

ABORDAGEM DE DOIS MÉTODOS DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO EM CENÁRIOS DE AMBIENTES COMPLEXOS

TAINAN RODRIGUES DE OLIVEIRA NEVES (CESUPA)

tainan_neves@hotmail.com

Ciro Jose Jardim de Figueiredo (CESUPA)

figueiredocj@yahoo.com.br



Atualmente, realizar determinados tipos de tomadas de decisão envolve diferentes aspectos com relação aos problemas que os gestores enfrentam, cabendo a eles otimizar os processos de decisão. Todavia, o mundo contemporâneo impõe a eles cenários complexos com diferentes escolhas e variados critérios que influenciam nestas decisões. Assim, existem diferentes métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) que priorizam escolhas baseados em critérios conflitantes. Este trabalho objetivou expor dois métodos de AMD, provindos de diferentes Escolas desta área do conhecimento, com posterior confronto de ideais para adequá-los a situações reais, com base na exploração da literatura existente. Ao final, conclui-se que cada alternativa está vinculada a decisão do gestor e que o método da Escola Francesa apresenta mais versões derivadas no modelo original e da Escola Americana resultou em destaque em aplicações na área de Logística e Manufatura.

Palavras-chaves: Decisão multicritério, Priorização, Processos.

1. Introdução

Atualmente a economia internacional cresce exponencialmente, assim como a economia nacional. Tendo se observado diferentes transformações nos diferentes campos do conhecimento que agreguem produção e serviços, como: riscos financeiros, riscos industriais, gestão de processos ambientais, uso de novas tecnologias de ponta, gerenciamento em projetos, etc.

Portanto, torna-se claro o uso de ferramentas que possam auxiliar os gestores na tomada de decisão. Uma destas ferramentas, segundo Sobral et al. (2010) é o uso de modelos que auxiliem nos processos decisórios, em ambientes onde há conflitos de opiniões e diversas decisões a serem priorizadas, auxiliando os gestores a tomar as decisões necessárias no ambiente de trabalho.

Nos diversos setores, citados anteriormente, é comum a busca de soluções em cenários complexos. Estes ambientes podem ser assim chamados, pois a visão se torna multidimensional (MOREIRA, 2007). A resolução destes problemas passa a ser vista levando em consideração suas características objetivas e subjetivas. O que com certeza se difere dos problemas de otimização, onde ocorre a busca por uma única solução cuja função deve ser maximizada ou minimizada. Logo, estes problemas com mais de uma solução, passam a ter uma natureza de conflitos, onde há necessidade de identificar um ponto máximo e ao mesmo tempo um ponto mínimo, havendo mais de um objetivo (OLIVEIRA, 2008).

Neste contexto, Cavalcante & Almeida (2005) definem este tipo de ferramenta para solução de problemas com soluções conflitantes como Apoio Multicritério a Decisão (AMD) cuja interpretação pode ser definida como um grupo de métodos que procuram esclarecer determinado problema, cujas alternativas são julgadas por meio de diferentes critérios e estas alternativas são conflitantes.

Portanto, este estudo objetivou analisar de forma crítica dois métodos de AMD. O primeiro oriundo da Escola Americana, denominado de Analytic Hierarchy Process (AHP) e o segundo derivado da Escola Francesa conhecido como família ELECTRE. Tendo como método a exploração teórica e as principais aplicações, havendo em seguida uma discussão a respeito de ambas as metodologias de decisões com mais de um objetivo.

2. Metodologia

Esta pesquisa foi caracterizada, segundo seus objetivos, como exploratória, pois procura expor o problema para torná-lo mais claro e explícito. Tendo como os procedimentos técnicos o levantamento bibliográfico para elaboração do material deste artigo (GIL, 2010). Sendo que em um primeiro momento houve a descrição dos dois métodos analisados e em seguida as comparações para discussão dos mesmos.

3. Apoio Multicritério à Decisão

Até o final da década de 60 os métodos de otimização em ambientes de tomada de decisão estavam baseados nas equações de programação matemática que tinham por meta solucionar uma única função objetivo (MOREIRA, 2007). A necessidade em avaliar pela otimização clássica não conseguia integrar todos os critérios em uma única resposta, ora se preocupando com a minimização dos custos, ora com a maximização do lucro (GOMES et al., 2004).

Em virtude das dificuldades encontradas no exposto acima ocorreu uma grande necessidade em se analisar os problemas a partir de mais de uma dimensão, onde todos os critérios são estudados de forma conjunta. Segundo Cavalcante & Almeida (2005), esse novo método ficou

conhecido como Apoio Multicritério à Decisão (AMD), o qual procura fornecer soluções para múltiplas alternativas em função de diferentes critérios, que na maioria dos casos são conflitantes.

Este tipo de metodologia surgiu primeiramente na França e em seguida nos EUA, portanto, atualmente existem duas Escolas: a Francesa e a Americana. Neste estudo será abordado somente o método de Análise Hierárquica de Processo (AHP), oriunda da segunda Escola, que engloba o problema de maneira mais objetiva em relação às ferramentas utilizadas na Escola Francesa (MOREIRA, 2007).

Basicamente, este processo ocorre pela reunião do grupo de especialistas em determinado assunto a ser trabalhado. O objetivo, geralmente, é a busca por uma alternativa ótima que atenda a necessidade do grupo. Sendo que esta alternativa está contida em um conjunto de várias alternativas e cada uma destas alternativas é julgada por diferentes critérios comum a todas. Basicamente, as comparações entre as alternativas ocorrem aos pares para estudo para comparações entre as melhores alternativas para em haver a priorização dos grupos de atividades escolhidas (KOU et al., 2011).

3.1 Elaboração do processo de decisão

Para compreensão do processo de decisão alguns pontos devem ser esclarecidos, sendo assim, com base em Gomes et al., (2009) são listados abaixo alguns termos inerentes a este processo:

- **Análise de cenários:** construção de um, ou, mais modelos baseados no real, que em função de diversos estudos, aplica diferentes técnicas (matemáticas e tratamentos probabilísticos) para serem materializados por meio da busca dos melhores resultados;
- **Atores da decisão:** indivíduo, ou, grupos de indivíduos, que tem por meta executar o problema, dando características particulares à situação;
- **Sistema:** conjunto de elementos que interagem entre si, no intuito de trocar informações para fins únicos. Sendo compostos de entradas, processamento e saída, como representado pela Figura 1;

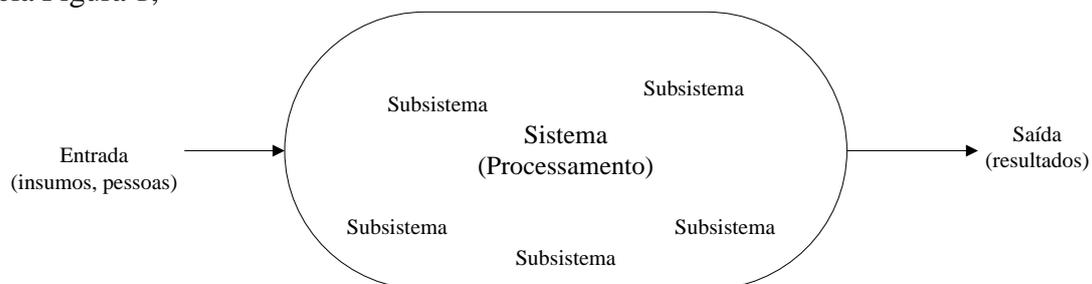


Figura 1 – Representação de um sistema.

O conjunto destes elementos é essencial para o processo de decisão, sendo que a Teoria de Decisão não irá determinar como pessoas ou instituições tomam decisão, mas auxiliará o processo de decisão (GOMES et al., 2009) Comentado, ainda, pelos mesmo autores, de que todos os envolvidos devem saber expressar preferências por uma algo em prol de outro. Consequentemente o avanço de decisões simples evoluirá para decisões mais complexas.

As fases de decisão podem ser expressas de diferentes formas variando em função da literatura usada, porém todas possuem similaridades que tendem ao mesmo objetivo que é a escolha do ótimo ou próximo do ótimo. O fato de ser próximo está relacionado ao fato de que os modelos usados servem de auxílio e não solucionam resultados ótimos, como nos problemas de Programação linear ou Dinâmica.

Baseado em diferentes autores, foi elaborado um modelo de procedimentos para compor o processo de decisão, que leva em consideração aspectos de coleta de dados, fases de análise, aplicação do modelo e obtenção dos resultados (BINDER, 1994; COSTA, 1997; TELLALYAN et al., 1994; URIS, 1989):

- a) **Levantamento de informações:** os especialistas envolvidos devem coletar todas as informações referentes ao processo de decisão;
- b) **Formulação do problema:** o problema deve ser formulado de acordo com os dados levantados, envolvendo processos estatísticos e variáveis qualitativas;
- c) **Desenvolvimento de alternativas:** demonstrar os caminhos viáveis a serem analisados aplicando diferentes técnicas de AMD;
- d) **Escolha dos modelos:** escolher um(s) modelo(s) da Teoria da Decisão baseado nas alternativas desenvolvidas;
- e) **Comparação de resultados:** comparar os resultados encontrados pelos métodos usados, com os devidos valores de pesos de comparação inseridos para cada método;
- f) **Escolha do modelo ideal:** definir o modelo ideal aplicando na tomada de decisão.

4. Análise Hierárquica de Processo

A AHP é um método de análise multicritério desenvolvido por Saaty em 1970, e consiste em uma interessante ferramenta de suporte a decisões. Esta ferramenta permite o envolvimento na análise de variáveis quantitativas e qualitativas, além de solucionar problemas complexos de forma simples, pois possibilita a verificação de aspectos ou alternativas dos problemas de forma isolada (FORMAN & SELLY, 2001; SAATY, 1980).

Esse método utiliza uma estrutura hierárquica de objetivos através de comparações paritárias entre os critérios e entre as alternativas em função de cada critério adotado. Em um primeiro momento os decisores envolvidos no problema, devem definir a Matriz Hierárquica de Decisão, na qual deverão definir o objetivo do problema. A matriz deve está composta em seu alto com o objetivo, seguida pelos critérios de decisão adotados e posteriormente pelas alternativas, e caso haja as sub-alternativas. Cada fase da matriz é chamada de nível de decisão, começando pelo topo da mesma, como segue na Figura 2.

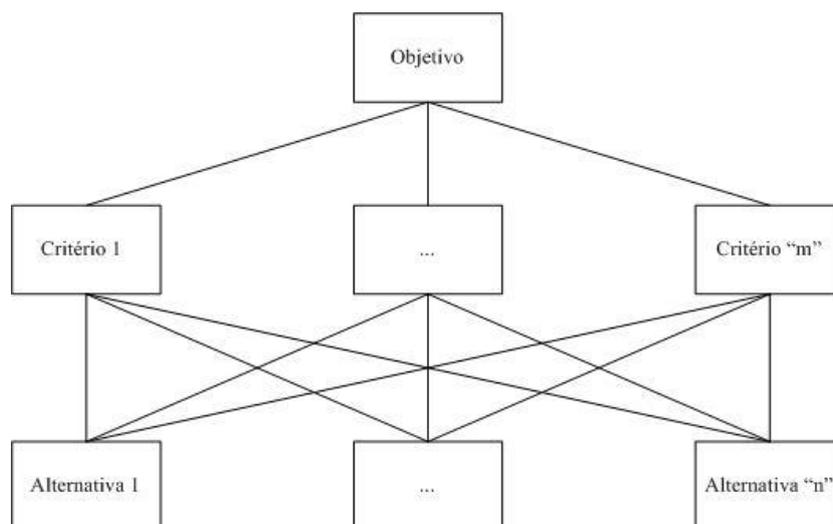


Figura 2 – Matriz Hierárquica de Decisão.

Para definição dos pesos de comparação é usada a Tabela Fundamental de Saaty, Tabela 1. Nesta tabela são dados valores de 1 a 9, em que cada valor possui a relação de importância

deste peso com a importância do julgamento verbal, ou seja, a atribuição pela qual o peso deve ser usado. Essa classificação deve ser feita para os critérios usados e para as alternativas propostas.

Julgamento Verbal	Equivalente Numérico
Extremamente importante	9
Muito fortemente importante	7
Fortemente importante	5
Moderadamente importante	3
Igualmente importante	1
Valores intermediários entre as opiniões adjacentes	2,4,6,8

Fonte: Saaty (2008).

Tabela 1 – Escala verbal para comparações pareadas de atributos.

Em seguida Colin (2007) propõe a comparação paritária entre os critérios e entre as alternativas com os critérios (1). Neste momento as comparações devem ser dispostas na matriz de comparações (2), onde cada par deve ser analisado para obtenção dos pesos. Ou seja, admitindo um conjunto qualquer de alternativas $A = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$.

$$a_{ij} = w_i / w_j \quad (1)$$

$$\begin{matrix}
 w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_j \\
 w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_j \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 w_i/w_1 & w_i/w_2 & \dots & w_i/w_j
 \end{matrix} \quad (2)$$

No passo seguinte, Gomes et al., (2009) explicam que é necessário somar os produtos de cada linha da matriz (2), para obtenção dos valores da prioridade relativa e retirar a média de cada elemento da matriz pela ordem da coluna para normalização destes valores. Após a normalização é preciso calcular o produto da matriz dos valores normalizados e os da prioridade relativa, usando o método autovalor e autovetor (3).

$$\hat{A} \hat{w} = \lambda_{\max} \hat{w} \quad (3)$$

Em que \hat{A} é a matriz de comparações observadas pelo gestor, λ_{\max} o maior autovalor dessa matriz e \hat{w} o autovetor direito. Em seguida o mesmo autor propõe o cálculo do Índice de Consistência (IC) e do Quociente de Consistência (QC).

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

$$QC = \frac{(IC)}{(ICA)} \quad (5)$$

Em que ICA é Índice de Consistência Aleatório e pode ser obtido pelo meio de uma tabela. Quem irá determinar se há consistência na matriz de critérios é o valor de QC. Caso seja $QC \leq 0,1$ então é aceitável, caso contrário o analista deve rever os critérios utilizados.

Este procedimento é usado para verificar se o uso do método AHP é consistente. Gomes et al. (2004) ainda complementam que esta normalização, além de verificar a consistência do método, também, serve para reduzir a heterogeneidade existente entre as alternativas, ou, critérios.

Agregação das prioridades é o resultado final da análise, quando as alternativas são agrupadas em ordem hierárquica em função dos valores da prioridade. Gerando uma matriz de vetores prioridades PC, onde o maior valor indicará a melhor alternativa.

$$p^c = P_{i+1} \times p_i \quad (6)$$

E os valores de P_{i+1} e p_i são os vetores de prioridades relativas calculados nas matrizes de comparação paritária dos níveis estudados.

5. Método ELECTRE

O método ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité) desenvolvido por Bernard Roy em Paris foi um dos primeiros trabalhos oriundos da Escola Francesa (ROY, 1968). A diferença entre as Escolas Francesa e Americana não distingue a origem, mas sim a metodologia usada em ambas as linhas de conhecimento. No método ELECTRE, Moreira (2007) diz que o método é mais flexível baseado na escolha de alternativas por meio de preferências e não há necessidade de estruturação hierárquica dos critérios utilizados como no AHP da seção anterior.

Com o mesmo o objetivo do método de AHP, o ELECTRE procurar classificar alternativas em função de diferentes critérios adotados pelo grupo responsável em tomar decisões. As relações de comparações ocorrem objetivando a superação, entre os critérios e alternativas (LI & SUN, 2009). Ou seja, o decisor cria a Sobreclassificação para que ele possa definir a melhor opção existente (MOTA & ALMEIDA, 2007).

Com passar dos anos novos métodos derivaram do primeiro desenvolvido pelo autor principal. Atualmente, a literatura considera seis métodos desenvolvidos pelo autor principal e colaboradores: ELECTRE I, II, III, IV, IS e TRI (KARAGIANNIDIS & MOUSSIOPOULOS, 1997). Outros métodos surgem cada vez mais, entretanto são alterações realizadas pelos autores que direcionam para um determinado problema. Amiri et al., (2008) provaram que o método, também, se mostra mais eficaz para ranquear valores exatos, em contrapartida ao uso de métodos fuzzy, pois os intervalos de dados não apresentam termos que pertençam a duas classes ao mesmo tempo. Karagiannidis & Moussiopoulos, (1997) usaram a versão ELECTRE TRI para gerenciamento de resíduos sólidos, propondo diferentes critérios para alocar estes resíduos.

Li & Sun, (2009) foram mais além ao trabalharem o métodos em dois modelos para análise de dados computacionais para verificação de problemas em sistemas complexos. Enquanto Mota & Almeida (2007) desenvolveram uma adaptação da quarta versão, apresentando como ELECTRE IV-H para determinar quais atividades devem ser iniciadas primeiro em projetos, essa adaptação é justificada pelos autores devidos as características do estudo desenvolvidos.

5.1 Electre I

O ELECTRE I foi o primeiro a ser desenvolvido e trabalha na premissa de que uma alternativa supera outra por comparações paritárias. De acordo com Gomes et al. (2009) o enunciado para o método consiste em: seja A um conjunto de possíveis decisões (alternativas), e $g_i(a)$ correspondendo à avaliação de qualquer dessas decisões segundo um critério i ($i=1,2,3,\dots,n$). Pode-se definir que uma alternativa a sobreclassifica b (aSb), se a alternativa a é pelo menos tão boa quanto b . Para a e b pertencentes ao conjunto A. Definido como a resolução para a problemática α ($P\alpha$ – decidir por um subconjunto que tenha as melhores alternativas) (GOMES et al. 2004).

Para definir os pesos o decisor deve estar respaldado pelas situações de comparações entre duas alternativas. Semelhante ao método anterior, o ELECTRE também apresenta situações de comparações paritárias, sendo os valores numéricos ficando a cargo do gestor. Neste caso, as comparações são realizadas por superações entre um critério e outro de acordo com superações, representado no quadro abaixo.

Situação	Definição	Relação Binária
Indiferença	Existem razões claras e positivas que justificam a equivalência entre duas alternativas.	I: Simétrica (reflexiva)
Preferência Estrita	Existem razões claras e positivas que justificam uma preferência significativa a favor de uma (bem definida) das duas alternativas.	P: Assimétrica (irreflexiva)
Preferência fraca	Existem razões claras e objetivas que não implicam uma preferência estrita favor de uma (bem definida) das duas alternativas. No entanto, essas razões são insuficientes para que seja assumida uma preferência estrita a favor da outra ou uma indiferença entre as alternativas.	Q: Assimétrica (irreflexiva)
Incomparabilidade	Não existem razões claras e positivas que justifiquem uma das três situações acima.	R: Simétrica (irreflexiva)

Fonte: Gomes (2007).

Quadro 1 – Critérios de julgamento para o método ELECTRE I.

Para confirmar a hipótese de que a alternativa a é pelo menos tão boa quanto b são expressas pelos conceitos de Concordância e Discordância. Definidas por Gomes et al. (2009) como:

Concordância: Consiste no fato de um subconjunto significativo dos critérios considerar que a alternativa a é (fracamente) preferível à alternativa b .

Discordância: Consiste no fato de que não existem critérios em que a intervenção da preferência de b em relação a a ultrapasse um limite aceitável.

Concordância:

- $K^+(a,b)$ =soma dos pesos dos critérios em que $g(a) > g(b) + q$, onde q é o limite de indiferença.
- $K^-(a,b)$ =soma dos pesos dos critérios em que $-q \leq g(a) - g(b) \leq q$, onde q é o limite de indiferença
- $K^-(a,b)$ =soma dos pesos dos critérios em que $g(a) < g(b) - q$, onde q é o limite de indiferença
- $C(a,b)$ =valor da concordância com a afirmativa aSb , que representa a força dos argumentos favoráveis a essa afirmativa.

Tendo:

$$C(a, b) = \frac{K^+(a,b) + K^-(a,b)}{K^+(a,b) + K^-(a,b) + K^-(a,b)} \quad (7)$$

O resultado $C(a,b)$ estabelece um valor entre 0 e 1 para qual serve a classificação de sobreclassificação aSb , pertencentes ao um mesmo conjunto. As comparações devem ocorrer aos pares e gradualmente conforme for eliminando as alternativas mais “fracas”. Em seguida calcula-se o valor de discordância:

$$D(a, b) = \frac{\text{Max}(0, g_i^{(b)} - g_i^{(a)})}{\text{Escala}_i} \text{ para } i=1, \dots, n \quad (8)$$

Após os cálculos dos valores Concordância e Discordância verifica-se a premissa de aSb adotando um valor de limite de concordância C (relativamente grande) e, se necessário, um limite de discordância D (relativamente pequeno), que irá definir a relação aSb através da seguinte equação:

$$aSb \text{ se e somente se } \frac{C(a,b) \geq C}{D(a,b) \leq D} \quad (9)$$

Finalmente, Gomes et al. (2004) finaliza que as relação devem ser resumidas em uma matriz de Superação (S), na qual os valores são 0 ou 1, conforme não foi observado a superação ou foi observado a superação, respectivamente.

6. Discussão acerca dos dois métodos

O método de AHP aplica uma visão rigorosa que avalia as decisões por meio da hierarquização julgada em função de critérios nos quais são atribuídos valores. Os valores são responsáveis em caracterizar o método com um rigor mais objetivo, sem haver muitas diferenças entre as comparações, não deixando o decisor em um dilema acerca de duas alternativas.

Desde sua criação por Thomas Saaty o método passou por diversos estudos e o seu largo uso pelos gestores de decisão. Tendo sido feito por Ho (2008) um levantamento a respeito do uso do método AHP em catorze diferentes áreas do conhecimento, sendo 59,1% para as áreas de logística e manufatura em universos de 66 publicações e que estão listadas na tabela abaixo.

Área	Qtde. de trabalhos
Logística	21
Manufatura	18
Governo	4
Educação	4
Negócios	3
Meio Ambiente	3
Militar	3
Agricultura	2
Saúde	2
Marketing	2
Indústria	1
Serviços	1
Esporte	1
Turismo	1

Fonte: Ho (2008)

Tabela 2 – Uso do método de Análise Hierárquica de Processo em diferentes áreas do conhecimento.

Porém, não há muitas variações do método, e sim há ocorrências de estudos que associam a análise com outras técnicas, como a lógica Fuzzy, que pode ser visto no trabalho de Tyriaki & Ahlatcioglu, (2009) que aplicaram na seleção de portfolios de investimentos financeiros o

método AHP associado a lógica Fuzzy devido aplicabilidade em problemas que pertencem a duas classes ao mesmo tempo.

O trabalho de Corso & Löbler (2010) apresenta uma visão do método voltado a tomadas de decisão sob ambientes com pressão do tempo e falta de informação, avaliando um novo modelo chamado de AHP MAKH-ER, o que torna o estudo em ambiente crítico e ao mesmo tempo levando para o estudo do comportamento humano.

Por outro lado, o método ELECTRE apresenta uma visão de julgamento mais subjetivo, representada pelos critérios de julgamento definidos no Quadro 1. Apesar de haver o uso e valores para avaliar as diferenças entre alternativas, a base do julgamento está centrada em termos nominais, como Indiferença e Preferência estrita, e não numéricos.

Uma vantagem em se adotar este tipo de análise implicou na criação de diversos modelos derivados do original e que se desdobraram em diferentes situações práticas. Além da hibridização com outras ferramentas de Pesquisa Operacional, como a apresentada por Leyva-López & Fernández-González (2003) que demonstraram uma das variantes da família com processos de Heurísticas para geração de um novo modelo.

7. Considerações finais

As duas metodologias de Apoio Multicritério à Decisão apresentam grande variedade de aplicações em problemas que envolvam situações de incerteza, onde um grupo de pessoas necessita tomar decisões. Cabendo a este grupo decidir qual método aplicar em função de cada situação na qual se encontrem.

A Análise Hierárquica mostra algo de caráter mais objetivo por meio do ranqueamento das alternativas, indicando ao gestor comparações mais diretas e comparações pareadas por meio dos pesos criados pelo autor do método. Não tendo muitas opções sobre variantes da metodologia, o que deixa estagnado o método por divisões aos pares entre as alternativas e os critérios.

O método ELECTRE apresenta uma subjetividade que permiti ao gestor alternar às escolhas, podendo ultrapassar as comparações pareadas. Apesar de ter sido somente descrito neste estudo o primeiro de uma família de seis métodos, há outras opções disponíveis na literatura para tomadores de decisão. São estas opções existentes na literatura que flexibilizam a adaptação de uma variedade de problemas aos diferentes métodos da Escola Francesa.

Por fim, este estudo procurou enriquecer a literatura acerca do assunto AMD apresentando duas propostas da área. Esperando para estudos futuros o desenvolvimento de novas ferramentas de Apoio à Decisão que envolva diferentes técnicas de para auxiliar gestores de decisão.

Referências

AMIRI, M. et al. *Developing a new ELECTRE method with interval data in multiple attribute decision making problems*. Journal of Applied Sciences Vol.9, n.22, p.4017-4028, 2001.

BINDER, F. V. *Sistemas de apoio à decisão*. São Paulo: Érica, 1994.

CAVALCANTE, C. A. V. & ALMEIDA, A. T. *Modelo multicritério de apoio a decisão para o planejamento de manutenção preventiva utilizando o PROMETHE II em situações de incerteza*. Pesquisa Operacional Vol.25, n.2, p.279-296. Mai-Ago, 2005.

COLIN, E. C. *Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas*. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

COSTE, J. J. S. *Teoria da decisão: um enfoque objetivo*. 2 ed. Rio de Janeiro: Rio, 1997.

CORSO, K. B. & LÖBLER, M. L. *AHP MAKER-ER: Validação de um sistema de apoio à decisão para estudar a influência da pressão do tempo e da falta de informação no processo decisório.* Produto & Produção Vol.11, n.3, p.45-59, 2010.

FORMAN, E. & SELLY, M. A. *Decision by objectives: how to convince others that you are right.* New Jersey: World Scientific, 2001.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa* 5 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. & ALMEIDA, A. T. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério* 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

_____. *Teoria da Decisão.* São Paulo: Thomson Learning, 2007.

_____; **ARAYA, M. C. G. & CARIGNANO, C.** *Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão.* São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

HO, W. *Integrated Analytic Hierarchy Process and its applications – A literature review.* European Journal of Operational Research Vol.186, p.221-228, 2008.

KARAGIANNIDIS, A. & MOUSSIOPOULOS, N. *Application of ELECTRE III for the integrated management of municipal solid wastes in the Greater Athens Area.* European Journal of Operational Research Vol.97, p.439-449, 1997.

KOU, G.; SHI, Y. & SHOUYANG, W. *Multiple criteria decision making and decision support systems – Guest editor's introduction* Vol. 51, n.2, p.247-249, 2011.

LEYVA-LÓPEZ, J. C. & FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, E. *A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology.* European Journal of Operational Research Vol.148, p.14-27, 2003.

LI, H. & SUN, J. *Hybridizing principles of the Electre method with case-based reasoning for data mining: Electre-CBR-I and Electre-CBR-II.* European Journal of Operational Research Vol. 197, p.214-224, 2009.

MOREIRA, R. A. *Análise Multicritério dos Projetos do Sebrae/RJ através do Electre IV.* (Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação e pesquisa em Administração e Economia) Faculdade de Economia e Finanças IBMEC, Rio de Janeiro, 2007.

MOTA, C. M. M. & ALMEIDA, A. T. *Método multicritério Electre IV-H para priorização de atividades em projetos.* Pesquisa Operacional Vol.27, n.2, p.247-269, 2007.

OLIVEIRA, R. C. *Otimização multiobjetivo da confiabilidade via sistemas multiagentes baseado em colônia de formigas* Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2008.

ROY, B. *Classement et choix en presence de points de vue multiples: la méthode electre.* RIRO 8, p.57-75, 1968.

SAATY, T. L. *The analytic hierarchy process.* New York: McGraw-Hill, 1980.

_____. *Decision making with the analytic hierarchy process.* International Journal Services Sciences Vol. 1. n.1, 2008.

SOBRAL, M. F., COSTA, A. P. C. S. & ALMEIDA FILHO, A. T. *Multi-criteria model for classifying clients of companies distributing liquefied petroleum gas.* Brazilian Journal of Operations & Production Management Vol.7, n.1, p.53-75, 2010.

TELLALYAN J. K.; STOYANOV, S. K. & TCOBANOV, I. N. *System for multicriteria decision support in the problems of nonlinear optimization.* Proceedings of the International Conference on Multiple Criteria Decision-Making, 11. Coimbra, 1994.

TIRYAKI, F. & AHLATCIOGLU, B. *Fuzzy portfolio selection using fuzzy analytic hierarchy process.* Information Sciences Vol.179, n.1, p.53-69, 2009.