

EXPERIMENTO PARA AVALIAÇÃO DAS REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS USADAS EM PROBLEMAS DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO

Amanda Trojan Fenerich

Pontifícia Universidade Católica do Paraná
R. Imaculada Conceição, 1155 - Curitiba, PR
amanda.fenerich@gmail.com

Adiel Teixeira de Almeida

Universidade Federal de Pernambuco
Av. Professor Moraes Rego, 1235 – Recife, PE
almeidaatd@gmail.com

RESUMO

Os métodos com abordagem de análise de decisão multicritério consistem em um conjunto de ferramentas que auxiliam o decisor no processo de escolha, sendo que em alguns desses é incorporado os recursos de visualização gráfica. O objetivo deste artigo é avaliar os tipos de representações gráficas que melhor auxiliam os decisores na tarefa de compreensão e decisão de um problema multicritério. Para isto, foi elaborado um experimento, onde foram apresentados dois problemas no contexto multicritério, representados por nove diferentes tipos de gráficos, e solicitado ao entrevistado para decidir, entre diferentes alternativas, as duas mais preferíveis. As respostas foram comparadas com os resultados obtidos com o modelo Aditivo e PROMETHEE II, e evidenciam que, quando utilizada representações *Value Paths*, *Horizontal Bar* e *Star Coordinate*, obtêm-se uma maior porcentagem de acertos. Já o *Scater Plots* foi a representação com menor porcentagem de acertos, e maior índice de complexidade para entendimento.

PALAVARAS CHAVE. Tipos de gráficos. Método Aditivo. Método PROMETHEE II.

Apoio à Decisão Multicritério

ABSTRACT

The method with multi-criteria decision analysis approach consists of a set of tools to help the decision maker in the selection process; where in some of these are incorporated graphical visualization resources. The purpose of this article is to evaluate the types of images which best assist the decision makers in the task of understanding and deciding on a multicriteria problem. For this, we designed an experiment, where two problems were presented in a multicriteria context, represented by nine different chart types, requesting the respondent to decide between different alternatives, the two most preferable. The answers were compared with the results obtained with the Additive and PROMETHEE II model, and evidenced that when *Value Paths*, *Horizontal Bar* and *Star Coordinate* are used, we obtained a higher percentage of correct answers than in *Scatter Plots*, which was the representation with lower percentage of correct answers, and a higher level of complexity for understanding..

KEYWORDS. Chart/Gráfica types. Additive Method. PROMETHEE II.

Multicriteria Decision Aid

1. Introdução

As decisões são constantes e fundamentais para atingir os objetivos pessoais ou organizacionais. Em sua grande maioria, se não em todas às vezes, as decisões envolvem mais de um aspecto a ser considerado e, geralmente, conflitante entre si (Almeida, 2013 e Ishizaka; Nemery, 2013). Os problemas multicritério incluem os objetivos de encontrar uma, ou um conjunto de soluções ótimas, utilizando algoritmos de busca, ou de uma encontrar uma solução adequada, considerando a preferência de um ou mais decisores.

Vários modelos ou métodos têm sido desenvolvidos, e usados com diferentes enfoques e características para suprir as necessidades específicas de cada problema multicritério. Os modelos e os métodos com a abordagem multicritério consistem em um conjunto de ferramentas que ajudam a organizar e sintetizar as informações necessárias, para obter resultados satisfatórios em um processo decisório (Belton; Steward, 2002).

Para os problemas de decisão multicritério, os modelos e/ou métodos podem ser classificados como: i) métodos de critério único de síntese; ii) métodos de sobreclassificação; e iii) métodos interativos (Almeida, 2013; Roy, 1996). Outra classificação utilizada para estes métodos, e apresentada pelos autores, é como métodos compensatórios e não compensatórios.

Neste artigo, uma ênfase é dada ao Modelo de Agregação Aditiva e também ao método de sobreclassificação PROMETHEE II (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation), apresentados e descritos por Almeida (2014), pois são métodos representativos das duas abordagens de métodos compensatórios e não compensatórios, e serão utilizados para a comparação dos resultados no experimento com as representações gráficas para apoio no processo decisório.

O modelo matemático Aditivo determinístico utiliza a avaliação intracritério e intercritério para a agregação dos critérios e obtenção da Função Valor Global $v(a)$:

$$v(a) = \sum_{j=1}^n k_j \cdot v_j(a) \quad (1)$$

onde, k_j representa a constante de escala para o critério j , e é normalizado de tal forma que o somatório seja igual a 1. Existem métodos para a obtenção da função valor global no contexto aditivo determinístico, sendo que o princípio da solução do problema consiste na seleção da alternativa com o maior valor global (Almeida, 2014).

Para a avaliação utilizando os métodos da família PROMETHEE, utilizam-se duas fases: construção e exploração da relação de sobreclassificação. Na primeira fase, o decisor deve estabelecer o peso de cada critério, e a partir desse valor é obtido o grau de sobreclassificação $\pi(a,b)$ para cada par de alternativas:

$$\pi(a,b) = \sum_{i=1}^n p_i \cdot F_i(a,b) \quad (2)$$

onde, p_i é o peso de cada critério i , e $F_i(a,b)$ é a função da diferença entre o desempenho das alternativas para cada critério i . Existem seis formas básicas para a função $F_i(a,b)$, em que o decisor pode representar suas preferências usando a forma mais adequada para cada critério: critério usual; quase critério; limiar de preferência; pseudo critério; área de indiferença e critério gaussiano. Estas funções podem ser encontradas em Almeida (2014) e Brans; Mareschal (2002).

Após a primeira fase, é feita a exploração da relação de sobreclassificação, observando-se o fluxo de saída Φ^+ e entrada Φ^- de cada alternativa:

$$\Phi^+(a) = \sum_{b \in A} \pi(a,b) \quad (2)$$

$$\Phi^-(a) = \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad (4)$$

E para o PROMETHEE II é utilizado o fluxo líquido $\Phi(a)$ para estabelecer uma pré-ordem completa entre as alternativas, a partir das relações de preferência e indiferença entre duas alternativas (Almeida, 2014).

No decorrer um processo de resolução de um problema multicritério, a visualização gráfica pode ser utilizada em várias etapas, como descreve Anderson (1994, p. 134): antes do processo, na apresentação dos dados; durante o processo, enquanto o método específico é aplicado; no final do processo, na apresentação dos resultados; ou então de forma interativa, em que o usuário pode manipular e simular enquanto está em processo.

Em todas essas etapas, a utilização de visualização contribui de forma positiva no processo decisório, uma vez que os princípios básicos de processamento de dados visuais, descritos por Wickelgren (1979), declaram que: i) ler informações de texto ou ouvi-las não é suficiente para gerar conhecimento necessário para tomar decisão; ii) o sistema visual humano tem uma arquitetura de processamento de informação eficiente, que permite tirar conclusões mais rápidas com demandas visuais; iii) o sistema visual humano é também sensível para mover objetos e alterar formas, o que possibilita transformar situações complexas em representações visuais interativas mais simples.

Desta forma, diversos tipos de visualização gráfica podem ser utilizados em problemas de decisão, podendo ser alteradas conforme a especificidade de cada problema. Neste artigo serão avaliados os tipos de representações gráficas que melhor auxiliam na tarefa de compreensão e avaliação de um problema no contexto multicritério, e apresentadas as estimativas da porcentagem de acertos quando utilizadas essas representações.

2. Representações Gráficas em Problemas Multicritério

O objetivo da visualização gráfica em problemas multicritério, conforme Miettinen (2014), é auxiliar na melhor compreensão sobre os dados e fenômenos subjacentes, representando todo o sistema de estudo e focando nos detalhes e componentes mais importantes do problema. Desta forma, o decisor obtém maior conhecimento sobre os *insights* do problema para efetuar uma escolha mais adequada.

Os estudos apresentados por Vetschera (1994); Anderson (1994); Anderson e Dror (2001); Korhonen e Wallenius (2008) e Miettinen (2014) descrevem alguns dos tipos de representações que podem ser utilizados em problemas multicritério, sendo eles:

- a) *Bar Charts*: um grupo de barras (horizontais, verticais ou em três dimensões) representam os valores das alternativas em relação aos critérios;
- b) *Value Paths*: linhas horizontais de diferentes cores ou estilos representam os valores das alternativas em diferentes critérios;
- c) *Scatter Plots*: são projeções que descrevem as alternativas em um espaço bidimensional, em que as coordenadas podem ser qualquer um dos dois critérios. A matriz consiste em um painel representando cada par de critérios;
- d) *Spider-Web Charts*: este nome se dá em função do seu formato, podendo ser denominado também de gráfico radar. Cada alternativa é apresentada por um radar, ou posicionadas em um único gráfico;
- e) *Pental Diagram*: um círculo é dividido em k partes iguais (k = número de critérios), e tem-se um círculo para cada alternativa. Cada segmento do diagrama, ou seja, cada critério pode ser associado com uma cor diferente;
- f) *Star Coordinate*: nesta representação, cada alternativa é representada por um círculo, e partindo do centro se têm os critérios. O comprimento do raio representa o valor do critério, e os pontos extremos dos raios são ligados para formar estrelas;
- g) *Multiway Dot Plot*: consistem em painéis dispostos na horizontal, onde cada painel representa uma alternativa, e as linhas representam os níveis com os valores em cada um dos critérios;

Além destes gráficos, que são popularmente mais conhecidos, outros tipos de representação gráfica têm sido discutidos na literatura, tais como *Chernoff's face*; *Harmonious Houses*; *Metroglyphs*; *Stick-figure e Boxes* (Miettinen, 2014; Korhonen; Wallenius, 2008; Anderson, 1994). Porém estes tipos de gráficos exigem um pouco de prática para a interpretação.

3. Desenho do experimento para avaliação das representações gráficas

O objetivo do experimento consistiu em analisar a percepção dos sujeitos ao utilizar ferramentas de visualização gráfica para decidir entre diferentes ações, considerando diferente número de critérios e alternativas para a avaliação. Portanto, trata-se da análise de um problema com um contexto multicritério, considerando apenas a informação gráfica, sem definir um problema específico, para que o entrevistado não tenha nenhum tipo de viés com relação a nomes de critérios e/ou alternativas.

Por se tratar de uma pesquisa exploratória, do tipo *survey*, considerou-se uma amostra não aleatória, definida por quota, ou seja, foram selecionados entrevistados através da escolha pessoal por possuírem determinada característica, mas não necessariamente podem efetivamente representar toda a população.

Os entrevistados selecionados, por conveniência, para participar da pesquisa, respondendo os questionários, foram 27 (vinte e sete) alunos dos cursos de graduação e pós-graduação (doutorado e mestrado) em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Pernambuco. Essa amostra pode não representar de forma significativa toda a população, mas pelo menos representa decisores em situações reais, como demonstram os estudos de Remus (1986) e Hughes; Gibson (1991).

No experimento, foi considerado um número restrito tanto de critérios, quanto de alternativas. Isto devido às limitações de análise e processamento de informações pelo cérebro humano, como descrevem Miller (1956), com a teoria do número mágico sete mais ou menos dois, e Schwartz (1946), com o paradoxo da escolha, e também devido às próprias características das representações gráficas, elencadas por Miettinen (2014).

Também foram definidos aspectos relacionados com peso dos critérios e performance (p_{mn}) das alternativas. As duas configurações para peso dos critérios foram: i) uniforme, ou seja, todos os pesos iguais; ii) crescente uniforme, ou seja, têm uma diferença crescente e constante. E a diferença da performance entre a primeira e segunda, e entre a segunda e terceira alternativas, seguiram a seguinte configuração: i) 5% melhor; ii) 10% melhor. Desta forma, foram criados dois Problemas Padrão distintos, com características específicas, como descrito na Tabela 1:

Tabela 1: Características dos Problemas Padrão

	Problema Padrão A	Problema Padrão B
Característica 1*	5 critérios e 4 alternativas	5 critérios e 5 alternativas
Característica 2**	Crescente uniforme	Uniforme
Característica 3***	10% melhor	5% melhor

*Característica referente a quantidade de critérios e alternativas;

** Característica referente ao peso dos critérios;

*** Característica referente a performance das alternativas.

A performance das alternativas em relação aos critérios foram geradas utilizando a função para geração de números aleatórios, disponível nas ferramentas de Análise de dados do Excel®, e considerando uma distribuição uniforme, no intervalo $\{p_{mn} \in \mathbb{R} / 0 \leq p_{mn} \leq 1\}$. E depois manipuladas para que seguissem as especificações da Característica 3.

Desta forma, foram construídas as matrizes de consequência para cada Problema Padrão, como segue apresentado na Tabela 2 e 3 abaixo, onde os parâmetros definidos por c_n constituem os critérios, e a_n representam as alternativas:

Tabela 2: Matriz Consequência do Problema Padrão A.

	c ₁ Peso (0,34)	c ₂ Peso (0,27)	c ₃ Peso (0,20)	c ₄ Peso (0,13)	c ₅ Peso (0,06)
a ₁	0,62	0,15	0,59	0,77	0,32
a ₂	0,77	0,83	0,32	0,16	0,14
a ₃	0,69	0,75	0,48	0,86	0,29
a ₄	0,61	0,92	0,53	0,7	0,26

Tabela 3: Matriz Consequência do Problema Padrão B.

	c ₁ Peso (0,2)	c ₂ Peso (0,2)	c ₃ Peso (0,2)	c ₄ Peso (0,2)	c ₅ Peso (0,2)
a ₁	0,43	0,93	0,9	0,4	0,84
a ₂	0,6	0,88	0,32	0,44	0,89
a ₃	0,28	0,45	0,95	0,4	0,79
a ₄	0,66	0,56	0,76	0,23	0,54
a ₅	0,63	0,84	0,86	0,42	0,93

A partir destes valores, foram construídos os diferentes tipos de gráficos que foram analisados no experimento. E para evitar o processo de ancoragem por parte dos entrevistados, ao responder a mesma pergunta em diferentes tipos de gráficos, a melhor alternativa foi alterada de um tipo de gráfico para outro, ou seja, os dados da matriz consequência foram invertidos para construção dos diferentes tipos de gráficos. No Anexo A estão apresentados todos os tipos de gráficos utilizados, considerando o Problema Padrão A. Para o Problema Padrão B, foram usados os mesmos tipos de gráficos, alterando apenas os dados para construção.

O questionário foi estruturado com perguntas para identificar a consistência das respostas ao observar as representações gráficas, e foi disponibilizado aos entrevistados por meio do aplicativo Google Forms®, disponível no Google Drive®. Essa pesquisa online possibilitou a aplicação dos questionários independentemente de horário e local definidos.

Em cada tipo de representação gráfica, foi perguntado: “Analisando a representação abaixo, qual seria a sua alternativa mais preferível?”, com opções de respostas de múltipla escolha das alternativas do problema, e também mais duas opções de “Há indiferença entre duas ou mais alternativas” ou “Não foi possível interpretar o gráfico e chegar a uma resposta”. Com as mesmas opções de respostas, a segunda pergunta para a representação exposta foi “E qual seria a sua escolha para a segunda melhor alternativa?”.

As respostas dos entrevistados nestas questões foram comparadas ao resultado obtido por dois métodos de decisão multicritério: Aditivo e PROMETHEE II (considerando critério usual para obter a função $F(a,b)$).

Após a comparação dos rankings, foram obtidas as porcentagens de acertos na respectiva representação gráfica, tanto para a primeira alternativa, quanto para a segunda alternativa mais preferível. E também foram estimados os intervalos de porcentagem de acertos, para identificar em quais tipos de gráficos é possível ter um nível de significância considerável, para ser aplicado em situações reais de análise de decisão multicritério.

4. Resultados

Os resultados da porcentagem de acertos em cada tipo de gráfico, comparados ao ranking obtido pelo método Aditivo, foram organizados para serem apresentadas em forma gráfica, como pode ser visto na Figura 1 abaixo. A primeira parte apresenta o resultado para as questões das alternativas mais preferíveis, enquanto que a segunda os resultados para opção da segunda alternativa mais preferível:

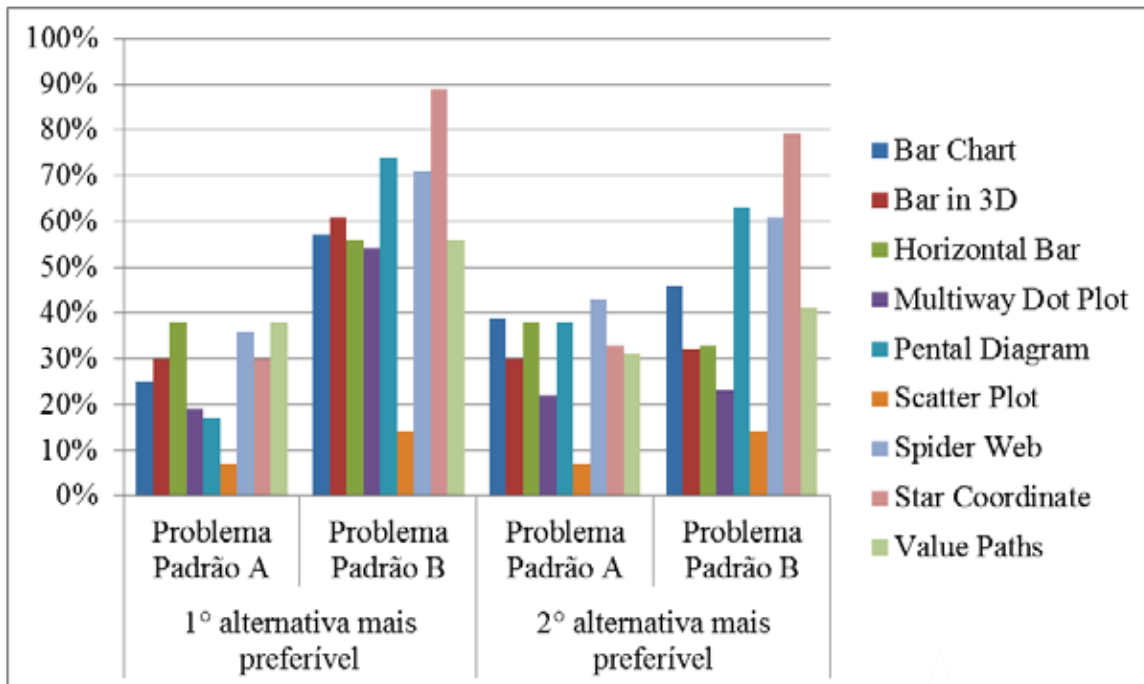


Figura 1: Percentagem de acertos da primeira e segunda alternativas mais preferíveis, considerando a comparação com o Método Aditivo.

O gráfico anterior representa a porcentagem de acertos, considerando a comparação feita com o ranking do método Aditivo, já na figura subsequente a comparação é feita com o método PROMETHEE II. Como no Problema B não houve diferença no ranking obtido pelos dois métodos, para primeira alternativa mais preferível, os resultados são os mesmos. Somente nas outras situações é possível notar a diferença considerando estes dois métodos:

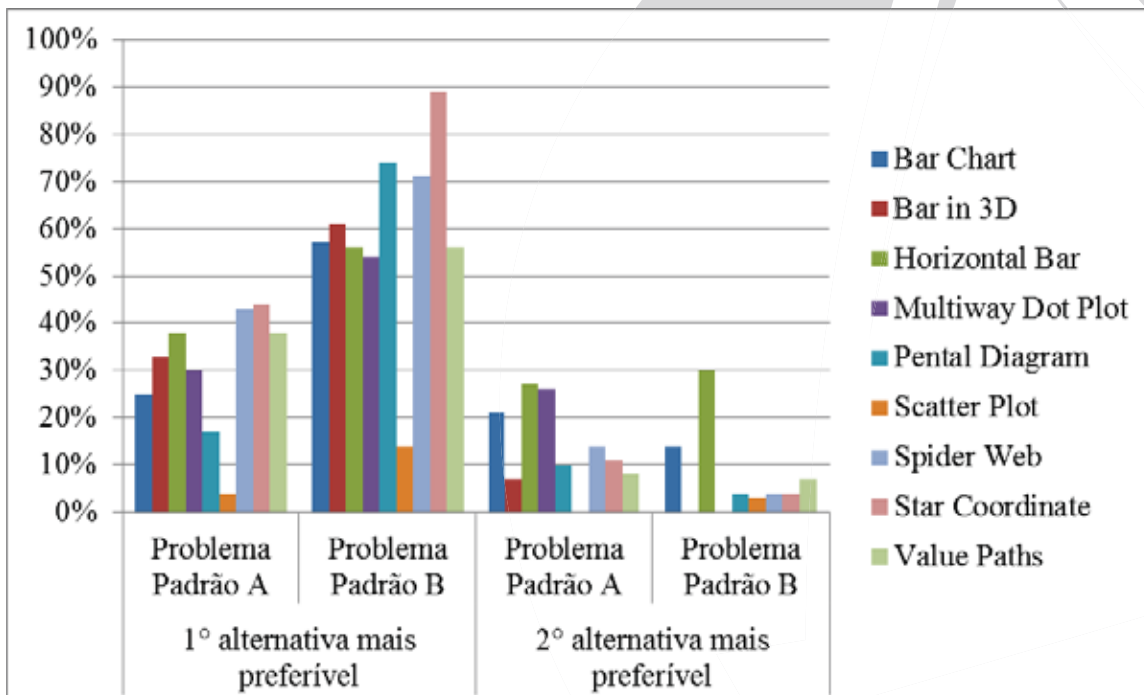


Figura 2: Percentagem de acertos da primeira e segunda alternativas mais preferíveis, considerando a comparação com o Método PROMETHEE II.

Nas questões de múltipla escolha no questionário, além das opções com o nome das alternativas, foi apresentada uma opção de resposta com a frase “*Não foi possível interpretar o gráfico e chegar a uma resposta*”. A porcentagem de entrevistados que tiveram essa opção como resposta, ou seja, que não compreenderam o gráfico, está disposta na Tabela 4:

Tabela 4: Porcentagem que consideraram impossível interpretar o gráfico

	Problema Padrão A		Problema Padrão B	
	1° alternativa mais preferível	2° alternativa mais preferível	1° alternativa mais preferível	2° alternativa mais preferível
Bar Chart	0%	0%	0%	0%
Bar in 3D	15%	19%	14%	18%
Horizontal Bar	4%	4%	4%	7%
Multiway Dot Plot	4%	4%	12%	12%
Pental Diagram	3%	3%	0%	0%
Scatter Plot	82%	79%	83%	79%
Spider Web	4%	4%	4%	4%
Star Coordinate	4%	4%	4%	4%
Value Paths	12%	12%	11%	11%
TOTAL	14,22%	14,33%	14,67%	15,00%

E as estimativas da porcentagem de acertos, considerando um intervalo de confiança de 95% para a amostra com tamanho de vinte e sete entrevistados, estão apresentadas na Tabela 5:

Tabela 5: Estimativa intervalar da porcentagem de acertos.

	Problema Padrão A		Problema Padrão B	
	1° alternativa mais preferível	2° alternativa mais preferível	1° alternativa mais preferível	2° alternativa mais preferível
ADITIVO	(0,09;0,41)	(0,21;0,57)	(0,38;0,76)	(0,27;0,65)
PROMETHEE	(0,09;0,41)	(0,06;0,36)	(0,38;0,76)	(0,01;0,27)
ADITIVO	(0,13;0,47)	(0,13;0,47)	(0,43;0,79)	(0,14;0,50)
PROMETHEE	(0,15;0,51)	(0;0,17)	(0,43;0,79)	0
ADITIVO	(0,20;0,56)	(0,20;0,56)	(0,37;0,75)	(0,15;0,51)
PROMETHEE	(0,20;0,56)	(0,10;0,44)	(0,37;0,75)	(0,13;0,47)
ADITIVO	(0,04;0,34)	(0,06;0,38)	(0,35;0,73)	(0,07;0,39)
PROMETHEE	(0,13;0,47)	(0,09;0,43)	(0,35;0,73)	0
ADITIVO	(0,03;0,31)	(0,20;0,56)	(0,57;0,91)	(0,45;0,81)
PROMETHEE	(0,03;0,31)	(0;0,21)	(0,57;0,91)	(0;0,11)
ADITIVO	(0;0,17)	(0;0,17)	(0,01;0,27)	(0,01;0,27)
PROMETHEE	(0;0,11)	0	(0,01;0,27)	(0;0,09)
ADITIVO	(0,18;0,54)	(0,24;0,62)	(0,54;0,88)	(0,43;0,79)
PROMETHEE	(0,24;0,62)	(0,01;0,27)	(0,54;0,88)	(0;0,11)
ADITIVO	(0,13;0,47)	(0,15;0,51)	(0,77;1)	(0,64;0,94)
PROMETHEE	(0,25;0,63)	(0;0,23)	(0,77;1)	(0;0,11)
ADITIVO	(0,20;0,56)	(0,14;0,48)	(0,37;0,75)	(0,22;0,60)
PROMETHEE	(0,20;0,56)	(0;0,18)	(0,37;0,75)	(0;0,17)

Na Tabela acima, o intervalo (0,41;0,78) apresenta a estimativa variando entre 41 e 78%, com intervalo de confiança de 95%, de um decisor acertar ao escolher a alternativa mais preferível de um problema no contexto multicritério, utilizando o *Bar Chart* e a resposta

comparada com o resultado do método aditivo. Isso significa que, considerando o mesmo modelo amostral, se 100 amostras forem tiradas da população, em 95 delas o índice de acerto irá variar entre 41% e 78%. Esse mesmo princípio de interpretação pode ser seguido para os demais intervalos apresentados.

5. Conclusões

Com o resultado do experimento realizado, foi possível estabelecer alguns parâmetros de quais representações gráficas são mais adequadas em determinada situação ou problema. Embora os resultados não possam ser aplicados para inferir em toda uma população, por causa da amostra com número reduzido de entrevistados, mas estes proporcionam uma base realista, que pode ser considerada em aplicações ou trabalhos futuros.

Se considerarmos a comparação com o método aditivo para a primeira alternativa mais preferível, no Problema Padrão A o percentual de acertos foi baixo em todas as formas de representações gráficas, sendo que na primeira posição estão empatados o *Value Paths* e *Horizontal Bar*, com apenas 38% dos acertos. E a representação *Star Coordinate* ganha a primeira posição, considerando o problema padrão B, com 89% dos acertos. Nestes dois problemas, o *Scater Plots* obteve menor porcentagem de acertos, e também foi a representação gráfica com maior porcentagem de entrevistados que consideraram impossível de interpretar e chegar a uma resposta.

Embora a análise entre os problemas padrão não seja comparativa, visto que os mesmos têm características diferentes, outras considerações puderam ser feitas com relação a diferença percentual de acertos entre a primeira e segunda alternativa mais preferível, e também no que diz respeito a comparação das respostas com os rankings obtidos pelos dois métodos.

A priori, a porcentagem de acertos deveria ser maior na escolha da segunda alternativa mais preferível, uma vez que teria uma opção a menos para análise. Por exemplo, em um problema com quatro alternativas, a escolha da primeira mais preferível parte da análise das quatro alternativas, e para a escolha da segunda mais preferível restam apenas três a serem analisadas. No entanto, observa-se o contrário, salvo algumas exceções como no Problema Padrão A, comparado com método aditivo, nos gráficos *bar chart*, *multiway dotplot*, *pental diagram*, *spider web* e *star coordinate*. Nos demais resultados, a porcentagem de acertos para escolher a primeira alternativa mais preferível foi maior do que para escolher a segunda. Esse fato pode ter ocorrido pelo fato da performance das alternativas não ter uma diferença tão significativa, a ponto do decisor perceber e conseguir fazer um julgamento adequado entre a primeira e segunda alternativa mais preferível, ou então por ter em mente somente a resposta da primeira alternativa mais preferível, e não pensar claramente sobre a segunda.

Como no questionário não foi introduzida perguntas para identificar qual a lógica que o entrevistado teve para escolher determinada alternativa, e também como não foi mencionado que as respostas seriam comparadas com o ranking obtido pelo método aditivo e PROMETHEE II, não sabemos ao certo qual foi o raciocínio que o mesmo teve no momento da escolha. Mas pelo perfil das respostas obtidas, com uma elevada porcentagem de acertos em certos casos quando comparado com o resultado do método aditivo e PROMETHEE II, pode-se considerar que a maioria dos entrevistados teve uma lógica racional, baseada em algum método multicritério, para decidir entre todas as alternativas, as duas mais preferíveis. Também, a comparação com o modelo aditivo teve maior porcentagem de acertos, sendo que em alguns deles, a diferença chega a 75% quando comparado com o PROMETHEE II. Isso evidencia que a maioria dos entrevistados teve um raciocínio compensatório no momento da decisão.

De modo geral, para problemas de decisão multicritério semelhantes aos apresentados e avaliados neste experimento, ou seja, com pouca quantidade de alternativas e critérios, o uso das visualizações gráficas representou um recurso satisfatório para melhorar na compreensão do problema por parte do decisor, podendo este definir suas preferências de forma mais rápida e fácil. Vale ressaltar que cuidados devem ser tomados ao elaborar um modelo a partir de uma representação gráfica, pois alguns aspectos incluídos no gráfico podem não ser facilmente entendíveis do ponto de vista cognitivo.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro.

Referências

- Almeida, A. T.; Morais, D. M. Costa, A. P. C. S., Alencar, L. H., Daher, S. F. D.** *Decisão em Grupo e Negociação: Métodos e Aplicações*. Editora Atlas, 2012.
- Almeida, A.T.** *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério*, 1a Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2013.
- Anderson, R. K.** (1994), Decision Support for multi-objective linear programming using an interactive graphic presentation. *Dissertation (Philosophy with a major in management)*. Department of Management Information Systems, University of Arizona.
- Anderson, R. K.; Dror, M.** (2001), An interactive graphic presentation for multiobjective linear programming. *Applied Mathematics and Computation*, 123. 229-249.
- Belton, V; Stewart, T. J.** *Multiple Criteria Decision Analysis: an integrated approach*. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- Deb, K.** *Multi-objective Optimization using Evolutionary Algorithms*. Wiley: 2001.
- Engau, A.; Wiecek, M. M.** (2007) 2D decision-making for multicriteria design optimization. *Structural and Multidisciplinary Optimization* 34, 301–315.
- Eskelinen, P.; Miettinen K.; Klamroth K.; Hakanen J.** (2010) Pareto navigator for interactive nonlinear multiobjective optimization. *Operations Research Spectrum* 32, 211–227.
- Fleming, P. J.; Purshouse, R. C.; Lygoe, R. J.** (2005) Many-Objective Optimization: An Engineering Design Perspective. In: *Proceedings of the Third international conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization*, 14–32.
- Gettinger, J.; Kiesling E.; Stummer, C.; Vetschera, R.** (2013) A comparison of representations for discrete multi-criteria decision problems. *Decision Support Systems* 54, 976-985.
- Hayez, Q.; Mareschal, B.; Smet, Y.** (2009) New GAIA Visualization Methods. In: *International Conference Information Visualisation*, 13.
- Hughes, C. T.; Gibson, M. L.** (1991), Students on surrogates for managers in a decision making environment: an experimental study. *Journal of Management Information on Systems* 8, 153-166.
- Ishizaka, A.; Nemery, P.** *Multi-criteria Decision Analysis: Methods and Software*. Wiley, 2013.
- Keeney, R. L.** *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision-making*. Cambridge, Mass.: Harvard University, 1992.
- Keeney, R. L.; Raiffa, H.** *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-Offs*. New York: Cambridge University Press, 1993.
- Kiesling, E.; Gettinger, J.; Stummer C.; Vetschera R.** (2011), An Experimental Comparison of Two Interactive Visualization Methods for Multicriteria Portfolio Selection. Portfolio Decision Analysis. *International Series in Operations Research & Management Science* , Volume 162, 187-209.
- Klamroth, K.; Miettinen, K.** (2008), Integrating Approximation and Interactive Decision Making in Multicriteria Optimization. *Operations Research*, 56, 222–234.
- Korhonen, P. A.** (1988) A visual reference direction approach to solving discrete multiple criteria problems. *European Journal of Operational Research* 34. 152-159.
- Korhonen, P.; Wallenius, J.** (2008) Visualization in the Multiple Objective Decision-Making Framework. *Multiobjective Optimization*, 5252, 195–212.
- Mareschal, B.; Brans, J-P.** (1988), Geometrical representations for MCDA. *European Journal of Operational Research*, 34, 69-77.
- Mattson, C. A.; Messac, A.** (2005), Pareto Frontier Based Concept Selection Under Uncertainty,

with Visualization. *Optimization and Engineering*, 6, 85–115.

Miettinen K.; Makela, M. M. *Interactive MCDM support system in the internet*. In: Stewart, T.; Van den Honert, R. Trends in Multicriteria decision making: proceeding of 13, international Conference on Multicriteria Decision Making, 419-428. Springer, Berlin, 1998.

Miettinen K.; Makela, M. M. (2000), Interactive multiobjective optimization system WWW-NIMBUS on the Internet. *Computer & Operations Research*, 27: 709-723.

Miettinen, K. Interactive nonlinear multiobjective procedures. Chapter 5. In: *Multiple criteria Optimization*. Springer: 2002.

Miettinen, K. Survey of methods to visualize alternatives in multiple criteria decision making problems. *Operations Research Spectrum* 36, 3–37, 2014.

Moreno-Jiménez, J. M.; Aguarón, J.; , Cardeñosa, J.; Escobar, M. T.; Salazar, J. L.; Toncovich, A.; Turón, A. (2012), A collaborative platform for cognitive decision making in the Knowledge Society. *Computers in Human Behavior*, 28, 1921–1928.

Remus, W. (1986), Graduate students as surrogates for managers in experiments on business decision making. *Journal of Business Research* 14, 19-25.

Statnikov, R.; Anil, K. A.; Bordetsky, A.; Statnikov, A. (2007), Visualization Tools for Multicriteria Analysis of the Prototype Improvement Problem. In: *Symposium on Computational Intelligence in Multicriteria Decision Making*.

Trinkaas, H. L.; Hanne, T. (2005), knowCube: a visual and interactive support for multicriteria decision making. *Computers & Operations Research* 32, 1289–1309.

Turón, A.; Moreno-Jiménez, J. M. (2006), Graphical Visualisation Tools for AHP-group decision making. In: *Proceedings Group Decision Negotiation 6*, Karlsruhe, Alemanha.

Turón, A.; Moreno-Jiménez, J. M.; Toncovich, A. (2008), A. Group Decision Making and Graphical Visualization in E-cognocracy. *Computación y Sistemas* 12, 183-191.

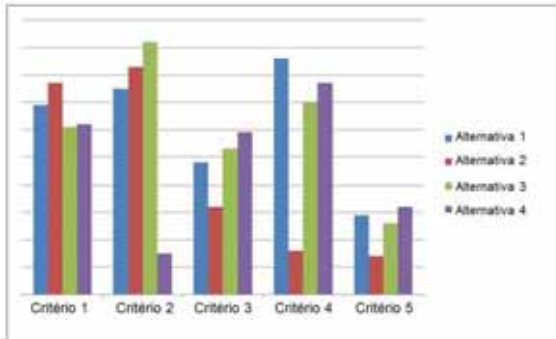
Vetschera R, Gettinger J, Kiesling E, Stummer C. (2010), Visualization methods for multi-criteria portfolio selection: An empirical study. In: 15 *Proceedings International Conference on Decision Support Systems*.

Vetschera, R. (1994) MCView: An integrated graphical system to support multi-attribute decisions. *Decision Support Systems* 11, 363-371.

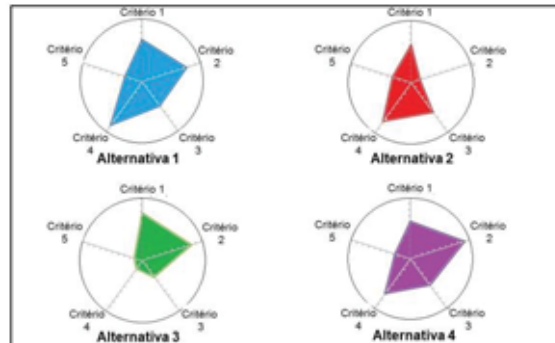
Vetschera, R. (1994b), Visualisierungstechniken in Entscheidungsproblemen bei mehrfacher Zielsetzung. *Operations Research Spectrum*, 16, 227-241.

Wickelgren W. A. *Cognitive Psychology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall; 1979.

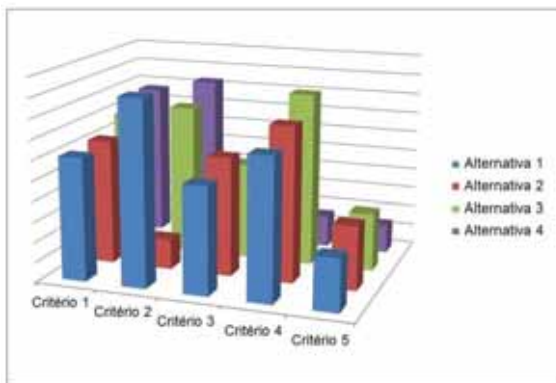
**ANEXO A – REPRESENTAÇÕES GRÁFICAS USADAS NO EXPERIMENTO
(para o Problema Padrão A)**



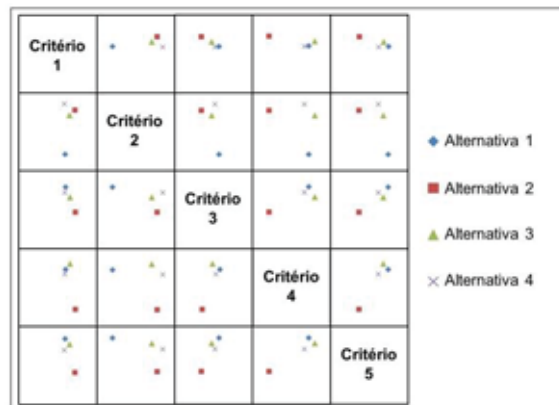
Bar Chart



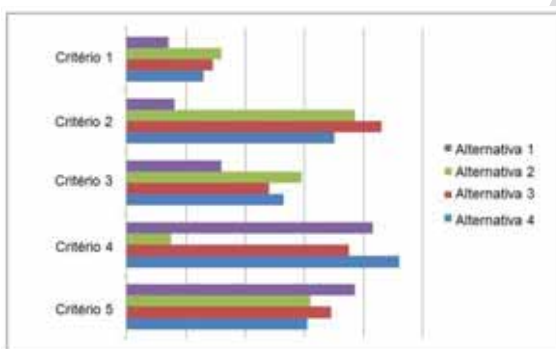
Star Coordinate



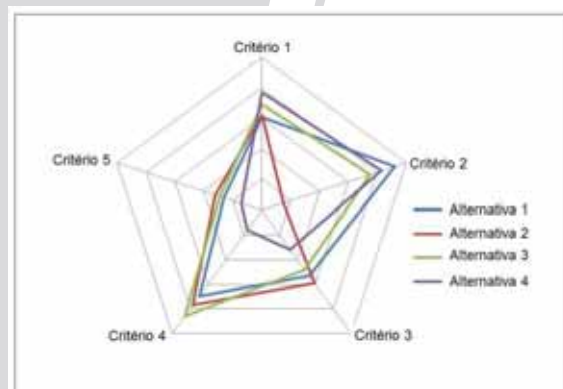
Bar in 3D



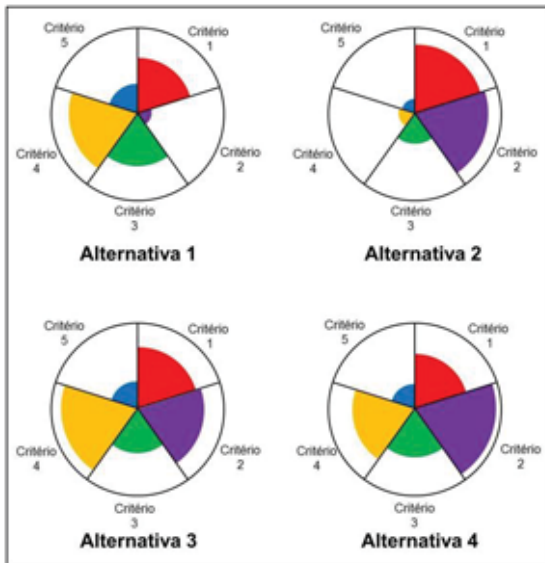
Scatter Plots



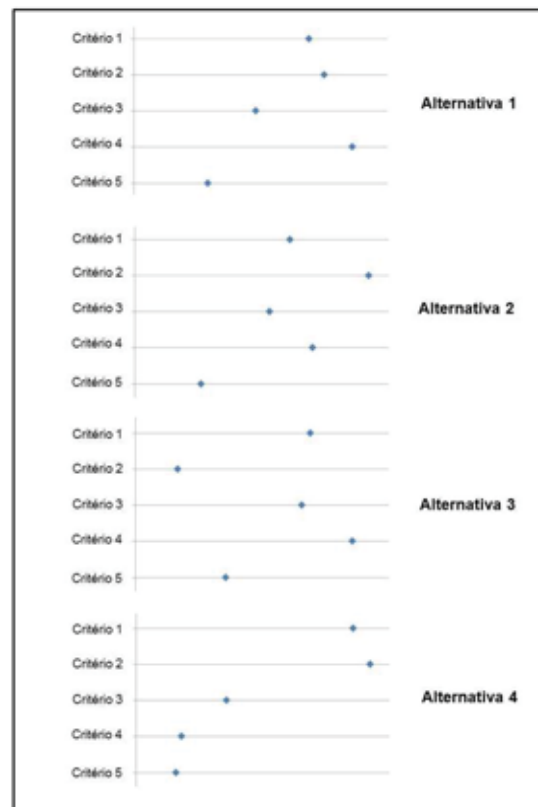
Horizontal Bar



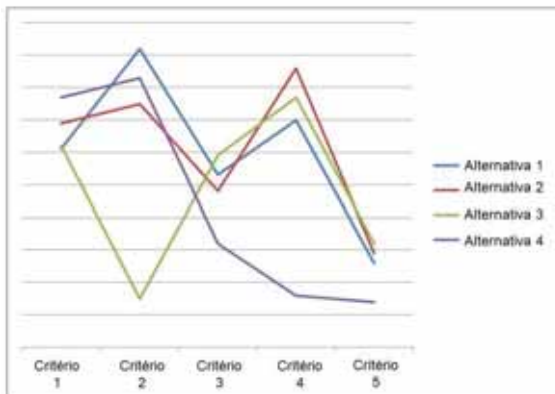
Spider Web Chart



Pental Diagram



Multiway Dot Plot



Value Paths