

DE BORDA-AHP: INTEGRANDO OS MÉTODOS DE BORDA E AHP

Helder Gomes Costa

Universidade Federal Fluminense

Resumo

O método Borda foi proposto no período da Revolução Francesa para a realização de votações em sistemas multidecisor. Devido as suas características, o mesmo pode ser adaptado para problemas multicritério. O algoritmo do método De Borda é em sua essência um algoritmo de ordenação, embora seja utilizado com frequência para a solução de problemas de escolha. Uma variante do método De Borda possibilita a sua utilização com a atribuição de pesos aos critérios. No entanto, o algoritmo De Borda não trata como os pesos devem ser atribuídos. Este trabalho propõe a utilização do método AHP como método estruturante para atribuição de pesos a serem integrados ao método De. A escolha do AHP como método de atribuição de pesos deve-se ao fato de que o AHP, apesar de ter sido proposto como método para a solução de problemas de escolha, resolve, em sua essência problemas de distribuição. No presente texto, inicialmente apresentam-se os conceitos centrais dos métodos De Borda e AHP. Posteriormente apresenta-se a descrição da proposta de integração do método AHP ao método De Borda, seguida de um exemplo de aplicação. Observa-se que a descrição do exemplo, focou em destacar aspectos da integração, De Borda-AHP, não sendo apresentados detalhes dos cálculos do AHP ou do De Borda, para não desviar a atenção do leitor do foco principal deste texto.

Palavras-chave. Decisão, De borda, *Analytic Hierarchy Process*, *Decision*.

DE BORDA-AHP: INTEGRANDO OS MÉTODOS DE BORDA E AHP

1. Introdução

Textos clássicos como Arrow (1963), Fishburn (1964), Saaty (1980), Zeleny (1982), Changkong e Haimes (1983), e Roy e Boissou (1985) indicam que a decisão em um ambiente complexo envolve a consideração de múltiplos critérios. Neste contexto, conforme reportado em Gomes e Costa (2013), o apoio multicritério à decisão (AMD) é caracterizado pela modelagem de problemas decisórios discretos à luz de múltiplos pontos de vista, sejam eles critérios qualitativos ou avaliações subjetivas.

Costa (2006) reporta que há algumas diferentes formas de se classificar um problema de decisão: quanto ao nível de conhecimento dos cenários futuros (incerteza, risco e certeza), quanto ao número de critérios (monocritério ou multicritério), quanto à presença ou não de flutuações estatísticas (determinísticas ou estocásticas) e quanto à situação de decisão.

No contexto da classificação dos problemas quanto a situação de decisão, Roy e Boissou (1985) agrupam as situações em quatro problemáticas:

- Escolha (*choice*) na qual se busca identificar selecionar um conjunto limitado das melhores alternativas. Esta situação é denotada por Problemática $P.\alpha$ (alfa);
- Classificação (*classification / sorting*), na qual a intenção é classificar as alternativas em grupos homogêneos pré-definidos e que guardem algum tipo de ordem de preferência ou importância entre si, tal como acontece em classificações do tipo ABC de Pareto. Esta situação é denotada por Problemática $P.\beta$ (beta);
- Ordenação (*ranking*), na qual se busca construir uma lista ordenada das alternativas, das melhores para as piores. Esta situação é denotada por Problemática $P.\gamma$ (gama); e,
- Descrição (*description*), cujo propósito é identificar e descrever as principais características que distinguem as alternativas. Esta situação é denotada por Problemática $P.\delta$ (delta).

Costa (2006) agrega a esta classificação uma outra problemática: a priorização ou distribuição (aqui denotada por $P.\sigma$). Na situação de Distribuição (*sharing*), enquadram-se os problemas nos quais recursos finitos devem ser compartilhados ou distribuídos por um grupo de elementos. Encaixam-se, por exemplo, nesta categoria as situações de decisão nas quais se objetiva distribuir recursos entre um conjunto de alternativas, identificando-se o percentual dos recursos que cabe a cada alternativa. Neste tipo de classificação também podem ser categorizados os problema da atribuição de pesos a critérios, nos quais o decisor deseja distribuir importância entre os critérios de um conjunto de critérios previamente definido. A escolha da letra sigma para representar esta distribuição foi feita devido ao fato de que em problemas de distribuição a soma das partes que compõe a partição dos recursos é finita, sendo muitas vezes representada em uma escala percentual.

Conforme reportado em Costa (2010), o método De Borda insere-se no contexto da problemática $P.\gamma$ (gama), uma vez que efetua uma ordenação – embora o resultado da ordenação seja usualmente utilizado em situações de escolha (problemática $P.\alpha$). Conforme reportado em Costa (2013), há variações do método De Borda que permitem o uso ponderações entre os critérios. Nestas situações os pesos dos critérios costumam ser atribuídos de forma intuitiva com base em escalas com cinco posições, ou em escalas contínuas com pontuações de 0 a 10 ou de zero a 100 pontos. Nestes casos não é usual se empregar uma técnica de validação da coerência entre os pesos dos critérios.

Neste contexto, de forma inédita, o presente trabalho propõe a integração do AHP ao método De Borda. Esta integração dá-se pelo uso do AHP para a solução do problema do tipo $P.\sigma$ (distribuição) para gerar pesos relativos entre os critérios; e a posterior aplicação destes pesos como ponderações dos critérios no Método De Borda, para a solução do problema $P.\gamma$ (ordenação).

2. Base conceitual: método De Borda com ponderação entre os critérios

A enciclopédia Britannica (2012) registra que o método De Borda foi apresentado por Jean-Charles Borda em 1781, na França para ser aplicado em comitês compostos por mais de um indivíduo (problema multidecisor). Conforme descrito em McLean (1990) e em Barba-Romero e Pomerol (1997), a ideia central deste método consiste em estabelecer uma combinação das ordenações ou “ranking” individuais estabelecidos por cada um dos decisores em um “ranking” ou ordenação global – tratando-se de um método que cuida da Problemática P.γ.

Observa-se que este sistema de votação é também adotado no contexto da Técnica de Grupo Nominal (PMI (2012)), que se utiliza deste procedimento para eleger as alternativas a serem discutidas em uma rodada de negociação.

As seguintes etapas são efetuadas na aplicação do método De Borda: definir os avaliadores ou decisores ou juízes ou elementos do júri; definir os elementos ou alternativas a serem “ranqueadas” ou ordenadas; obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos por cada decisor para cada uma das alternativas; associar uma pontuação, número de ordem ou “*score de ranking*” a cada alternativa, considerando os julgamentos individuais de cada juiz; para cada alternativa, somar os números de ordem obtendo um número de ordem global; e, obter a ordenação final das alternativas, com base nos números de ordem globais. Ou seja, para aplicação do método De Borda os seguintes passos devem ser efetuados:

- a) Definição do objeto de estudo e caracterização das condicionantes gerais, que definem o domínio de validade para a solução encontrada;
- b) Especificação do foco principal ou objetivo geral que se espera atingir;
- c) Definir os elementos ou alternativas a serem “ranqueadas” ou ordenadas;
- d) Identificação dos avaliadores ou elementos que para a composição do júri
- e) Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos por cada avaliador, para cada uma das alternativas;
- f) Associar uma pontuação, número de ordem ou “*score de ranking*” a cada alternativa, considerando os julgamentos em cada critério; e,
- g) Para cada alternativa, somar os números de ordem, obtendo um número de ordem global.

Barba-Romero e Pomerol (1997) destacam que o método De Borda também pode ser aplicado a situações que envolvam múltiplos critérios de avaliação. Neste caso basta “substituir” os eleitores por critérios de decisão no método De Borda. É possível, de forma bastante simples, adotar uma variação do método De Borda com a ponderação de critérios. Para isso, basta que, uma vez de posse do peso de cada um dos critérios, ponderar o *ranking* das alternativas.

Com base na discussão estabelecida em Barba-Romero e Pomerol (1997), Costa (2013) descreve a aplicação de pesos ao método De Borda multicritério. Nesta adaptação, basta, uma vez de posse do peso de cada um dos critérios, multiplicá-los pelo desempenho das alternativas. No exemplo a seguir, considere que nos dados da tabela 1, haja a seguinte distribuição de pesos entre os critérios: Critério 1 = 2; Critério 2 = 4; Critério 3 = 1; Critério 4 = 3.

Assim o algoritmo do método de Borda para a ordenação de alternativas considerando a ponderação de pesos, passa pela execução dos seguintes passos:

- a) Definição do objeto de estudo e caracterização das condicionantes gerais, que definem o domínio de validade para a solução encontrada;
- b) Especificação do foco principal ou objetivo geral que se espera atingir;
- c) Definir os elementos ou alternativas a serem “ranqueadas” ou ordenadas;

DE BORDA-AHP: INTEGRANDO OS MÉTODOS DE BORDA E AHP

- d) Identificação do conjunto de critérios relevantes;
- e) Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos em cada critério, para cada uma das alternativas;
- f) Associar uma pontuação, número de ordem ou “score de ranking” a cada alternativa, considerando os julgamentos em cada critério;
- g) Atribuir pesos a cada um dos critérios;
- h) Para cada alternativa, efetuar a soma (ponderada pelos pesos dos critérios) dos números de ordem, obtendo um número de ordem global; e,
- i) Obter a ordenação final das alternativas, com base nos números de ordem globais.

Tabela 1. Ordenação das alternativas considerando a ponderação de critérios.

| | <i>Número de ordem por critério</i> | | | | <i>Número de ordem global</i> | <i>Ordenação final</i> |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|------------------------|
| | <i>Critério 1 Peso = 2</i> | <i>Critério 2 Peso = 4</i> | <i>Critério 3 Peso = 1</i> | <i>Critério 4 Peso = 3</i> | | |
| Alternativa A | 1 | 2 | 2 | 2 | $2 \times 1 + 4 \times 2 + 1 \times 2 + 3 \times 2 = 18$ | 2 ^a |
| Alternativa B | 3 | 3 | 3 | 0 | $2 \times 3 + 4 \times 3 + 1 \times 3 + 3 \times 3 = 30$ | 1 ^a |
| Alternativa C | 0 | 0 | 0 | 0 | $2 \times 0 + 4 \times 0 + 1 \times 0 + 3 \times 0 = 0$ | 5 ^a |
| Alternativa D | 0 | 1 | 1 | 3 | $2 \times 0 + 4 \times 1 + 1 \times 1 + 3 \times 3 = 14$ | 3 ^a |
| Alternativa E | 2 | 0 | 0 | 1 | $2 \times 4 + 4 \times 0 + 1 \times 0 + 3 \times 1 = 11$ | 4 ^a |

Observa-se que, originalmente no método De Borda, no passo (c) faz-se “n” igual ao número total de alternativas ou opções sob análise. Porém em situações em que há um número grande de alternativas, é desnecessário saber a ordenação de todo o conjunto de alternativas, buscando-se apenas o ranking das principais opções.

Alternativamente, poderia ser adotado um valor de “n” baseado no sistema de votação de Pareto, fazendo-o, por exemplo, igual ao quantitativo de 20% das opções sob análise. No entanto há situações em o conjunto total de alternativas não é determinado ou é muito grande, dificultando a operacionalização da aplicação da regra dos 20% de Pareto – por exemplo na escolha dos melhores jogadores de futebol do mundo pela FIFA. Em situações como esta, pode ser mais adequado escolher o “n” por arbítrio.

No exemplo cujos dados são reportados na tabela 1, sem perda de generalidade, buscou-se ilustrar o emprego do algoritmo em uma situação com $n = 3$.

3. Método AHP

O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é um método de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD) proposto por Saaty (1977) para ao tratamento de problemas de escolha (problemática P.a). a seguir apresenta-se uma breve descrição dos principais aspectos do AHP, mais fundamentos podem ser encontrados em Saaty (1977), Saaty (1980), Vargas (1990), Saaty (1994) e Costa (2006).

Este método está embasado em três princípios do pensamento analítico:

- Construção de hierarquias, nas quais o problema de escolha é decomposto em níveis hierárquicos, sob a forma de uma árvore de critérios, objetivando uma melhor compreensão e avaliação do problema;

DE BORDA-AHP: INTEGRANDO OS MÉTODOS DE BORDA E AHP

- Priorização, no qual o cálculo das prioridades toma em conta a percepção quanto a preferência relativa entre objetos, neste contexto são comparados de forma paritária (aos pares) a preferência entre pares de alternativas e entre a importância pares de critérios; e,
- Consistência lógica: no AHP é possível avaliar o grau de consistência dos julgamentos emitidos pelos avaliadores.

Com base na leitura de Saaty (1977), Saaty (1980), Vargas (1990) e Saaty (1994), Moll e Costa (1999) destaca que na construção e utilização de um modelo de estabelecimento de prioridades fundamentado no AHP, são realizadas as seguintes etapas:

- a) Definição do objeto de estudo e caracterização das condicionantes gerais, que definem o domínio de validade para a solução encontrada;
- b) Especificação do foco principal ou objetivo geral que se espera atingir;
- c) Identificação do conjunto de alternativas viáveis para a escolha;
- d) Identificação do conjunto de critérios relevantes e construção da hierarquia;
- e) Seleção dos avaliadores para a análise do desempenho das alternativas à luz de cada critério;
- f) Seleção dos avaliadores para a análise da importância dos critérios à luz do foco principal;
- g) Cálculo da importância relativa dos critérios
 - g.1) Coleta dos julgamentos de valor: é nesta etapa que se avalia a importância de cada critério; Esses julgamentos são emitidos a partir de comparações par a par ou paritárias, com base na escala ilustrada na Tabela 2;
 - g.2) Síntese dos dados obtidos dos julgamentos, calculando-se a distribuição de importância dos critérios;
 - g.3) Cálculo da razão de consistência (RC) dos julgamentos paritários;
- h) Cálculo da importância relativa dos critérios
 - h.1) Coleta dos julgamentos de valor: é nesta etapa que se avalia o desempenho de cada alternativa à luz de cada critério; Esses julgamentos são emitidos a partir de comparações par a par ou paritárias, com base na escala ilustrada na Tabela 2;
 - h.2) Síntese dos dados obtidos dos julgamentos obtendo a distribuição dos graus de prioridade ou de preferência das alternativas em cada critério;
 - h.3) Cálculo da razão de consistência (RC) dos julgamentos paritários;
- i) Obtenção da prioridade final das alternativas em relação ao foco principal, a partir da ponderação entre a prioridade das alternativas nos critérios e os pesos ou importâncias relativas dos critérios; e,
- j) Análise dos resultados.

Tabela 2. Escala para a emissão de julgamentos paritários (constituída a partir de Saaty, 1980)

| Valor | Definição | Influência |
|------------------|-------------------------------|--|
| 1 | Equivalência | Os dois critérios são igualmente importantes para o objetivo |
| 3 | Preferência Fraca ou Moderada | A experiência e o julgamento favorecem levemente um critério em relação ao outro |
| 5 | Preferência Forte | A experiência e o julgamento favorecem fortemente um critério em relação ao outro. |
| 7 | Preferência Muito Forte | Um critério é muito fortemente mais importante do que o outro. |
| 9 | Preferência Absoluta | Um critério é absolutamente mais importante do que o outro. |
| 2,4,6 e 8 | Valores intermediários | |

4. Proposta de integração DE BORDA-AHP

Conforme pode ser observado na seção 2, deste trabalho, o método De Borda com ponderação de critérios, desenvolvido para trabalhar no âmbito da ordenação de alternativas (Problemática P. γ), tem na etapa (f), a atribuição de pesos ou graus de importância aos critérios. Conforme proposto em Costa (2005), esta situação se encaixa na (Problemática P. \square) ou de Distribuição. Usualmente a distribuição de pesos ocorre de forma intuitiva:

- Assumindo que o peso do critério é um dado de entrada obtido previamente a modelagem do problema por algum método multicritério;
- Utilizando escalas do tipo Likert (1932);
- Adotando o rateio de pesos, usualmente fazendo com que a soma dos pesos seja igual a 100;
- Utilizando a técnica de *swing* de pesos proposta em Edwards (1977); e,
- Aplicando técnicas de busca de consenso (método Delphi, *Brainstorming*, dentre outras) – em geral no emprego destas técnicas adotam-se escalas baseadas em Likert ou técnicas de rateio de pesos, como pano de fundo para a obtenção de pesos dos critérios.

Por outro lado, o AHP aborda em sua etapa (h) a distribuição de pesos aos critérios, sendo portanto um método que aborda, nessa etapa, a problemática de distribuição (P. σ) – na realidade é o único método multicritério que aborda esta problemática e que permite a avaliação do grau de consistência dos julgamentos. Costa (1994) percebeu que a atribuição de pesos se enquadra na problemática de distribuição e empregou, de forma pioneira, o método AHP especificamente para a geração de pesos – no caso o AHP foi empregado para a geração de pesos de uma função multiobjetivo no âmbito da programação matemática. Posteriormente, Costa e Corrêa (2010), exploraram a integração do AHP, como método que atua na problemática de distribuição, ao problema de classificação do grau de satisfação na fase de pós-ocupação de obras civis. Méxas *et al.* (2012) exploram ao uso AHP para a geração de pesos em processos de priorização de critérios para a seleção de sistemas ERP.

- a) Definição do objeto de estudo e caracterização das condicionantes gerais, que definem o domínio de validade para a solução encontrada;
- b) Especificação do foco principal ou objetivo geral que se espera atingir;
- c) Definir os elementos ou alternativas a serem “ranqueadas” ou ordenadas;
- d) Identificação do conjunto de critérios relevantes e organização dos mesmos em uma hierarquia ou árvore de critérios;
- e) Obter as avaliações ou julgamentos estabelecidos em cada critério, para cada uma das alternativas;
- f) Associar uma pontuação, número de ordem ou “*score de ranking*” a cada alternativa, considerando os julgamentos em cada critério;
- g) Atribuir pesos a cada um dos critérios
 - g.1) Coleta dos julgamentos de valor, quanto a importância relativa, avaliada par a par, dos critérios, com base na escala ilustrada na Tabela 2;
 - g.2) Síntese dos dados obtidos dos julgamentos e análise da consistência, calculando-se a distribuição de importância dos critérios;
 - g.3) Cálculo da razão de consistência RC;
- h) Para cada alternativa, efetuar a soma (ponderada pelos pesos dos critérios) dos números de ordem, obtendo um número de ordem global; e,
- i) Obter a ordenação final das alternativas, com base nos números de ordem globais.

A seguir apresenta-se um exemplo que busca descrever a proposta de integração De Borda-AHP: considere que, em determinada situação, os passos (a), (b), (c) (d) e (e) levaram ao contexto expresso na Tabela 3, no qual cinco alternativas foram avaliadas à luz de quatro critérios. Observe que foram adotadas escalas diferentes para cada critério.

DE BORDA-AHP: INTEGRANDO OS MÉTODOS DE BORDA E AHP

Tabela 3. Desempenho das alternativas segundo a percepção de cada critério

| | Critério 1 | Critério 2 | Critério 3 | Critério 4 |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Alternativa A | 6 | 53 | 4 | Bom |
| Alternativa B | 9 | 60 | 6 | Ruim |
| Alternativa C | 4 | 11 | -7 | Péssimo |
| Alternativa D | 3 | 41 | 2 | Excelente |
| Alternativa E | 8 | 27 | -1 | Mediano |

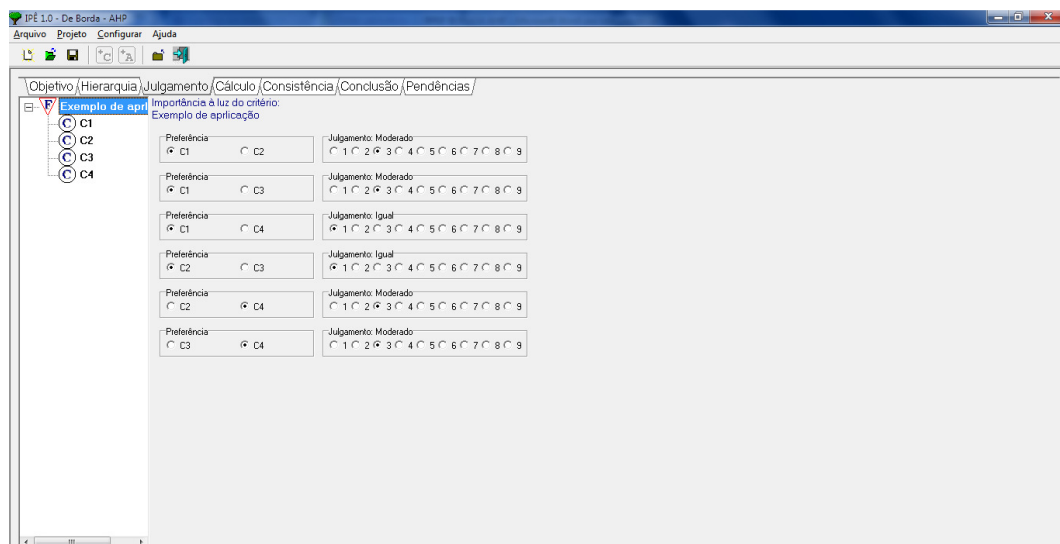
Ao executar o passo (f), transformam-se as notas atribuídas às alternativas nos critérios em *números de ordem* (ver colunas 2, 3, 4 e 5 da Tabela 4). Observa-se que, na conversão do desempenho em números de ordem, atribuiu-se o maior *número de ordem* à alternativa com melhor desempenho – embora, no método De Borda, seja possível atribuir à alternativa com melhor desempenho da alternativa o menor *número de ordem*.

Tabela 4. Números de ordem atribuídos às alternativas a partir dos desempenhos.

| | <i>Número de ordem por critério</i> | | | |
|----------------------|-------------------------------------|------------|------------|------------|
| | Critério 1 | Critério 2 | Critério 3 | Critério 4 |
| Alternativa A | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Alternativa B | 1 | 1 | 1 | 4 |
| Alternativa C | 4 | 5 | 5 | 5 |
| Alternativa D | 5 | 3 | 3 | 1 |
| Alternativa E | 2 | 4 | 4 | 3 |

A figura 1 ilustra os julgamentos coletados no passo (g.1) do algoritmo De Borda-AHP. Esta figura indica que C1, foi considerado moderadamente mais importante que C2 e C3; e, com importância igual à de C4. Por outro lado C2 e C3 foram considerados como sendo igualmente importantes ao passo que C4 foi considerado moderadamente mais importante que C2 e C3.

Figura 1. Interface do sistema IPE (Costa (2004)) ilustrando os julgamentos paritários de valor.



DE BORDA-AHP: INTEGRANDO OS MÉTODOS DE BORDA E AHP

Com base nestes julgamentos, executa-se no passo (g.2) o algoritmo de priorização do AHP, obtendo-se o peso dos critérios, apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Pesos dos critérios.

| | Critérios | | | |
|------------------------------------|-----------|-------|-------|-------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 |
| Grau de importância ou peso | 0,375 | 0,125 | 0,125 | 0,375 |

No passo (g.3) efetua-se o cálculo da razão de consistência (RC), o qual foi calculado do como sendo igual a 0 (RC=0,0), estando dentro dos limites recomendados como aceitáveis por Saaty (1980). Ou seja: RC <=0,1.

Ao se efetuar o passo (h) do algoritmo proposto (De Borda-AHP) calcula-se o *número de ordem global* de cada alternativa. Ou seja: efetua-se a soma ponderada, pelos obtidos do AHP, dos números de ordem de cada critério obtendo-se o número de ordem global. Finalmente, efetua-se o passo (i), obtendo-se a ordenação das alternativas – ver Tabela 6.

Tabela 6. Ordenação das alternativas considerando a ponderação de critérios.

| | Número de ordem por Critério | | | | Número de ordem global | Ordenação final |
|----------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---|-----------------|
| | Critério 1 Peso = 0,375 | Critério 2 Peso = 0,125 | Critério 3 Peso = 0,125 | Critério 4 Peso = 0,375 | | |
| Alternativa A | 3 | 2 | 2 | 2 | $0,375 \times 3 + 0,125 \times 2 + 0,125 \times 2 + 0,375 \times 2 = 2,375$ | 4 ^a |
| Alternativa B | 1 | 1 | 1 | 4 | $0,375 \times 1 + 0,125 \times 1 + 0,125 \times 1 + 0,375 \times 4 = 2,125$ | 5 ^a |
| Alternativa C | 4 | 5 | 5 | 5 | $0,375 \times 4 + 0,125 \times 5 + 0,125 \times 5 + 0,375 \times 5 = 4,625$ | 1 ^a |
| Alternativa D | 5 | 3 | 3 | 1 | $0,375 \times 5 + 0,125 \times 3 + 0,125 \times 3 + 0,375 \times 1 = 3,000$ | 2 ^a |
| Alternativa E | 2 | 4 | 4 | 3 | $0,375 \times 2 + 0,125 \times 4 + 0,125 \times 4 + 0,375 \times 3 = 2,875$ | 3 ^a |

5. Comentários Finais

Este texto cumpre o seu objetivo central: descrever a integração dos métodos De Borda e AHP. Nesta integração, o problema de decisão com ponderação de critérios foi estruturado em dois níveis:

No primeiro nível é feita a atribuição de pesos aos critérios, o que se enquadra Mem uma problemática multicritério de distribuição, como destacado em Costa (2005). Neste nível o problema foi abordado pelo método AHP, que em sua essência resolve problemas de distribuição, com a possibilidade de permitir o cálculo do grau de consistência dos julgamentos de valor.

No segundo nível do problema, o mesmo foi tratado como inserido na problemática de ordenação (P. γ). Neste contexto o problema foi tratado pelo método De Borda, visto que o mesmo, em sua essência, desenvolve ordenações entre alternativas. Neste segundo nível, a distribuição de pesos, obtida do AHP, foi utilizada como dado de entrada para a ordenação ponderada do método De Borda.

Esta abordagem contribui ao conhecimento por propor uma melhor estruturação do problema, principalmente no que tange a integração de abordagem que suporta de forma nativa a distribuição ou atribuição de pesos (AHP) à outra dedicada à ordenação de objetos (De Borda). Este conhecimento pode apoiar e suportar o decisor a desenvolver uma modelagem de problemas de ordenação multicritério, com atribuição de pesos aos critérios de forma sistematizada e mais próxima da realidade.

Observa-se que o AHP tem a limitação de estabelecer comparações paritárias de até no máximo nove elementos. Para que isto não implique em uma limitação ao número de variáveis a serem consideradas na modelagem, torna-se necessário que se estruture as variáveis em uma árvore ou hierarquia composta por critérios e sub-critérios. Assim, se um problema envolver a ordenação de alternativa à luz de um conjunto composto por 15 variáveis, estas poderão ser agrupadas, por exemplo, em 5 critérios, cada um com três sub-critérios.

Agradecimento

O autor agradece à Editoria deste RPEP e também aos avaliadores, cujas contribuições foram fundamentais para elevar a qualidade desta proposta. Agradece-se também ao apoio institucional da UFF e do CNPq.

Referências

- ARROW, K. J. (1963). *Social choice and individual values*. London: John Wiley and Sons.
- BARBA-ROMERO, S. & POMEROL, J.-C. (1997). *Decisiones multicritério: Fundamentos teóricos y utilizacion práctica*. Madrid: Universidad de Alcalá (Colección Economía).
- BRITANNICA, E. (2012). *Jean Charles De Borda Biography*. London: Encyclopædia Britannica, Inc.
- CHANGKONG, Y. & HAIMES, Y. (1983). *Multiobjective Decision Making*. Amsterdam: Ed. North Holland.
- COSTA, H. G. 1994. *Seleção de parâmetros para a usinagem: uma abordagem multicritério*. Doutorado Tese, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio).
- COSTA, H. G. (2004). IPÊ: Guia do usuário. *Relatórios de Pesquisa em Engenharia de Produção da UFF: Revista Eletrônica*. Niterói, RJ, Brasil: Mestrado em Engenharia de

DE BORDA-AHP: INTEGRANDO OS MÉTODOS DE BORDA E AHP

- Produção, Universidade Federal Fluminense: ISSN-* , 2004.
- COSTA, H. G. 2005. Estruturas de Suporte à Decisão. Niterói: Universidade Federal Fluminense.
- COSTA, H. G. (2006). *Auxílio multicritério à decisão: Método AHP*. Rio de Janeiro, Brasil: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO).
- COSTA, H. G. (2010). *Métodos multicritério: método de Borda*. Niterói: Grupo de pesquisas em sistema de apoio à decisão (Relatório Técnico).
- COSTA, H. G. (2014). Sistemas de votação pelo método borda *Relatórios de Pesquisa de Engenharia de Produção*, B1, 1-10.
- COSTA, H. G. & CORRÊA, P. D. S. (2010). Construction of an AHP-Based Model to Catch Criteria Weights In Post-Occupancy Evaluation. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 2, 30-43.
- EDWARDS, W. (1977). How to use multiattribute utility measurement for social decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, SMC-7, 326-340.
- FISHBURN, P. C. (1964). *Decision and value theory*. New York: Wiley (Operations Research Society of America Publications in operations research,).
- GOMES, C. F. S. & COSTA, H. G. (2013). Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. *Produção*, Ahead of print.
- LIKERT, R. A. (1932). Technique for measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 140, 5-55.
- MCLEAN, I. (1990). The Borda and Condorcet principles : three medieval applications, . *Soc. Choice Welf*, 7, 99-108.
- MÉXAS, M. P., QUELHAS, O. L. G. & COSTA, H. G. (2012). Prioritization criteria for enterprise resource planning systems selection for civil construction companies: A multicriteria approach. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 39, 855-866.
- MOLL, R. N. & COSTA, H. G. (1999). Uma abordagem multicritério para avaliação e classificação de serviços. *Gestão e Produção*, 6, 243-256.
- PMI (2012). *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. Newtown Square, PA: Project Management Institute.
- ROY, B. & BOYSSOU, D. (1985). *Méthodologie Multicritère d'Aide à la Décision*. Paris Ed. Economica.
- SAATY, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234-281.
- SAATY, T. L. (1980). *The Analytic Hierarquic Process*. Pittsburg: RWS Publications.
- SAATY, T. L. (1994). *Fundamentals of decision making and prority theory with the analytic hierarchy process*. Pittsburgh, PA: RWS Publications (Analytic hierarchy process series).
- VARGAS, L. G. (1990). An overview of the Analytic Hierarchy Process and its applications. *European Journal of Operational Research*, 28, 2-8.
- ZELENY, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. New York: McGraw-Hill.