



DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UMA FERRAMENTA COMPUTACIONAL PARA O MÉTODO MULTICRITÉRIO PROPPAGA: ESTUDO DE CASO DA ORDENAÇÃO DE NAVIOS DE ASSISTÊNCIA HOSPITALAR DA MARINHA DO BRASIL PARA ENFRENTAMENTO DA PANDEMIA DO COVID-19

Felipe Barbosa dos Santos felipe.barbosa@ime.eb.br IME
Marcos do Santos marcosdossantos@ime.eb.br IME

Resumo

Os métodos de Apoio Multicritério a Decisão (AMD) buscam apoiar o tomador de decisão na escolha da alternativa mais preferível entre as várias possíveis, considerando os critérios que caracterizam essa preferência. No entanto, esta tarefa pode-se tornar muito complexa, dependendo do método utilizado. Isto ocorre porque os algoritmos dos métodos nem sempre são de simples aplicação. Desta forma, se torna indispensável o desenvolvimento de ferramentas computacionais que apliquem os algoritmos dos métodos de AMD, tornando viável a utilização dos métodos. Neste contexto, foi desenvolvida a ferramenta computacional apresentada neste artigo. Ela utiliza o método PrOPPAGA em um problema de seleção de classe de Navio de Assistência Hospitalar (NAsH) da Marinha do Brasil para o enfrentamento da pandemia do COVID-19. A principal contribuição deste artigo é apresentar um tutorial para utilização desta ferramenta, de forma a tornar viável a sua utilização pela sociedade.

Palavras chaves

AMD. COVID-19. Ferramenta computacional. Marinha do Brasil. Método PrOPPAGA.

1. Introdução

Os métodos de Apoio Multicritério a Decisão (AMD) buscam apoiar o tomador de decisão na escolha da alternativa mais preferível entre as várias possíveis, considerando os critérios que caracterizam essa preferência. Problemas multicritérios podem ser divididos em contínuos, como programação linear, ou discretos (Kodikara, 2008). Dentro de problemas discretos, alguns métodos definem o conceito de relação de indiferença (ai I aj) e relação de preferência (ai P aj) entre alternativas. Outros acrescentam os conceitos de incomparabilidade entre alternativas, preferência fraca e preferência estrita de uma alternativa em relação a outra (Bana e Costa e Vincke, 1990), utilizando, para sua aplicação, seus respectivos limiares de indiferença e preferência.

Os métodos AMD também são influenciados pela natureza e características dos dados usados. A natureza dos dados está intimamente ligada à escala de medição. Os dados podem ser quantitativos ou qualitativos e podem ser expressos na escala cardinal (quantitativa) ou ordinal (qualitativa) (Saaty, 1980). O ser humano é, portanto, obrigado a tomar decisões, ou a partir de parâmetros quantitativos, ou a partir de parâmetros de medição qualitativos, com forte característica subjetiva. Os parâmetros quantitativos são geralmente mais fáceis de medir do que os parâmetros qualitativos. Por outro lado, as características dos dados referem-se ao fato de os dados serem corretos ou incertos (Öztürk *et al.*, 2005). Atualmente, novos métodos, baseados na Teoria dos Conjuntos Fuzzy, expressam essas incertezas dos dados nebulosos (Chen e Pan, 2021; Dong, 2021; Ji *et al.*, 2021; Karagöz *et al.*, 2021; Liu *et al.*, 2021; Rudnik, 2021; Song *et al.*, 2021; Tang *et al.*, 2021; Tian *et al.*, 2020; Zarei *et al.*, 2021)

Nesse contexto, saber estruturar o processo de tomada de decisão torna-se imprescindível (Barrager, 2016). Via de regra, em problemas multicritério, quanto mais simples a ferramenta analítica, melhor (Raiffa, 2002). Partindo dessa premissa, buscar modelagem com simplificações torna-se salutar, e entender o comportamento das alternativas auxilia nessa tarefa. A simplificação proposta nesta abordagem é a presunção de que as alternativas possuem comportamento gaussiano, ou seja, os dados das alternativas (amostra de valores), em cada um dos critérios considerados, apresentam um histograma em forma de sino (curva normal). A partir disso, os dados das alternativas são normalizados, tendo como referência a média e o desvio padrão da amostra.

Cinelli *et al.*, (2020) enfatizam que especialmente os métodos mais recentes, normalmente mais avançados e permitindo avaliações mais complexas, por não possuírem um software que viabilize uma implementação trivial, prejudicam-se quanto a suas aplicabilidades em várias áreas. Com isso, podemos concluir que a utilização de determinado método, está ligado, muitas das vezes, a disponibilização de um software que permita a implementação do método a um dado caso. A principal contribuição deste artigo é apresentar uma ferramenta computacional para aplicação do método PrOPPAGA, tornando viável a utilização do método pela sociedade.

O restante deste artigo está organizado da seguinte forma. A seção 2 apresenta o método PrOPPAGA. Na seção 3 é apresentada a ferramenta desenvolvida através de um estudo de caso para aplicação do método. Na seção 4 é realizada a conclusão.

2. Método PrOPPAGA

O método PrOPPAGA (Prioridade Observada a Partir da Presunção de Atitude Gaussiana das Alternativas), foi desenvolvido com o intuito de ser simples e eficaz comparado aos métodos consagrados na literatura, especificamente em problemas com muitas alternativas (mais de 30), onde alguns métodos que realizam comparações paritárias se tornam exaustivos para o decisor, e ainda podem incorrer em incossistências, que geram retrabalho.

De acordo com Rezaei, (2015), um problema AMD é normalmente apresentado de acordo com a matriz (1).

$$P = \begin{matrix} & \begin{matrix} c_1 & c_2 & \cdots & c_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} & \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & \cdots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \cdots & p_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & p_{m2} & \cdots & p_{mn} \end{pmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

Onde $\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ é o conjunto de alternativas analisadas, $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ é o conjunto de critérios considerados, e p_{ij} é a pontuação obtida pela alternativa a_i no critério c_j . O objetivo é selecionar a alternativa com o maior valor geral. O valor geral v_i , da alternativa a_i , é calculado através de (2), assumindo-se um peso w_j para o critério c_j ($w_j \geq 0, \sum w_j = 1$).

$$v_i = \sum_{j=1}^n w_j \cdot p_{ij} \quad (2)$$

Na próxima seção, veremos que o PrOPPAGA utiliza a mesma matriz (1) e a equação (2) no seu passo-a-passo.

2.1. Passo-a-passo do Método PrOPPAGA

Nesta seção, será apresentado o passo-a-passo do método.

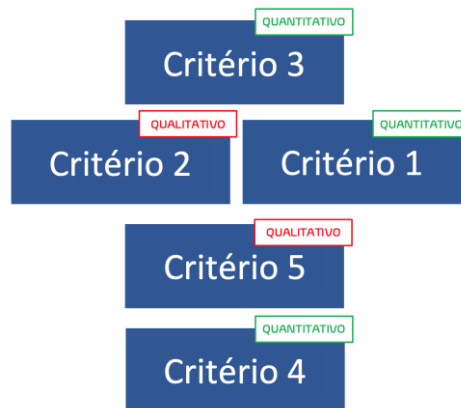
2.1.1. Passo 1. Determinar o conjunto de critérios de decisão

Nesta etapa é definido o conjunto $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$, que será utilizado para a tomada de decisão. Para critérios quantitativos é importante observar quais são monotônicos de custo. Em critérios monotônicos de custo, as alternativas terão os valores dos parâmetros multiplicados por (-1) para expressar o impacto negativo destes valores.

2.1.2. Passo 2. Ordenar os critérios por importância

Uma vez definido C , os critérios devem ser ordenados por ordem de importância (Figura 1), podendo, inclusive, serem equiparados.

Figura 1 – Exemplo de ordenação com cinco critérios.



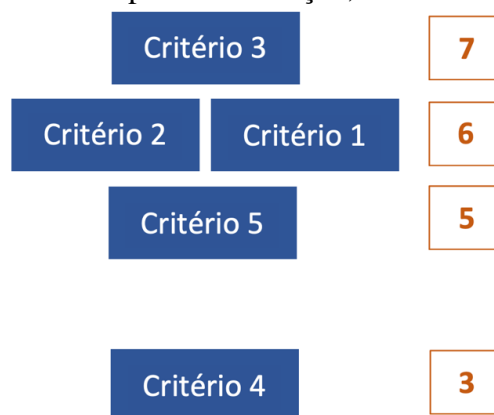
2.1.3. Passo 3. Atribuir grau de importância (s_j) e pesos (w_j) dos critérios

De acordo com o ordenamento realizado no passo anterior, um grau de importância s_j será atribuído a cada critério c_j . O valor máximo de s_j obedece a relação (3).

$$(s_j)_{max} = \begin{cases} n, & \text{se } n > 7 \\ 7, & \text{se } n \leq 7 \end{cases} \quad (3)$$

Onde n é o número de elementos do conjunto C . Ao(s) critério(s) mais importante(s), deve ser atribuído $(s_j)_{max}$. Aos demais critérios, será atribuído um grau de importância menor, de acordo com o ordenamento feito, como podemos observar no exemplo da Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de ordenação, com cinco critérios.

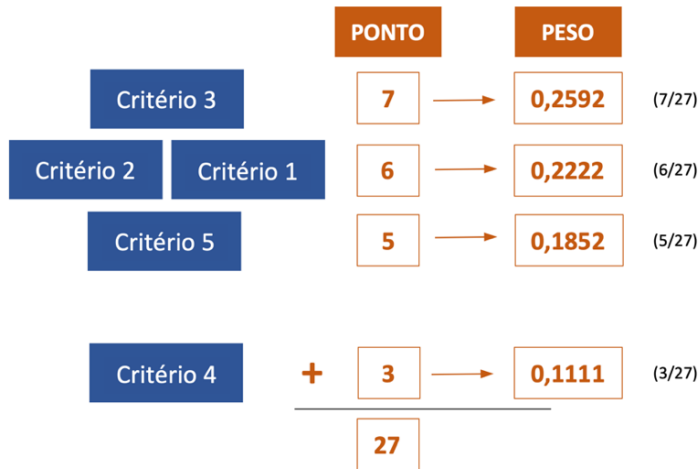


W é definido como o conjunto de pesos dos critérios, onde $W = \{w_1, w_2, \dots, w_j\}$ e w_j o peso do critério c_j . A partir da média ponderada (4), obtemos o valor de w_j .

$$w_j = \frac{s_j}{\sum_{j=1}^n s_j} \quad (4)$$

Com isso, $\sum w_j = 1$, como pode ser observado no exemplo da Figura 3.

Figura 3 – Exemplo de cálculo de peso dos critérios.



2.1.4. Passo 4. Tomar as alternativas

É definido $A = \{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ como o conjunto de alternativas analisadas para a tomada de decisão. Em cada critério, as alternativas apresentam um atributo d_{ij} . Estes atributos forma a Matriz de Decisão M .

$$M = \begin{bmatrix} d_{11} & \dots & d_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{m1} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Espera-se que os atributos dos critérios quantitativos tenham seus valores bem definidos, atrelados à uma unidade de medida. No entanto, é importante observar os critérios monotônicos de custo, pois nestes critérios, os atributos serão representados por valores negativos. Para critérios qualitativos, onde não é possível utilizar uma unidade de medida, os atributos serão definidos por uma escala de sete pontos, onde a performance de cada alternativa é avaliada de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 – Escala de sete pontos do PrOPPAGA

Pontuação	Definição
1	A alternativa não atende as demandas
2	A alternativa atende as demandas bem abaixo do esperado
3	A alternativa atende as demandas um pouco abaixo do esperado
4	A alternativa atende as demandas dentro do esperado
5	A alternativa atende as demandas um pouco acima das expectativas
6	A alternativa atende as demandas bem acima das expectativas
7	A alternativa supera todas as expectativas em relação a este critério

2.1.5. Passo 5. Normalização

Uma vez definidos os atributos, seus valores serão normalizados baseado na presunção de que eles se comportam de forma Gaussiana dentro de cada critério. Então, para cada critério $c_j \in C$, a média μ_j e o desvio padrão σ_j , dos atributos d_{ij} , são calculados.

A probabilidade P de um atributo qualquer x ser menor ou igual que d_{ij} , representa o elemento p_{ij} da Matriz de Decisão Normalizada N .

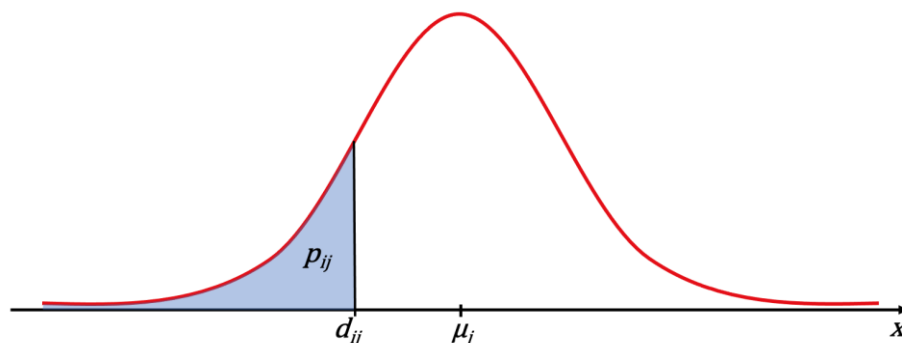
$$N = \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Segundo Albuquerque *et al.*, (2008),

$$p_{ij} = P(x \leq d_{ij}) = \int_{-\infty}^{d_{ij}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_j} e^{-\frac{(x-\mu_j)^2}{2\sigma_j^2}} dx \quad (7)$$

Graficamente, p_{ij} é a área abaixo da curva Gaussiana (definida pela média μ_j e pelo desvio padrão σ_j), limitada à direita por d_{ij} (Figura 4).

Figura 4 – Representação gráfica de p_{ij} .



2.1.6. Passo 6. Agregação

O valor geral v_i é calculado pela equação (2), onde v_i representa a cardinalidade da i -ésima alternativa. Uma outra forma de interpretar esta agregação é através da relação $N \cdot w = v$, ou ainda:

$$\begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1 \\ \vdots \\ v_m \end{bmatrix} \quad (8)$$

3. Ferramenta computacional

Um método de AMD, em essência, é um algoritmo que quando aplicado, retorna um resultado para os dados inseridos nele. No entanto, os cálculos/etapas que são realizados ao longo deste processo nem sempre são triviais, ou mesmo, de domínio de quem o emprega. Desta forma, o desenvolvimento de ferramentas computacionais possibilita que um usuário que não domine o algoritmo de um determinado método possa utilizá-lo, sem incorrer em erros

conceituais, uma vez que a interatividade com o usuário faz com que o mesmo seja guiado durante todo o processo de emprego do método. Neste contexto, mesmo que o algoritmo de uma determinada abordagem seja relativamente simples, o desenvolvimento de uma ferramenta computacional se torna essencial para disseminação deste método AMD na sociedade.

A ferramenta computacional desenvolvida para aplicação do método PrOPPAGA pode ser acessada no sítio eletrônico www.proppaga.com.br. Ela foi desenvolvida em linguagem PHP, através da IDE Apache NetBeans 12.2. A fim de apresentar a ferramenta, será mostrado uma aplicação dela em um problema real, de forma a se observar o passo-a-passo a ser seguido.

3.1. Estudo de caso

A fim de apresentar a ferramenta computacional desenvolvida para o método PrOPPAGA, ela será utilizada na ordenação de quatro Navios Hospitalares da Marinha do Brasil para apoiar o combate à pandemia de covid-19. O problema foi exposto por Costa *et al.*, (2020), que aplicou o método THOR 2 para solucioná-lo.

Diante do cenário de pandemia de covid-19, o sistema de saúde de diversas localidades do país foram levados ao limite. Neste contexto, a Marinha do Brasil surge como um aliado no enfrentamento à pandemia. A Marinha do Brasil dispõe de Navios de Assistência Hospitalar (NAsH) sediados na região Norte e Centro-Oeste do país. Estes navios desempenham a função de hospitais flutuantes que, normalmente, já operam na região amazônica, levando apoio de saúde às comunidades ribeirinhas.

No navio selecionado seria implantado um Hospital de Campanha (HCAMP) para atender pacientes acometidos de doenças não contagiosas, a fim de desonerar os hospitais de Manaus e cidades próximas, ou mesmo de cidades mais distantes, dependendo do agravamento da pandemia na região.

As classes de Navio analisadas foram: “Oswaldo Cruz”, “Dr. Montenegro”, “Soares Meirelles” e “Tenente Maximiano”. Os critérios utilizados para a tomada de decisão foram:

Manobrabilidade: Capacidade do navio se deslocar ao adentrar e atracar em portos com pouca profundidade, comuns nas regiões ribeirinhas. Este é um critério qualitativo.

Tripulação (unidade): Quantidade de pessoal embarcado para operar o navio. Uma tripulação numerosa diminui o conforto a bordo. Entende-se que quanto menor a tripulação, melhor.

Raio de ação (milhas náuticas): Distância máxima que o navio consegue alcançar, saindo de sua sede e a ela retornando, sem necessidade de reabastecimento.

Velocidade Máxima (nós): Critério auto explicativo, onde quanto maior a velocidade máxima, melhor.

Capacidade de evacuação de pacientes: Outro critério qualitativo. É levado em consideração as possibilidades de meios para a transferência de pacientes, por razões de ordem médica, para outras unidades de saúde.

Capacidade hospitalar: Considera os tipos de atendimentos médicos possíveis, bem como a quantidade de leitos disponíveis e a possibilidade de uma eventual ampliação deste número, por meio da instalação de um HCAMP a bordo.

O grau de importância atribuído à cada critério é mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Grau de importância de cada critério

Critério	Grau de importância
Manobrabilidade	3
Tripulação	2
Raio de ação	3
Velocidade Máxima	6
Capacidade de evacuação de pacientes	7
Capacidade hospitalar	7

Os dados operativos dos Navios analisados podem ser observados na Tabela 3. Estes dados serão utilizados, futuramente, para definir a Matriz de Decisão.

Tabela 3 (Continua) – Dados operativos dos Navios analisados

Critério	Característica	NAsH Dr. Montenegro	NAsH Oswaldo Cruz	NAsH Soares Meirelles	NAsH Tenente Maximiano
Manobrabilidade	Comprimento	42	47,2	63	31,06
	Largura (m)	11	8,45	12	6,5
	Calado (m)	2,4	1,75	2,1	1,02
	Deslocamento Máximo (ton)	347	490	1338	160
Tripulação	Número de pessoas	60	27	47	23
Raio de ação	Em milhas náuticas	3.200	3.000	6.000	1.100
Velocidade Máxima	Em nós	10	12	12	12
Capacidade de evacuação de pacientes	Recursos de evacuação de pacientes	2 lanchas para transporte de pessoal	Convoo capaz de operar um helicóptero Bell Jet Ranger IH-6 ou Esquilo UH-12, além de 2 lanchas para transporte de pessoal	2 lanchas para transporte de pessoal	2 lanchas para transporte de pessoal

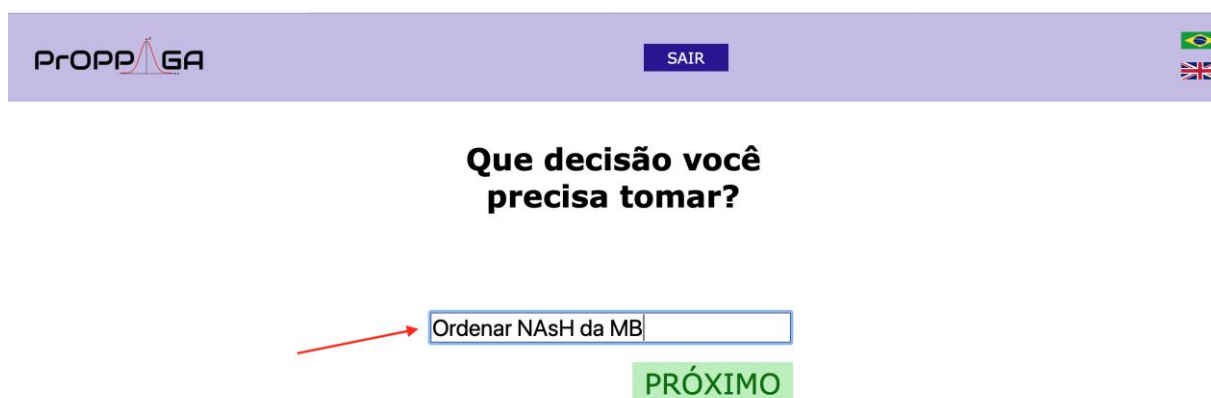
Tabela 3 (Conclusão) – Dados operativos dos Navios analisados

Critério	Característica	NAsH Dr. Montenegro	NAsH Oswaldo Cruz	NAsH Soares Meirelles	NAsH Tenente Maximiano
Capacidade hospitalar	Quantidade de leitos hospitalares disponíveis	6	6	6	3
	Atendimentos médicos disponíveis	3 consultórios, 2 gabinetes odontológicos, 1 laboratório, 1 farmácia, 1 sala de raio X, 2 enfermarias, 1 sala de cirurgia, 1 sala de emergência, UTI	2 ambulatórios, 2 gabinetes odontológicos, 1 laboratório, 1 farmácia, 1 sala de raio X, 2 enfermarias, 1 sala de cirurgia	Consultórios médicos, odontológicos, farmácia, sala de vacinação, sala de raio X, centro cirúrgico, enfermaria, laboratório de análises clínicas	Centro cirúrgico, enfermaria, sala de esterilização, sala de expurgo, farmácia, laboratório, consultório médico, consultórios odontológicos, 1 compartimento equipado com aparelho de raio-X

Fonte: Costa et al (2020)

Para utilização da ferramenta computacional do PrOPPAGA é necessário, após acessar o endereço eletrônico, informar que decisão precisa ser tomada (Figura 5) e clicar em “PRÓXIMO”.

Figura 5 – Qual decisão precisa ser tomada.



Então será solicitado que informe quantos critérios serão utilizados para esta tomada de decisão (Figura 6).

Figura 8 – Grau de importância de cada critério

Defina a importância de cada Critério

Pelo menos um dos critérios deve ter peso máximo

Critério	Importância
Manobrabilidade	3
Tripulação	2
Raio de ação	3
Velocidade Máxima	6
Capacidade de evacuação	7
Capacidade hospitalar	7

VOLTAR PRÓXIMO

Com o grau de importância dos critérios definidos, a própria ferramenta calcula o peso de cada critério. No entanto, esta informação só será exibida para o usuário na última etapa, que é a exibição do resultado.

A próxima etapa é a adição de alternativas (Figura 9). As alternativas são inseridas uma a uma. Importante observar que é solicitado nesta etapa os atributos dos critérios quantitativos. Após inserir as informações referente a uma alternativa deve se clicar no botão “+” para adicionar a alternativa à lista de alternativas.

Figura 9 – Adicionar alternativas

Adicionar Alternativas

NOVA ALTERNATIVA

Oswaldo Cruz

Tripulação: 27

Raio de ação: 3000

Velocidade Máxima: 12

+

ALTERNATIVAS

VOLTAR PRÓXIMO

As alternativas vão sendo adicionadas à lista de alternativas que fica à direita da tela. Após todas as alternativas serem inseridas, deve-se clicar em “PRÓXIMO” (Figura 10) para ir para a próxima etapa.

Figura 10 – Lista de alternativas completa

Adicionar Alternativas

NOVA ALTERNATIVA

Tripulação

Raio de ação

Velocidade Máxima

ALTERNATIVAS

- Oswaldo Cruz
- Dr. Montenegro
- Soares Meirelles
- Tenente Maximiano

Após todas as alternativas serem preenchidas, clicar em "PRÓXIMO"

Uma vez que todas as alternativas tenham sido inseridas, com as respectivas informações nos critérios quantitativos, será solicitado que seja feita a avaliação das alternativas nos critérios qualitativos (Figuras 11, 12 e 13), de acordo com a escala de sete pontos (Tabela 1).

Figura 11 – Avaliação do critério qualitativo Manobrabilidade

Avalie as alternativas em cada critério

Manobrabilidade

Avaliação dos critérios "QUALITATIVOS" →

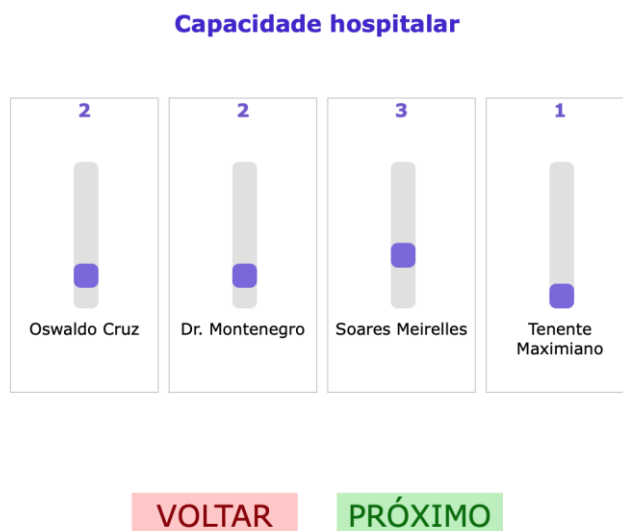
- Oswaldo Cruz: 3
- Dr. Montenegro: 3
- Soares Meirelles: 1
- Tenente Maximiano: 4

Figura 12 – Avaliação do critério qualitativo Capacidade de evacuação

Capacidade de evacuação

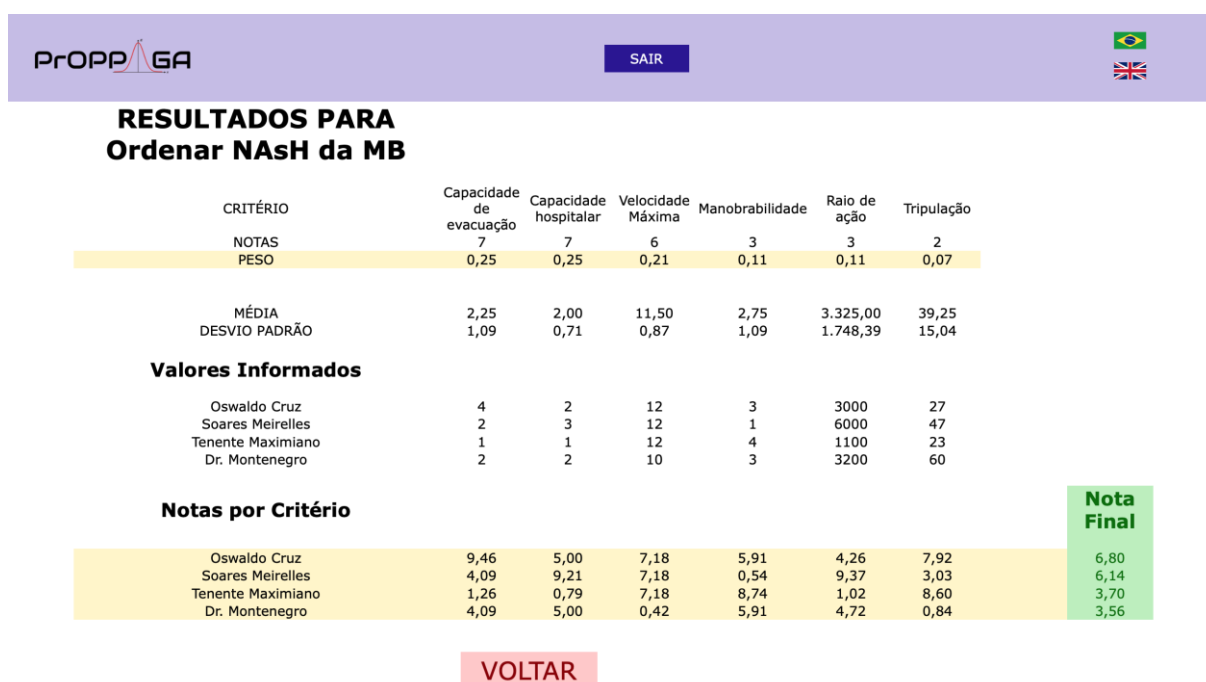
- Oswaldo Cruz: 4
- Dr. Montenegro: 2
- Soares Meirelles: 2
- Tenente Maximiano: 1

Figura 13 – Avaliação do critério qualitativo Capacidade hospitalar



Os critérios são exibidos em sequência. Abaixo do último critério, aparece o botão “PRÓXIMO”, que deve ser acionado após o preenchimento de todos os critérios. Então será exibido o resultado encontrado (Figura 14), onde além deste resultado, são exibidos também todos os valores utilizados pelo método ProPPAGA durante o processo.

Figura 14 – Resultado do ProPPAGA



Corroborando o que fora proposto por Costa *et al.*, (2020), através do método THOR 2, o resultado obtido pelo ProPPAGA apresenta exatamente a mesma ordenação das alternativas. Indicando que a melhor alternativa é o NASH Oswaldo Cruz. A cardinalidade exposta pela ferramenta apresenta os valores encontrados pelo método ProPPAGA multiplicado por 10, a fim de enfatizar as diferenças de valores gerais entre as alternativas. O resultado é exposto em ordem decrescente destes valores.

4. Conclusão

A ferramenta computacional apresentada neste artigo possibilita a tomadores de decisão aplicar o método PrOPPAGA para auxiliá-los em problemas complexos. O fato dela estar disponível na internet, possibilita ao usuário sua utilização a qualquer tempo, em qualquer lugar, sem necessidade de instalar nenhum arquivo para isso e sem limitações de sistemas operacionais. Tal disponibilidade, aliada a uma interface gráfica amigável e de fácil compreensão torna a utilização do método PrOPPAGA viável, mesmo para aqueles que desconhecem seu algoritmo.

O PrOPPAGA se mostra eficaz, uma vez que seus resultados foram validados por comparação ao método THOR 2. O que também corrobora o trabalho de Costa *et al.*, (2020), trazendo robustez para a proposta de indicação da classe NAsH Oswaldo Cruz para o enfrentamento da pandemia do covid-19.

Esta ferramenta não tem restrições de uso, podendo ser utilizada tanto no meio civil, como no meio militar. Também pode ser utilizada tanto no meio público, quanto no meio privado. Desta forma, entende-se que o objetivo deste artigo fora alcançado, disponibilizando para a sociedade uma ferramenta computacional para aplicação do método PrOPPAGA.

Referências

- Albuquerque, J. P., Fortes, J. M., e Finamore, W. (2008) *Probabilidade, Variáveis Aleatórias e Processos Estocásticos*. Interciência.
- Bana e Costa, C., e Vincke, P. (1990) Multiple Criteria Decision Aid: An Overview. *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Springer Berlin Heidelberg.
- Barrager, S. M. (2016) A new engineering profession is emerging: decision coach. *IEEE Engineering Management Review*, 44(2), 33–40. Apresentado em IEEE Engineering Management Review. doi:10.1109/EMR.2016.2568765
- Chen, L., e Pan, W. (2021) Review fuzzy multi-criteria decision-making in construction management using a network approach. *Applied Soft Computing*, 102, 107103. doi:10.1016/j.asoc.2021.107103
- Cinelli, M., Kadzinski, M., Gonzalez, M., e Slowinski, R. (2020) How to support the application of multiple criteria decision analysis? Let us start with a comprehensive taxonomy. *Omega*, 96, 102261. doi:10.1016/j.omega.2020.102261
- Costa, I. P. de A., Maêda, S. M. do N., Teixeira, L. F. H. de S. de B., Gomes, C. F. S., e Santos, M. D. (2020) Choosing a hospital assistance ship to fight the covid-19 pandemic. *Revista de Saúde Pública*, 54, 79. doi:10.11606/s1518-8787.2020054002792
- Dong, J. (2021) Fuzzy best-worst method based on triangular fuzzy numbers for multi-criteria decision-making. *Information Sciences*, 25.
- Ji, Y., Xu, Y., Qu, S., Xu, Z., Wu, Z., e Nabe, M. (2021) A Novel Two-Stage Multi-Criteria Decision-Making Method Based on Interval-Valued Pythagorean Fuzzy Aggregation Operators with Self-Confidence Levels. *Ara-bian Journal for Science and Engineering*, 46(2), 1561–1584. doi:10.1007/s13369-020-04681-6
- Karagöz, S., Deveci, M., Simic, V., e Aydın, N. (2021) Interval type-2 Fuzzy ARAS method for recycling facility location problems. *Applied Soft Computing*, 102, 107107. doi:10.1016/j.asoc.2021.107107
- Kodikara, P. N. (2008) *Multi-Objective Optimal Operation of Urban Water Supply Systems*. Victoria University, Australia.
- Liu, P., Zhu, B., e Wang, P. (2021) A weighting model based on best–worst method and its application for environmental performance evaluation. *Applied Soft Computing*, 103, 107168. doi:10.1016/j.asoc.2021.107168
- Öztürk, M., Tsoukiàs, A., e Vincke, P. (2005) PREFERENCE MODELLING. *MULTIPLE CRITERIA DECISION ANALYSIS*, 45.
- Raiffa, H. (2002) Decision Analysis: A Personal Account of How It Got Started and Evolved. *Operations Research*,

50(1), 179–185. doi:10.1287/opre.50.1.179.17797

Rezaei, J. (2015) Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53, 49–57. doi:10.1016/j.omega.2014.11.009

Rudnik, K. (2021) Ordered fuzzy WASPAS method for selection of improvement projects. *Expert Systems With Applications*, 18.

Saaty, T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill International Book Company. Obtido de <https://books.google.com.br/books?id=Xxi7AAAAIAAJ>

Song, Y., Thatcher, D., Li, Q., McHugh, T., e Wu, P. (2021) Developing sustainable road infrastructure performance indicators using a model-driven fuzzy spatial multi-criteria decision making method. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110538. doi:10.1016/j.rser.2020.110538

Tang, C., Xu, D., e Chen, N. (2021) Sustainability prioritization of sewage sludge to energy scenarios with hybrid-data consideration: a fuzzy decision-making framework based on full consistency method and fusion ranking model. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(5), 5548–5565. doi:10.1007/s11356-020-10544-2

Tian, G., Hao, N., Zhou, M., Pedrycz, W., Zhang, C., Ma, F., e Li, Z. (2020) Fuzzy Grey Choquet Integral for Evaluation of Multicriteria Decision Making Problems With Interactive and Qualitative Indices. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 1–14. doi:10.1109/TSMC.2019.2906635

Zarei, E., Ramavandi, B., Darabi, A. H., e Omidvar, M. (2021) A framework for resilience assessment in process systems using a fuzzy hybrid MCDM model. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 69, 104375. doi:10.1016/j.jlp.2020.104375