizar um ranking e ainda confirmar a consistência dos resultados através de uma lógica econômica (NORRIS e MARSHALL, 1995; GOGUS e BOUCHER, 1998).

O NCIC permite explicitar custos e benefícios não financeiros em valores monetários (NORRIS e MARSHALL, 1995) o que faz possível a comparação e análise destes com outros objetivos quantificáveis, além de permitir que sejam analisados através de ferramentas como o VPL (Valor Presente Líquido) (KIMURA e SUEN, 2003). É importante destacar que o NCIC não é um modelo hierárquico, sendo que esta estrutura se sugere na modelagem do problema simplesmente para compreender melhor o mesmo, mas não é necessária na execução do modelo (BOUCHER et al., 1997).

Finalmente, o NCIC não se foca em dizer quanto uma alternativa é superior à outra numa decisão de investimento, se centra em mostrar em quanto os benefícios da melhor alternativa superam aos custos (BOUCHER et al., 1997).

2.5 MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique)

O método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) foi desenvolvido por Carlos Bana e Costa e Jean Claude Vasnick em 1994 (OLLAGUEZ, 2006). É um método interativo, comumente utilizado a través de um software desenvolvido pelos mesmos autores, que mede o grau de preferência do tomador de decisão sobre um conjunto de alternativas e ajuda-lhe a quantificar a atratividade relativa de cada uma delas, transformando avaliações qualitativas em quantitativas (BANA E COSTA e CHAGAS, 2004).

Em primeiro lugar, a través de um questionário procede-se a comparar dois elementos por vez, requerendo somente um julgamento de preferência qualitativo. Logo, é analisada a consistência cardinal (transitividade) e semântica (relações entre as diferenças) das respostas e, em caso de que apareçam incoerências, sugere como solucioná-las (CORREIA et al., 2003), permitindo conhecer em quais julgamentos se encontra a inconsistência (CORREIA et al., 2002; KEIKO et al., 2004).

A seguir, é gerada por programação linear uma escala numérica representativa dos julgamentos dos tomadores de decisão. Mediante um processo similar é gerada uma escala de pesos para os critérios de julgamentos (BANA E COSTA e CHAGAS, 2004). Ao contrário do método AHP que compara a importância dos critérios diretamente, o MACBETH faz a comparação de forma indireta, considerando alternativas fictícias que representam cada um dos critérios (CORREIA et al., 2003). Por ultimo, o método possibilita a realização de uma análise de sensibilidade dos distintos elementos intervenientes no processo de decisão (BANA E COSTA e CHAGAS, 2004).

2.6 ELECTRE (ELimination Et Choice Translation REality)

O método ELECTRE (*ELimination Et Choice Translation REality*), baseado no conceito de sobre Métodos de análise multicriterial...

classificação, foi desenvolvido por Roy em 1968. A idéia do método é comparar par a par todas as alternativas, segundo cada critério examinado, para achar qual alternativa prevalece (termo em inglês: *outranking*) sobre a outra. Uma alternativa se considera dominante se supera certo valor umbral fixado de antemão arbitrariamente para cada critério (MÜLLER, 2005; MIRANDA e TEIXEIRA, 2007). O método baseia-se na separação e classificação das alternativas, considerando aquelas que são preferidas na maioria dos critérios de avaliação, sem causar um nível de descontentamento inaceitável para qualquer um dos critérios envolvidos, achando uma solução, que mesmo sem ser ótima pode ser considerada satisfatória (GONÇALVES et al., 2008; VILAS, 2008). Diferente de outros métodos (por exemplo, AHP), o ELECTRE admite a não transitividade nas relações de preferência, justificando-se no fato de que os critérios de estabelecimento das preferências podem ser diferentes (GONÇALVES et al., 2008).

Desde sua criação o método foi modificado adicionando-lhe diversas ferramentas e conceitos, contando-se hoje seis variantes do ELECTRE: os ELECTRE I e II trabalham juntos complementando-se, o primeiro seleciona e o segundo ordena as alternativas; os ELECTRE III e IV têm como objetivo ordenar as alternativas hierarquicamente, por sua parte, o III permite expressar um grau de incerteza nas qualificações por meio da utilização do fuzzy e o ELECTRE IV exime ao decisor da tarefa de estimar os pesos dos atributos; o ELECTRE TRI tem como objetivo classificar as alternativas segundo uma série de categorias pré-estabelecidas e também utiliza o conceito fuzzy na entrada de dados; o ELECTRE IS é uma atualização do ELECTRE I, conservando de esse a formulação do problema e os conceitos básicos. Por último, é importante anotar que os ELECTRE I e II trabalham como o conceito de critérios simples e a partir do ELECTRE III foi incorporado o conceito de pseudocritérios (MORITA et al., 1999; MIRANDA e TEIXEIRA, 2007, MOREIRA, 2007, FERNANDEZ e ESCRIBANO, 2002).

O ELECTRE exige uma grande interação entre os decisores, já que os parâmetros utilizados no modelo devem representar o consenso do grupo (COSTA e TEIXEIRA, 2006).

2.7 PROMETHEE (Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations)

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organisation METHod for Enrichment Evaluations*) foi desenvolvido por Brans *et al.* (1986), numa tentativa de resolver as deficiências que existem no método ELECTRE (MÜLLER, 2005). Esse método se adapta bem a problemas onde um número finito de ações alternativas deve ser ranqueado considerando vários, e por vezes antagônicos, critérios (GOUMAS e LYGEROU, 2000). A escolha do decisor entre duas alternativas A e B é feita com a ajuda de uma função de preferência e um vetor de pesos. Isso resulta num ranking de preferência entre todas as alternativas. O PROMETHEE utiliza o conceito de pseudocritério para estabelecer o ranking, construindo-o segundo a pontuação recebida de cada alternativa respeito à outra, somando as forças e diminuindo as debilidades (MÜLLER, 2005).

O método PROMETHEE foi modificado varias vezes desde sua criação para incluir nele novas melhoras e/ou novas aplicações, sendo apresentados até o momento oito variantes: PROMETHEE I, II, III, IV, V, VI, PROMETHEE – GAIA e F-PROMETHEE, sendo suas principais adições: componentes estocásticos, representação visual dos resultados e a possibilidade de incluir imprecisão nos dados de entrada com o fuzzy (COSTA e TEIXEIRA, 2006; GOUMAS e LYGEROU, 2000).

2.8 TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution)

O método TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution*) foi desenvolvido por Hwang e Yoon em 1981 (MONTANARI, 2004). É baseado no conceito de que a alternativa escolhida deve estar o mais perto possível da alternativa “positiva ideal” e o mais longe possível da alternativa “negativa ideal”. São calculadas as distancias relativas, comumente distancias Ecludianas, das alternativas analisadas à alternativa fictícia ideal. Logo, a alternativa mais perto da alternativa ideal e mais afastada da alternativa ideal negativa é escolhida como a melhor (HWANG; YOON, 1981 apud KABASSI; VIRVOU, 2004). Assim, pode ocorrer que uma alternativa selecionada do ponto de vista de sua distancia mais curta respeito da solução ideal positiva tenha que concorrer com outra alternativa que se encontre o mais longe possível da solução ideal negativa. As alternativas são ordenadas em ordem decrescente segundo suas distancias relativas e é escolhida a de valor mais alto, o que significa que essa alternativa se encontra o mais perto do ideal positivo em relação à distancia respeito ao ideal negativo (OLLAGUEZ, 2006).

3. Comparação dos métodos

Após a breve apresentação das metodologias MCDA, nesta seção se sintetizam as principais vantagens e desvantagens citadas pelos autores pesquisados. Esta síntese e comparação são apresentadas n Quadro 1.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens dos métodos MCDA

<i>Método</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
MAUT	<ul style="list-style-type: none"> • Requer uma intensa interação entre os decisores para a escolha dos pesos (VREEKER, 2006) (enxergado como uma vantagem, já que obriga á discussão e porem melhor entendimento do problema). • MAUT permite quantificar explicitamente o grau de incerteza (CANBOLAT et al., 2007). • Fornece uma solução prática a través de uma metodologia simples e compreensível que imita o processo natural de toma de decisão; permite a introdução de um amplo intervalo de informação tanto quantitativa como qualitativa (MARDLE e PASCOE, 1999; KANGAS e KANGAS, 2005). • Não requer um julgamento holístico; apresenta um ranking das alternativas, o que permite conhecer quanto melhor se apresenta uma das outra (CHAN e KAZEROON, 2002). • Pode ser utilizado em ambientes determinísticos e estocásticos; permite realizar uma análise de sensibilidade dos resultados. MAUT é um dos poucos métodos que permite trabalhar com um grande número de alternativas simultaneamente (MIN, 1994). 	<ul style="list-style-type: none"> • Requer uma intensa interação entre os decisores para a escolha dos pesos (VREEKER, 2006) (enxergado como uma desvantagem, já que pode levar a que certas pessoas distorçam a opinião das outras envolvidas). • É preciso estabelecer de antemão uma função de utilidade para cada estúdio (MOSQUEIRA e MORET, 2005). • A maximização da utilidade pode não ser o mais importante para os stakeholders; os pesos dos critérios obtidos através de surveys pouco rigorosos podem não representar realmente a preferência dos decisores (LINKOV e STEEVENS, 2008).
MACBETH	<ul style="list-style-type: none"> • Em caso de inconsistência, permite ao decisor conhecer em quais julgamentos se encontra (CORREIA et al., 2002; KEIKO et al., 2004). Possibilita a realização de uma análise de sensibilidade dos resultados (BANA E COSTA e CHAGAS, 2004). • Facilmente aplicável em processos problemáticos complexos (SCHMIDT. 2003). Ajuda aos decisores a interatuar entre eles comunicando e discutindo seus sistemas de valores e preferências até chegar a um consenso (BANA E COSTA et al., 2003; VILAS, 2008; SCHMIDT. 2003). 	<ul style="list-style-type: none"> • Amplia o problema apresentado também pelo AHP, respeito ao número de comparações necessárias entre alternativas(SCHMIDT. 2003).
TOPSIS	<ul style="list-style-type: none"> • O TOPSIS é um método de simples aplicação (MONTANARI, 2003; MÜLLER, 2005); a metodologia usada para a ordenação fornece uma medida significativa da performance de cada candidata e os pesos e escalas são fornecidos diretamente pelo decisor, evitando a comparação par a par (BOTTANI e RIZZI, 2006). • Fornece como resultado a melhor e a pior alternativa simultaneamente (LA ROCHE, 2005). • Oferece as vantagens do ELECTRE e do PROMETHEE sem as desvantagens associadas a esses (MÜLLER, 2005). 	<ul style="list-style-type: none"> • Não considera a importância relativa das distancias entre a solução mais positiva e a mais negativa (LA ROCHE, 2005). • Depende de informação cardinal, como pesos. Os critérios devem ter uma utilidade hierarquicamente crescente o decrescente para o decisor (YAVRUCUK, 2008). • O processo usa complexas fórmulas que precisam de conhecimentos matemáticos avançados para ser compreendidas (SANANDAJI, 2006).

Quadro 1 (continuação): Vantagens e desvantagens dos métodos MCDA

<i>Método</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
AHP	<ul style="list-style-type: none"> • A grande difusão do AHP deve-se principalmente a sua simplicidade, facilidade de utilização y grande flexibilidade devido a que pode ser integrado com outras técnicas, como por exemplo, o QFD e a matriz SWOT. Além disso, a utilização do método proporciona uma grande confiabilidade e aceitação devido a seu aprofundado estudo na literatura e sua ampla aplicação e avaliação nas diferentes áreas (RODRÍGUEZ, 2008; NORRIS e MARSHALL, 1995). • Uma grande força do AHP é a possibilidade de medição da consistência interna dos julgamentos dos <i>stakeholders</i>. Ainda, a obrigatoriedade de interação entre o analista e o decisor pode-se observar como uma vantagem, já que permite que todos os envolvidos entendam o problema da mesma forma. Por sua vez, a síntese dos resultados permite a comparação das prioridades e importância relativa de cada fator (VILAS, 2008; LIBERATORE e NYDICK, 1997; SALOMON et al., 1999; BOUCHER et al., 1997; WANG, 2008; NORRIS e MARSHALL, 1995). 	<ul style="list-style-type: none"> • O AHP tem um limite máximo aconselhado de VILAS, 2008 elementos de comparação, já que o número de julgamentos par a par incrementa-se a razão de $(n(n-1)/2)$ e muitas comparações tornam o trabalho difícil e tedioso perdendo sua confiabilidade(SALOMON et al., 1999; MORITA et al., 1999; CORREIA et al., 2003; GUGLIELMETTI et al., 2003). • É preciso montar uma estrutura hierárquica em cada nível com atributos totalmente independentes entre ele, situação que pode não ocorrer em alguns casos (LIU, 2007; SAATY, 1996). • Os pesos obtidos da comparação par a par são fortemente criticados por não refletir as reais preferências das pessoas (LINKOV e STEEVENS, 2008). • A escala do AHP não permite expressar um grau de incerteza respeito às comparações e alternativas incomparáveis não são permitidas. Além disso, a necessidade de consenso para a determinação dos pesos e prioridades, também pode verse como uma desvantagem já que pode levar a que líderes influentes distorçam a opinião do resto da equipe (KANGAS e KANGAS, 2005; VILAS, 2008). • Uma das maiores críticas ao AHP é respeito ao rank reversal que pode causar sérios problemas, devido a que quando uma nova alternativa é introduzida num problema de decisão, pode mudar radicalmente o ranking previamente estabelecido (KANGAS e KANGAS, 2005; BOUCHER et al., 1997). • Outra área onde o AHP está sendo criticado é na maneira em que ele extrai e estima os pesos dos critérios. Ao mesmo tempo, outra limitação é a necessidade de ter obrigatoriamente duas alternativas para poder aplicar o método, o que faz o método inadequado para avaliar situações onde se precisa saber o comportamento de uma única alternativa (BOUCHER et al., 1997).
ANP	<ul style="list-style-type: none"> • Tem as mesmas qualidades e atributos do AHP sem solicitar como pré-requisito a independência dos elementos de distintos níveis hierárquicos e também entre elementos do mesmo nível (JHARKHARIA e SHANKAR, 2007), o que lhe confere maior estabilidade e lhe proporciona um enfoque muito mais preciso para modelar situações complexas (RODRÍGUEZ, 2008). 	<ul style="list-style-type: none"> • As mesmas desvantagens que no AHP, exceto a necessidade de estruturação hierárquica (JHARKHARIA e SHANKAR, 2007).

Quadro 1 (continuação): Vantagens e desvantagens dos métodos MCDA

<i>Método</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
NCIC	<ul style="list-style-type: none"> • O NCIC expressa o desempenho das alternativas em valores monetários o que facilitam a comparação e permite a utilização de ferramentas tradicionais de análise de investimento (NORRIS e MARSHALL, 1995; KIMURA e SUEN, 2003), possui grande flexibilidade (DE SOUZA, 2008) e permite checar a consistência dos resultados obtidos (GOGUS e BOUCHER, 1998). • O NCIC permite trabalhar com uma única alternativa e avaliar a mesma sem a obrigatoriedade de ter que ser comparada com outras. Ainda, incorpora a modelagem do problema hierarquicamente o que permite manter entendível um grande número de comparações par a par (NORRIS e MARSHALL, 1995). No caso específico de análise de investimentos, não demanda que custos e benefícios sejam trabalhados em matrizes separadas, como é preciso no AHP. (BOUCHER et al., 1997; DE SOUZA, 2008) • O NCIC adota as vantagens das técnicas utilizadas pelo AHP evitando suas desvantagens, como ser: (i) rank reversal; (ii) requerimento de uma única hierarquia de elementos para a análise de todas as alternativas (NORRIS e MARSHALL, 1995; BOUCHER et al., 1997). Este último aspecto permite, no NCIC, que um o mais atributos possam ser relevantes para algumas das alternativas, embora, não tenham nenhuma relação com as outras (NORRIS e MARSHALL, 1995). 	<ul style="list-style-type: none"> • O fato de expressar todos os valores em termos monetários restringe a utilização do método a problemas de análise de investimentos (DE SOUZA, 2008; NORRIS e MARSHALL, 1995). • • O NCIC não permite o trabalho com um grande número de alternativas (DE SOUZA, 2008).
ELECTRE	<ul style="list-style-type: none"> • Os métodos de outranking comparam as alternativas entre elas, isso pode ser observado como uma vantagem já que não agrega valores para as alternativas em diferentes escalas que logo seria complicado comparar. Também, nos dois métodos não existe compensação global dos conceitos de cada alternativa, ou seja, se uma alternativa tem um valor muito pobre respeito a um critério não é compensado por um excelente valor em outro critério (MÜLLER, 2005). • Os métodos da família ELECTRE são muito flexíveis, já que aceitam a incomparabilidade das alternativas e não é preciso estabelecer uma estruturação hierárquica dos critérios (MOREIRA, 2007). • Outra importante vantagem é o uso de idéias de concordância e discordância, que dizem respeito á forma como os grupos realizam a comparação par a par (FERNANDEZ e OLMEDO, 2005). 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessidade de prefixar o valor umbral de forma arbitrária pelo decisor, o qual na realidade não tem nenhum significado direto para o problema em questão (MÜLLER, 2005; PIÑEIRO, 2003). Não fornece um ranking completo do comportamento global de todas as alternativas, e também existem casos onde certas alternativas não podem ser comparadas (VILAS, 2008).

Quadro 1 (continuação): Vantagens e desvantagens dos métodos MCDA

<i>Método</i>	<i>Vantagens</i>	<i>Desvantagens</i>
PROMETHEE	<ul style="list-style-type: none"> • Fácil uso e baixa complexidade (GOUMAS e LYGEROU, 2000; POHEKAR e RAMACHANDRAN, 2004). • Permite uma rápida interpretação por parte do decisor dos significados físicos ou econômicos. Requer informação muito clara, que pode ser facilmente obtida dos decisores. Não exige consenso do grupo de decisores para a concessão de pesos, permite que cada um dos integrantes os escolha de acordo a sua opinião. A partir dos dados individuais obtidos, é gerada a decisão do grupo (COSTA e TEIXEIRA, 2006). • É um método flexível, já que permite ao decisor escolher entre varias funções de preferência e os limiares a definir (BRANS e MARESCHAL, 1994 apud COSTA e TEIXEIRA, 2006). • O PROMETHEE, assim como o ELECTRE, tem uma ampla variedade de versões aplicáveis em diferentes situações (KANGAS e KANGAS, 2005). 	<ul style="list-style-type: none"> • Similar ao AHP, o PROMETHEE apresenta o ranking das alternativas a través de um número, o que pode não permitir ao decisor captar a sutileza de pequenas variações ocasionadas por mudança de hipótese de um cenário (CASAROTTO & KOPITTKKE, 2000). • Tem a necessidade de transformar critérios qualitativos em valores. Além disso, na análise de sensibilidade, a mudança de pontuação final derivada da alteração de uma hipótese pode não ser adequadamente percebida pelo decisor (WERNKE e BORNIA, 2001). • Os métodos de outranking (PROMETHEE e ELECTRE) têm a debilidade de ter um mecanismo de trabalho difícil de entender e interpretar (KANGAS e KANGAS, 2005).

4. Conclusão

O quadro comparativo apresentado mostrou as forças e fraquezas dos mais populares métodos de auxílio para a tomada de decisão em problemas que consideram múltiplos critérios, quantitativos e qualitativos, que podem estar em conflito, dificultando assim o processo de seleção da melhor alternativa. Apresentou-se uma síntese dos métodos MAUT, AHP, ANP, NCIC, MACBETH, PROMETHEE, ELECTRE e TOPSIS, onde se apontaram suas principais características e as metodologias que utilizam para decidir, com base na informação fornecida pelos tomadores de decisão, qual das alternativas tem um melhor desempenho respeito das prioridades apresentadas. As vantagens e desvantagens dos métodos foram apresentadas segundo a ótica de um grande número de autores nacionais e internacionais que trabalharam e pesquisaram a respeito deles.

Destaca-se o fato de que não se pode afirmar que um método seja melhor que outro. Todos apresentam um bom desempenho segundo alguns aspectos, mas resultando fracos em outros. Ao mesmo tempo, alguns são mais bem aplicados em certos ambientes nos que outros se prestam incompetentes para agir, devendo esses fatores ser levados em consideração na hora de escolher a ferramenta a ser utilizada. Portanto, a utilização de um ou outro método dependerá fortemente dos objetivos a serem alcançados, assim como dos recursos que se possam investir e da complexidade que se possa alcançar.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação de todas as metodologias MCDA para a solução de um mesmo problema, numa certa área, de modo de comparar seu desempenho. Assim, as características apresentadas neste artigo, correspondentes a experiências de outros autores, podem ser testadas através de um caso prático confirmando ou não as afirmações por eles realizadas.

Referências

BANA E COSTA, C. A.; CHAGAS, M. P. A career choice problem: Na example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on quantitative value judgments. **European Journal of Operational Research**, v.153, p.323–331, 2004.

- BANA E COSTA, C.; DE CORTE J.; VANSNICK J.; **MACBETH**. Working Paper, LSEOR 03.56. London School of Economics, 2003.
- BELTON, V.; STEWART, T. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. Springer, 2002
- BERTOLINI, M.; BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G. Application of the AHP methodology in making a proposal for a public work contract. **International Journal of Project Management**, v.24, n.5, p.422-430, 2006.
- BOTTANI, E.; RIZZI, A. A fuzzy TOPSIS methodology to support outsourcing of logistics services. **International Journal of Supply Chain Management**, v.11, n.4, p. 294-308, 2006.
- BOUCHER, T.; GOGUS, O.; WICKS, E. A Comparison Between Two Multiattribute Decision Methodologies Used in Capital Investment Decision Analysis. **The Engineering Economist**, v.42, n.3, p.179, 1997.
- BOUCHER, T.; MACSTRAVIC, E. Multiattribute Evaluation within a Present Value Framework and its Relation to the AHP. **The Engineering Economist**, v.37, n.1, p.1-13, 1991.
- BRANS, J.; VINCKE, C. MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, v.24, n.2, p.228-238, 1986.
- CANBOLAT, Y.; CHELST, K.; GARG, N.; Combining decision tree and MAUT for selecting a country for a global manufacturing facility. **Omega**, v.35, p.312-325, 2007.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITKE, B.H.; **Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial**. 9º Ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- CHAN, H.; KAZEROON, A. A Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Technique for Evaluation of Scheduling Rules. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v.20, n.2, p.103-113, 2002.
- CHEUNG, S.; SUEN, H. A multi-attribute utility model for dispute resolution strategy selection. **Construction Management Economy**, v.20, n.7, p.557-568, 2002.
- LINKOV, I.; STEEVENS, J. Appendix A: Multi-Criteria Decision Analysis. **Advances in experimental medicine and biology**, v.619, p.815-829, 2008.
- CORREIA, J. et al. Conceitos básicos do apoio multicritério à decisão e sua aplicação no projeto aerodesign. **Engevista**, v.5, n.8, p. 22-35, 2003.
- CORREIA, J.; GONÇALVES, E.; ESTELLITA, M. Análise multicritério da presença da universidade federal fluminense com o uso do método macbeth. **Revista Produção**, v.11, n.2, p. 53-67, 2002.
- COSTA, D.; TEIXEIRA, A. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. **Pesquisa Operacional**, v.26, n.3, 2006.
- DE SOUZA, J. **Proposta de uma sistemática para análise multicriterial de investimentos**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.
- EDWARDS, W.; How to use multiattribute utility measurement for social decision making. **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v.8, n.5, p.326-340, 1977.
- ELMISALAMI, T.; WALTERS, R.; JASELSKIS, E. Construction IT Decision Making Using Multiattribute Utility Theory for Use in a Laboratory Information Management System. **Journal of Construction Engineering and Management**, v.132, n.12, 2006.
- FERNANDEZ, E.; OLMEDO, R. An agent model based on ideas of concordance and discordance for group ranking problems. **Decision Support Systems**, v.39, n.3, p.429-443, 2005.
- FERNÁNDEZ, G.; ESCRIBANO, M. **Utilización del método ELECTRE IS de ayuda a la Decisión Multicriterio en la valoración y selección de alternativas de inversión**”. Actas de las X Jornadas ASEPUMA, Universidad San Pablo, CEU, Madrid, 2002.
- FIGUEIRA, J. et al. **Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys**. Springer, 2005
- FLAMENT, M. **Glossário multicritério**. Red Iberoamericana de Evaluación y Decisión Multicritério, España. Disponível em: www.unesco.org/uy/redm/glosariom.htm. Acesso em: 1 set. 2008.
- GOGUS, O.; BOUCHER, T. Fuzzy NCIC. **The Engineering Economist**, v.43, n.3, p.203, 1998.

- GONÇALVES, R.; PINHEIRO, P.; DE SOUSA, M. **Métodos multicritérios como auxílio à tomada de decisão na bacia hidrográfica do rio Curu – Estado do Ceará.** Disponível em: <http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/ProducaoAcademica/Marcos%20Airton%20de%20S.%20Freitas/M%E9todos%20multicrit%E9rios.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2008
- GOUMAS, M.; LYGEROU, V. An extension of the PROMETHEE method for decision-making in fuzzy environment: ranking of alternative energy exploitation projects. **European Journal of Operational Research**, v.123, p. 606–613, 2000.
- GUGLIELMETTI, F.; SILVA, F.; SALOMON, V. **Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios.** XXIII Encontro Nac. de Engenharia de Produção, Ouro Preto, 2003.
- JHARKHARIA, S.; SHANKAR, R. Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach. **Omega**, v. 35, n.3, p.274-289, 2007.
- KABASSI, K.; VIRVOU, M. **A Technique for Preference Ordering for Advice Generation in an Intelligent Help System.** International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2004.
- KANGAS, J.; KANGAS, A. Multiple criteria decision support in forest management—the approach, methods applied, and experiences gained. **Forest Ecology and Management**, v.207, p.133–143, 2005.
- KEIKO, L.; SHIMIZU, T.; JANSEN, U. **Uma análise de investimentos considerando fatores intangíveis.** XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis, 2004.
- KIMURA, H.; SUEN, A. Ferramentas de Análise Gerencial Baseadas em Modelos de Decisão Multicriterial. **Revista de Administração de Empresas**, v.2, n.1, p.1, 2003.
- LA ROCHE, M. **Journal of services marketing.** Concordia University, Canada: Emerald Group Publishing, 2005
- LIBERATORE, M.; NYDICK, R. Group Decision Making in Higher Education Using the Analytic Hierarchy Process. **Research in Higher Education**, v.38, n.5, p.593-614, 1997.
- LIU, Y. **Access network selection in a 4g networking environment.** Master's thesis. University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, 2007
- LOKEN, E. Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.8, n.7, p. 1584-1595, 2007.
- MOSQUEIRA, E.; MORET, V. Validation and Usability Analysis of Intelligent Systems: An Integrated Approach. **Transactions on Advanced Research**, v.1, n.2, p.37-46, 2005.
- LUCENA, L. **A Análise Multicriterial na Avaliação de Impactos Ambientais.** In: III Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, Recife, 1999.
- MARDLE, S.; PASCOE, S. A Review of Applications of Multiple-Criteria Decision-Making Techniques to Fisheries. **Marine Resource Economics**, v.14, p.41–63, 1999.
- MIKHAILOV, L.; SINGH, M. Fuzzy analytic network process and its application to the development of decision support systems, **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**, v.33, n.1, p.33-41, 2003.
- MIRANDA, C.; TEIXEIRA, A. Método multicritério ELECTRE IV-H para priorização de atividades em projetos. **Pesquisa Operacional**, v.27, n.2, 2007.
- MONTANARI, R. Environmental efficiency analysis for thermo-power plants. **Journal of Cleaner Production**, v.12, p.403–414, 2004.
- MOREIRA, R. **Análise Multicritério dos Projetos do Sebrae/RJ através do ELECTRE IV.** Dissertação (Mestrado). UFRJ, Rio de Janeiro, 2007.
- MORITA, H.; SHIMIZU, T.; LAURINDO, F. **Modelos para estruturar e avaliar alternativas de decisão em Tecnologia da Informação.** XIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Rio de Janeiro, 1999.
- MÜLLER, R. **Knowledge Sharing and Trading on Electronic Market Places.** PhD thesis, FU Berlin, 2005.
- NORRIS, G.; MARSHALL, H.; **Multiattribute decision analysis method for evaluating buildings and building systems.** National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg. 1995.

OLIVEIRA, S.; PILLOTI, E.; LEÃO, G.; SELLITTO, M. Metodologia para avaliação de desempenho ambiental em fabricação utilizando um método de apoio à decisão multicriterial. **Estudos tecnológicos**, v.1, n.2, p.21-29, 2005.

OLLAGUEZ, D. **Criterios de Selección de Personal mediante el uso Del proceso de análisis jerárquico. Aplicación en la selección de personal para la Empresa Exotic Foods S.A.C.** Monografía (Licenciatura). Universidad Nacional de San Marcos, Lima, Perú, 2006

OLSON, D. Comparison of three multicriteria methods to predict known outcomes. **European Journal of Operational Research**, v.130, n.3, p.576-587, 2001.

PIÑEIRO, C. A avaliação de investimentos em tecnoloXias da informação. aplicações á teoria da decisão multicriterio. **Revista Galega de Economía**, v.12, n.1, p.105-122, 2003.

POHEKAR, S.; RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning: A review. **Renew Sustain Energy Rev**, v.8, n.4, p. 365–381, 2004.

RODRÍGUEZ, S. **Toma Decisión Multicriteria con AHP, ANP Y Lógica Difusa.** Universidad Nacional de Colombia. Disponível em: http://srodriguez.googlepag.es.com/estado_arte_evaluar.pdf. Acesso em: 2 set. 2008.

SAATY, T. **The Analytic Network Process.** RWS Publications, Pittsburgh, PA, 1996.

SALOMON, V.; MONTEVECHI, J.; PAMPLONA, E. **Justificativas Para Aplicação do Método de Análise Hierárquica.** XIX Encontro Nac. de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, RJ, 1999.

SANANDAJI, H. **A study of different decision-making models and their pros and cons.** MBA Graduate, 2006.

SCHMIDT, A. **Processo de apoio à tomada de decisão – Abordagens: AHP e MACBETH.** Dissertação (Mestrado). UFSC, Florianópolis, 2003.

SELAMEAB, T.; YEH, S. Evaluating Intangible Outcomes. **American Journal of Evaluation**, v.29, n.3, p.301-316, 2008.

SENER, B.; SUEZEN, M.; DOYURAN, V. Landfill site selection by using geographic information systems. **Environmental Geology**, v.49, n.3, p.376-388, 2006.

VILAS, C. **Análise da Aplicação de Métodos Multicritérios de Apoio à Decisão (MMAD) na Gestão de Recursos Hídricos.** Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/simposio/go/Analise%20da%20Aplicacao%20de%20Metodos%20Multicriterios%20de%20Apoio%20a%20Decisao%20na%20Gestao%20de%20Recursos%20Hidricos.pdf>. Acesso em: 3 agosto 2008.

VREEKER, R. Evaluating effects of multiple land-use projects: A comparison of methods. **Journal of Housing and the Built Environment**, v.21, n.1, p. 33-50, 2006.

WANG, J. et al. A fuzzy multi-criteria decision-making model for trigeneration system. **Energy Policy**, v.36, n.10, p.3823-3832, 2008.

WERNKE, R.; BORNIA, A. A contabilidade gerencial e os métodos multicritérios. **Revista Contabilidade & Finanças**, v.14, n.25, p.60-71, 2001.

YAVRUCUK, I. **Methods for Making Decisions.** Disponível em: <http://ae.metu.edu.tr/~ilka/y/2006%20AHS/Making%20Decision-I.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2008.

ZOPOUNIDIS, C. Multicriteria decision aid financial management. **European Journal of Operational Research**, v.119, p.404-415, 1999.

MIN, H. International Supplier Selection: A Multi-attribute Utility Approach. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.24, n.5, p.24-33, 1994.