

UNESP - Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – CEP 12516-410 – Guaratinguetá – SP -
fernando_guglielmetti@yahoo.com

UNESP - Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – CEP 12516-410 – Guaratinguetá – SP -
fmarins@feg.unesp.br

UNESP- Av. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – CEP 12516-410 – Guaratinguetá – SP -
salomon@feg.unesp.br

O objetivo principal deste artigo é propor uma metodologia para comparação entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM - Multiple Criteria Decision Making) de acordo com uma série de características relacionadas com a utilização deste tipo de método. Três métodos clássicos de MCDM foram estudados: AHP, ELECTRE e MAHP.

AHP, ELECTRE, MAHP, Múltiplos Critérios

The main goal of this paper is to propose a comparison methodology for Multiple Criteria Decision Making (MCDM) methods which take account several characteristics associated to this kind of method. Three well known MCDM methods were studied: AHP, MAHP and ELECTRE.

AHP, ELECTRE, MAHP, Multiple Criteria

Na Pesquisa Operacional, importante área da Engenharia de Produção, constata-se o desenvolvimento de um grande número de refinados métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM - *Multiple Criteria Decision Making*). Entretanto, nenhum destes métodos, até o momento, pode ser considerado como o melhor em qualquer tipo de situação. Então, a pergunta que ainda paira é: como se deve proceder para a escolha de um método específico para uma determinada situação?

Estudos recentes da Psicologia e no campo do Comportamento Humano (LOOTSMA, 2002a) têm constatado que o pensamento humano não pode ser perfeitamente modelado por regras lógicas e cálculos, e que a escolha de um ou outro método de MCDM pode interferir na ordem de preferências resultante (LOOTSMA, 2002b).

O ideal seria que o método fornecesse resultados que atendessem plenamente às necessidades do tomador de decisão. Por exemplo, quando se deseja escolher exatamente entre

diferentes alternativas discretas predeterminadas, necessita-se apontar uma ou outra alternativa, sem necessariamente atribuir um valor numérico a cada uma. Por outro lado, podem existir circunstâncias onde este valor numérico seja necessário. Este, e outros detalhes, são determinantes na hora da escolha de um método de MCDM.

Não se sabe, ainda, porque muitos problemas resolvidos por diferentes métodos de MCDM apresentaram soluções diferentes (ZANAKIS et al., 1998). Ou as diferentes soluções, obtidas com a aplicação de dois ou mais métodos, aconteceram devido a diferenças entre os algoritmos, ou um método não foi aplicado corretamente (SALOMON & MONTEVECHI, 2001), ou ainda, talvez um desses métodos não seja adequado para a decisão a ser tomada. Acredita-se que cada método possui vantagens e desvantagens específicas

O objetivo principal deste artigo é propor uma metodologia de comparação entre métodos de MCDM de acordo com uma série de características relacionadas com a utilização deste tipo de método. Assim, três métodos clássicos de MCDM foram estudados: AHP - *Analytic Hierarchy Process*, proposto por Saaty (1977); ELECTRE - *Élimination Et Choix Traduisant la Réalité*, desenvolvido a partir de Roy (1968) e o MAHP - *Multiplicative AHP*, proposto por Lootsma (1993).

Espera-se como isto auxiliar na escolha de um método mais adequado para a solução de problemas reais. Espera-se ainda que com essa abordagem comparativa, futuramente, possa ser criado um guia de MCDM para vários problemas práticos.

Este artigo está estruturado como se segue: na seção 2 comenta-se sobre as características de algoritmos de MCDM e metodologias para comparação de desempenho destes algoritmos; na seção 3 apresentam-se alguns critérios para a comparação teórica entre algoritmos, na seção 4 são apresentadas algumas conclusões relativas ao trabalho, bem como futuras direções de pesquisa.

Existem inúmeros métodos de MCDM. Alguns destes métodos apresentam complicados modelos matemáticos. Muitos deles dependem da determinação de parâmetros subjetivos, ou da realização de complicadas rotinas matemáticas. Devido a isso, muitas empresas deixam de lado essas metodologias e continuam com a utilização de métodos tradicionais de decisão, os quais dependem, na maioria das vezes, do *feeling* do tomador de decisão. Prejudica-se, assim, o que poderia ser melhorado através da utilização da MCDM. Porém, com o desenvolvimento da computação, a interface do tomador de decisão com o método foi, notavelmente, aprimorada. Com o desenvolvimento de *softwares* com opções amigáveis, o tomador de decisão pode, agora, expressar com clareza as suas preferências, sem pensar no algoritmo matemático que está por trás do método (PINHO et al. 1996).

A aquisição de *software* comercial, contudo, envolve custos de compra, de treinamento, algumas vezes envolve a compra de *hardware*, entre outros custos e dificuldades associadas. Assim, se o problema de se evitar que os usuários de MCDM ficassem inibidos pela complexidade dos métodos, foi parcialmente resolvido; por outro lado, mesmo sabendo que existem várias alternativas de *software*, o usuário pode não saber qual escolher. Assim, um problema semelhante ao anterior se estabelece: o usuário de MCDM na maioria das vezes não deseja, ou não está habilitado a investigar cada um dos algoritmos, para saber qual *software* adquirir para o auxílio a determinados tipos de decisão.

Preliminarmente, a solução para este problema se dá na identificação das características que realmente interferem na decisão. Como regra geral, os usuários de métodos de MCDM acabam usando um ou outro método por ter mais afinidade com este. Assim, ao se deparar com um problema que não se adapta ao método de seu conhecimento, o tomador da decisão pode acabar adaptando seu problema ao método, gerando imprecisões nos resultados. O que se deve ter em

mente é que tais métodos servem para auxiliar a estruturação e a composição de uma decisão, e não para induzir o tomador da decisão.

Devido à existência de diversos métodos de MCDM, a literatura concernente à comparação entre esses métodos vem se ampliando cada vez mais. Só para citar alguns trabalhos relevantes recentes têm-se: AL-SHEMMERI et al. (1997), TRIANTAPHYLLOU (1997), GUITOUNI & MARTEL (1998), ZANAKIS et al. (1998), MONTIS et al. (2000), ENSSLIN et al. (2001) e SALOMON & MONTEVECHI (2001). Ao se examinar esta literatura, pode ser constatado que as comparações entre métodos de MCDM ocorrem basicamente de duas maneiras, tendo também duas diferentes finalidades:

(a) (GUITOUNI, A. & MARTEL, J., 1998): este tipo de comparação se dá com base no estudo dos métodos, principalmente no que diz respeito à aplicabilidade. Leva em conta, por exemplo, o tipo de dados que podem ser usados, o custo e o tempo de aplicação do método, os tipos de escalas que podem ser utilizados e a disponibilidade de *software* no mercado, entre outros fatores;

(b) (ZANAKIS et al., 1998): aqui o principal interesse é testar o algoritmo que sustenta o método. Procede-se variando parâmetros e analisando o que acontece com os resultados. Através da simulação pode-se, também, realizar uma análise de sensibilidade para descobrir, por exemplo, até que ponto pode-se aumentar o peso de um critério sem modificar o *ranking* final das alternativas, possibilitando a identificação dos critérios mais críticos.

Neste trabalho, são apresentados e discutidos critérios que podem ser utilizados na Comparação Teórica entre métodos de MCDM.

Os métodos de MCDM diferem entre si através da maneira pela qual os múltiplos critérios são operacionalizados. Em cada método existem diferentes propriedades com respeito aos seguintes fatores:

- modo pelo qual os critérios são julgados;
- obtenção de pesos (importância, preferência ou possibilidade) dos critérios ou alternativas;
- tratamento dos pesos para obtenção do desempenho (prioridade) global das alternativas;

Ao examinar a vasta literatura disponível, pode-se constatar que algumas características relacionadas com estas propriedades são de grande importância. O Quadro 1 apresenta resultados obtidos considerando várias destas características. Foram analisados três métodos clássicos de MCDM: o AHP, o MAHP e o ELECTRE I.

Quanto à utilização em decisões com vários níveis, pode-se perceber que os métodos AHP e MAHP possuem uma metodologia específica para composição e resolução de problemas com hierarquias profundas (LOOTSMA, 2002). Sobre o método ELECTRE I não foram encontrados artigos que tratassem especificamente de hierarquias com diversos níveis.

Quanto à quantidade de alternativas e critérios, foi constatado que o único método que apresenta alguma restrição é o AHP original. Baseado em Miller (1956), Saaty (1997) propôs a comparação de no máximo nove itens simultaneamente.

No quesito número de julgamentos necessários, pode-se notar que quando se trabalha com AHP só existe a opção de fazer comparação par-a-par, levando em alguns casos a um número muito elevado de julgamentos. O MAHP e o ELECTRE I aceitam julgamentos diretos por meio de notas.

O MAHP e o ELECTRE proporcionam uma dificuldade adicional, pois para a aplicação dos respectivos algoritmos é necessário que se faça um processamento preliminar dos dados quantitativos. No caso do ELECTRE há necessidade de transformar os valores cardinais em ordinais. Para o MAHP é necessário fazer a transformação para a escala geométrica (LOOTSMA, 1993).

input			
Utilização em decisões com vários níveis	Sim	Sim	Não
Restrições quanto à quantidade de elementos em um nível	Sim	Não	Não
Quantidade de julgamentos em problemas com muitos critérios e alternativas	Alta	De média a alta	Baixa
Necessidade de processar os dados antes que estes possam ser usados	Não	Sim	Sim
Possibilidade de tratar dados quantitativos e qualitativos	Sim	Sim	Sim
Possibilidade de lidar com problemas do tipo técnico	Sim	Sim	Sim
Possibilidade de tratar critérios/alternativas dependentes	Não	Não	Não
Possibilidade de criar as escalas de julgamento de acordo com o contexto	Não	Sim	Não
output			
Problemas com alocação em conjuntos	Não	Não	Não
Problemas com avaliação de desempenho	Sim	Sim	Não
Problemas com avaliação de desempenho em classes	Não	Não	Não
Proporciona <i>ranking</i> completo de alternativas	Sim	Sim	Não
Proporciona soluções muito refinadas	Sim	Sim	Não
Proporciona somente eliminação de algumas alternativas	Não	Não	Sim
Permite a avaliação de coerência dos julgamentos	Sim	Não	Não
Disponibilidade de <i>software</i> para download gratuito	Sim	Não	Não
Necessidade de um especialista no método utilizado	Média	Alta	Média
Utilização de decisões em grupo	Sim	Sim	Não
Permissão para a participação de mais de uma pessoa na decisão	Sim	Sim	Sim
Facilidade para estruturar o problema	Alta	Média	N/A
Possibilita o aprendizado sobre a estrutura do problema	Sim	Sim	N/A
Nível de compreensão conceitual e detalhada do modelo e algoritmo	Alto	Médio	Baixo
Nível de compreensão para o decisor referente à forma de trabalho	Alto	Alto	Baixo
Transparência no processamento e nos resultados	Alta	Baixa	Média
Quantidade de aplicações práticas	Alta	Baixa	Baixa
Número de publicações científicas	Alta	Baixa	Média

Quadro 1: Comparação teórica entre métodos de MCDM

Com relação aos tipos de dados permitidos e a necessidade de critérios/alternativas independentes, os três métodos estudados resultaram em respostas equivalentes. A justificativa para manter estas características no Quadro 1 está na continuidade desta pesquisa, contemplando mais métodos de MCDM.

Nos critérios que se relacionam com a facilidade de aprendizado e aplicação do algoritmo foram feitas consultas com usuários de MCDM no País, durante eventos científicos ocorridos no ano de 2000. São resultados meramente empíricos que, portanto, precisam de uma melhor avaliação, mas representam o que é considerado pelos autores como um “vetor inicial”.

O AHP original foi considerado pelas pessoas consultadas, como o MCDM mais “amigável”, ou seja, tem seu entendimento mais fácil do que os dois outros métodos estudados. Principalmente, no que diz respeito à execução de aplicações práticas. Esse deve ser um dos motivos pelo qual os tomadores de decisão e pesquisadores acabem por preferir o AHP. Isto é percebido no elevado número de publicações de artigos sobre o AHP original, que é muito maior que qualquer outro MCDM.

Pode-se dizer que um mapeamento profundo em relação a aplicabilidade de cada métodos de MCDM seria de grande utilidade para o usuário, tanto no ambiente empresarial quanto no meio acadêmico.

Este trabalho mostrou como realizar uma comparação teórica de três métodos bem conhecidos, identificando características importantes, ilustrando pontos fortes e fracos de cada um, buscando facilitar a escolha do usuário com relação a qual método utilizar em cada situação. Além disso, procurou-se apresentar caminhos para continuidade dessa linha de pesquisa, tanto verticalmente abrangendo mais métodos, quanto horizontalmente, ou seja, aprofundando-se nesse estudo comparativo.

Para que se possa realmente progredir com esse trabalho de comparação será necessário analisar uma gama maior de métodos, tentando classificá-los de acordo com os critérios já enumerados e, se necessário, adotar outros critérios também relevantes. Assim, poder-se-á ter uma visão bem ampla de como se encontra o panorama atual dos métodos de MCDM.

Finalmente, também é intenção do GOL – Grupo de Estudos e Pesquisas em Otimização e Logística da UNESP – Campus de Guaratinguetá, desenvolver, num próximo trabalho, uma interface computacional, incorporando os critérios que vierem a ser validados como interessantes na comparação entre algoritmos de MCDM, que possa substituir a presença de um especialista quando da necessidade de escolha do melhor método para a tomada de decisão em uma dada situação.

Este trabalho recebeu apoio financeiro da FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) através do processo 02/03510-5. O Programa de Bibliotecas Eletrônicas (www.probe.br) foi um importante agente facilitador. Os Professores Luiz Flávio Autran Monteiro Gomes (Faculdades IBMEC, Rio de Janeiro), Evangelos Triantaphyllou (Lousiana State University, Estados Unidos da América) e Freerk A. Lootsma (Delft University of Technology, Holanda) cederam importante material bibliográfico para esta pesquisa.

- AL-SHEMMERI, T.; AL-KLOUB, B. & PEARMAN, A. (1997) - Model choice in multicriteria decision aid. *European Journal of Operational Research*. Vol. 97, Issue 3, p. 550-560.
- ENSSLIN, L.; NETO, G. M. & NORONHA, S. M. (2001) - *Apoio à Decisão – Metodologia para a estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas*. Editora Insular. Florianópolis.
- GUITOUNI, A. & MARTEL, J. (1998) - Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method. *European Journal of Operational Research*. Vol. 109, Issue 2, p 501-521.
- LOOTSMA, F.A. (2002a) - A Revision of Basic Concepts in Multi-Criteria Decision Analysis, *Technical Report - Delft University of Technology – The Netherlands*.
- LOOTSMA, F.A. (1993) - Scale sensitivity in the multiplicative AHP and SMART. *Journal of Multi-criteria Decision Analysis*, Vol .2, p. 87-110.
- LOOTSMA, F.A. (2002b) - Weight Elicitation and Normalization in Multi-Criteria Decision Analysis with Deep Hierarchies, *Technical Report - Delft University of Technology – The Netherlands*.
- MILLER, G. A. (1956) - The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information, *The Psychological Review*, vol. 63, p. 81-97.
- MONTIS, A.; TORO, P.; FRANK, B.; OMANN, I. & STAGL, S. (2000) - Criteria for quality assessment of MCDA methods. *3rd Biennial Conference of the European Society for Ecological Economics*. Viena: Wirtschaftsuniversität Wien.
- PINHO, A. F.; MONTEVECHI, J. A. B. & PAMPLONA, E. O. (1996) - Um modelo computacional, baseado no método AHP, para análise multicriterial de decisão. *XVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, Anais em CD-ROM, Piracicaba: Universidade Metodista de Piracicaba.
- POH, K.L. (1998) - A Knowledge-based Guidance System for Multi-attribute Decision Making, *Artificial Intelligence in Engineering*, p. 315-326.
- ROY, B. (1968) – Classement et choix em présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE). *RAIRO Recherche Opérationnelle/Operations Research* 2, p.57-75.
- SAATY, T. L. (1991) - *Método de Análise Hierárquica*. Makron Books do Brasil Editora Ltda. e Editora McGraw-Hill do Brasil, Rio de Janeiro/RJ.
- SAATY, T. L. (1977) - A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 15, p. 234-281.
- SALOMON, V. A. P. & MONTEVECHI, J. A. B. (2001), A compilation of comparisons on the analytic hierarchy process and others multiple criteria decision-making methods: some cases developed in Brazil, *VI International Symposium on AHP*, Proceedings, p. 413-420, Berna: Bern Universität.
- TRIANAPHYLLOU, E. (1997) - A sensitivity analysis approach for some deterministic multi-criteria decision making methods. *Decision Sciences*, Vol. 28, p. 151-194.
- ZANAKIS, S. H.; SOLOMON, A.; WISHART, N.; DUBLISH, S. (1998) - Multi-attribute decision making: a simulation comparison of select methods, *European Journal of Operational Research*, n. 107, p. 507-529.