

# **SELEÇÃO DE UM NAVIO-HOSPITAL PARA A MARINHA DO BRASIL: UMA ANÁLISE A PARTIR DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO SAPEVO-M E THOR 2**

**José Victor de Pina Corriça**  
jvctor97@gmail.com  
MB

**Arthur Pinheiro de Araújo Costa**  
thurcos91@gmail.com  
MB

**Igor Pinheiro de Araújo Costa**  
costa\_igor@id.uff.br  
UFF

**Marcos dos Santos**  
marcosdossantos@ime.eb.br  
IME

**Carlos Francisco Simões Gomes**  
cfsg1@bol.com.br  
UFF

**Resumo:** O Programa de Obtenção de Meios de Superfície (PROSUPER) visa adquirir novos meios para a Marinha do Brasil. Levando-se em consideração que o Programa de Reaparelhamento da Marinha tem por objetivo adquirir um navio-hospital no período entre 2023 e 2030, este artigo tem por objetivo assessorar a Força na tomada de decisão do melhor navio-hospital a ser adquirido. Para isso, utilizou-se para a análise dos pesos o método de Apoio Multicritério à Decisão SAPEVO-M e para análise das alternativas e critérios utilizou-se o método de Apoio Multicritério à Decisão THOR 2. Foram comparados seis navios a luz de seus critérios operativos e hospitalares. O navio escolhido seria empregado inicialmente no apoio ao Covid-19 e, além disso, a Marinha do Brasil teria seu primeiro navio-hospital pronto para operar e prestar apoio num possível conflito militar, fornecendo auxílio médico-hospitalar na zona de combate. Após a aplicação destes métodos, o navio-hospital USNS Mercy foi selecionado como o mais aconselhável para ser adquirido.

**Palavras Chave:** Navio-hospital - Marinha do Brasil - Covid-19 - -

## 1. INTRODUÇÃO

O Programa de Obtenção de Meios de Superfície (PROSUPER) visava, inicialmente, à construção de cinco navios-patrolha oceânicos (NPaOc), cinco fragatas polivalentes e um navio de apoio logístico (NApLog), além da obtenção de capacitação tecnológica para projetar modernas belonaves no país. Contudo, a realidade orçamentária tornou necessário rever e escalonar, ao longo do tempo, as prioridades de renovação do Poder Naval brasileiro. Até 2047, está prevista a obtenção de um total de 276 navios e embarcações, o que representa uma redução de seis unidades, em relação ao número previsto em 2009. Dentre estes navios, de acordo com o Programa de Reaparelhamento da Marinha, está previsto a aquisição de um navio-hospital no período compreendido entre 2023 e 2030 (CORREA, 2012).

A nova pandemia de doença do coronavírus (covid-19) aparentemente representa o maior e mais rápido desafio para os sistemas de saúde pública em décadas. À medida que o vírus e seu impacto se espalham, os sistemas de saúde em todo o mundo respondem com medidas de proteção em grande escala e realocação de recursos para tentar conter seu avanço (RASMUSSEN; KOELLING, 2020).

Pesquisas e recomendações de especialistas identificaram estratégias para aumentar a capacidade hospitalar e gestão do fluxo de pacientes, dentre as quais se destaca o atendimento naval de pacientes. Os Estados Unidos, por exemplo, têm usado o USNS Comfort, navio-hospital com capacidade para 1.200 leitos (KNUDSON; JACOBS; ELSTER, 2020).

Neste contexto, o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) é usado para descrever um conjunto de abordagens formais que buscam levar em conta de forma explícita vários critérios para ajudar as partes interessadas e grupos a explorar decisões importantes (BELTON; STEWART, 2002).

Apesar da diversidade de abordagens, métodos e técnicas multicritério, os componentes básicos do AMD são um conjunto finito ou infinito de ações (alternativas, soluções, cursos de ação, etc.), pelo menos dois critérios e pelo menos um Decisor (DM – *Decision Maker*). Diante desses elementos básicos, o AMD é uma atividade que auxilia na tomada de decisões, principalmente no que se refere à escolha, classificação ou ordenação das ações (GRECO; FIGUEIRA; EHRGOTT, 2016).

O objetivo deste artigo é analisar as capacidades operativas e hospitalares de seis navios-hospitais, a fim de assessorar a Marinha do Brasil (MB) na tomada de decisão no que tange a obtenção de um navio-hospital. Para isso, utilizou-se para a análise dos pesos o método de Apoio Multicritério à Decisão SAPEVO-M e para análise das alternativas e critérios utilizou-se o método de Apoio Multicritério à Decisão THOR 2.

O navio selecionado seria empregado primariamente no atendimento a pacientes portadores do coronavírus (Covid-19), visando desonerar os leitos dos hospitais que se encontram com lotação máxima. Além disso, a Marinha do Brasil teria seu primeiro navio-hospital, pronto para operar e proporcionar assistência médico-hospitalar a seus militares, sendo de extrema relevância para o país diante de um possível conflito, pois teria a capacidade de fornecer apoio médico próximo de zonas de guerra.

A metodologia adotada neste artigo foi revisão da literatura, baseando-se em artigos científicos e sites. Além disso, foi realizada consulta a três Oficiais da Marinha do Brasil com vasta experiência na área, a fim de estabelecer os critérios que foram utilizados.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. O MÉTODO ORDINAL SAPEVO-M

Segundo Gomes e Gomes (2019), o resultado que se pretende obter em determinado problema de AMD pode ser identificado entre quatro tipos de problemática de referência, descritas como:

a) Problemática  $P.\alpha$  – visa esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto de alternativas o mais restrito possível. Portanto, o resultado pretendido é uma escolha;

b) Problemática  $P.\beta$  – visa esclarecer a decisão por uma triagem resultante da alocação de cada alternativa a uma classe (ou categoria). Portanto, o resultado pretendido é uma ação de classificação;

c) Problemática  $P.\gamma$  – visa esclarecer a decisão por uma organização obtida pelo reagrupamento de parte ou de todas as ações em classes de equivalência, que são ordenadas de modo parcial ou completo, conforme as preferências do(s) decisor(es). Portanto, o resultado pretendido é um procedimento de ordenação ou ranking;

d) Problemática  $P.\delta$  – visa esclarecer a decisão por uma descrição das ações e de suas consequências. Portanto, o resultado pretendido é um procedimento cognitivo ou uma descrição.

O método SAPEVO-M (*Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors - Multi Decision Makers*) representa uma nova versão do método de AMD ordinal SAPEVO proposto inicialmente por Gomes, Mury e Gomes (1997), para problemas especialmente do tipo  $P.\gamma$ . Segundo Teixeira *et al.* (2019), esta evolução da versão original estendeu o emprego do método para múltiplos decisores.

O método SAPEVO-M transforma as preferências ordinais de critérios em um vetor de pesos de critérios; integra os critérios do vetor de diferentes DMs; transforma as preferências ordinais de alternativas para um determinado conjunto de critérios de classificação em um peso parcial de alternativas e determina as preferências globais de alternativas. As informações de preferência são fornecidas na forma de um conjunto de comparações entre pares de algumas alternativas (GOMES *et al.*, 2020).

Este método AMD possibilita a utilização de apenas um decisor. Além disso, introduziu um processo de normalização das matrizes de avaliação, incrementando a consistência do modelo. Evitando a necessidade de uma pré ordem dos critérios, e a mesma ser obrigatoriamente de consenso dos decisores (Teixeira *et al.* 2019).

Basicamente, o método consiste em dois processos. Preliminarmente, deve ser realizada a transformação da preferência ordinal entre critérios, a ser expressa por um vetor representando os pesos dos critérios. Em seguida, é feita a transformação ordinal da preferência entre alternativas dentro de um determinado conjunto de critérios, expressa por uma matriz. Uma série de comparações pareadas entre as opções quer seja critérios ou alternativas dentro de um determinado critério, denotam as informações de preferência individual de cada decisor (TEIXEIRA, 2019).

Sejam  $c_i$  e  $c_j$  dois critérios dentro de um conjunto de critérios  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_j, \dots\}$ , o grau de preferência entre eles é dado por  $\delta_{c_i c_j}$ , no qual:

$$\delta_{c_i c_j} = 1 \leftrightarrow c_i \cong c_j, \text{ isto é, } c_i \text{ é tão importante quanto } c_j;$$

$\delta_{ci} c_j > 1 \leftrightarrow c_i > c_j$ , isto é,  $c_i$  é mais importante que  $c_j$ ; e

$\delta_{ci} c_j < 1 \leftrightarrow c_i < c_j$ , isto é,  $c_i$  é menos importante que  $c_j$ .

Teixeira *et al.* (2019) afirmam que uma escala de sete pontos expressa a relação entre as alternativas, na qual são mensuradas, relativamente, a importância entre cada opção. A partir da avaliação entre alternativas, é obtido uma matriz com a representação numérica correspondente. A relação entre a escala de preferência e o valor numérico é expressa na Tabela 1.

**Tabela 1:** Relação entre a escala de preferência e valor numérico.

PREFERÊNCIA	ESCALA NUMÉRICA
<<< 1	-3
<< 1	-2
< 1	-1
1	0
> 1	1
>> 1	2
>>> 1	3

Fonte: Próprio autor

Seja  $D$  um conjunto de atores que decidem  $DM$  (*Decision Makers*),  $D = \{DM1, DM2, \dots, DMk, \dots, DMn, \dots\}$  que expressam suas opiniões sobre os critérios em ordem de preferência. Para um agente decisor  $DMk$ , estas informações geram uma matriz de avaliação. A relação entre as duas escalas da tabela 1 permite a transformação da matriz em um vetor coluna  $[V_i]$  (TEIXEIRA, 2019).

Este método prevê, também, terminado o processo de integração da matriz, a normalização do vetor resultante. Esta normalização garante a geração de valores não negativos, por meio da equação  $v_i = [(a_{ij} - \text{Mín } a_{ij}) \div (\text{Máx } a_{ij} - \text{Mín } a_{ij})]$  (Teixeira et al., 2019).

De maneira análoga ao procedimento para obtenção do vetor peso dos critérios, dado um conjunto de alternativas, estas são comparadas par a par, à luz de cada critério. Finalmente, o resultado da preferência entre as alternativas é expresso pelo vetor resultante da multiplicação matricial entre o vetor peso dos critérios  $V$  e a matriz de avaliação das alternativas  $M$ . As alternativas são, então, ordenadas em ordem decrescente dos valores numéricos obtidos, gerando-se o ranking desejado (Teixeira et al. 2019).

O método tem sido aplicado em diversas áreas, como na seleção de um navio de desembarque de tropa para a armada Argentina. (Grego et al. 2019), na escolha de um sistema TMS para uma transportadora (Castro et al. 2019), na seleção de alternativa de projeto de desenvolvimento da produção de um campo offshore (Miranda et al. 2019), na escolha de equipamentos para uma panificadora (Santos et al. 2019), na seleção de um navio da Marinha do Brasil a ser empregado no combate à pandemia de COVID-19 (Costa et al., 2020), dentre outros.

## 2.2. SISTEMA COMPUTACIONAL SAPEVOWEB

O sistema SapevoWeb foi desenvolvido a partir de uma parceria entre o corpo técnico do Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV), um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF) e um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia (IME) (Teixeira *et al.* 2019).

O código do SapevoWeb foi desenvolvido na linguagem Python, pelo uso do framework Django, e HTML por Teixeira, Santos e Gomes (2018). O programa permite a inclusão de um número inteiro suficientemente grande de decisores, critérios e alternativas, limitado apenas pela capacidade de processamento do servidor. A ferramenta pode ser acessada em [www.sapevoweb.com](http://www.sapevoweb.com) (Teixeira *et al.* 2018).

## 2.3. O MÉTODO THOR

O THOR baseia-se em três conceitos axiomáticos/teorias para uso simultâneo: Modelagem de Preferência (aproximando-o da Escola Francesa – modelo não compensatório), Teoria da Utilidade Multiatributo (aproximando-o da Escola Americana – modelo compensatório) e Teorias que tratam da informação imprecisa. A utilização conjunta destas teorias propicia que a atratividade de uma alternativa seja quantificada, pela criação de uma função agregação não transitiva (GOMES; COSTA, 2015). O uso do THOR permite “analisar mais rápida e eficientemente” as alternativas, considerando o não determinismo do processo de atribuição de pesos e quantificar o não determinismo reaplicando-o no processo de ordenação das alternativas (CARDOSO *et al.*, 2009).

Segundo Gomes (GOMES, 2005), as principais contribuições do THOR ao multicritério envolvem:

I. Apresentar um algoritmo híbrido que engloba conceitos da Teoria dos Conjuntos Aproximativos (TCA), Teoria dos Conjuntos Nebulosos, Teoria da Utilidade e modelagem de preferências;

II. Ordenar alternativas discretas em processos decisórios transitivos ou não;

III. Eliminar critérios redundantes, levando em conta se há dualidade na informação por meio da TCA e se ocorre imprecisão no processo decisório mediante a utilização da teoria dos conjuntos nebulosos.

IV. Quantificar a imprecisão, utilizando-a no Método de Apoio Multicritério à Decisão (AMD);

V. Permitir a entrada de dados simultâneos de diferentes decisores, permitindo que os mesmos expressem seu(s) juízo(s) de valor(es) em escala de razões, intervalos ou ordinal;

VI. Permitir que os decisores, no caso de não serem capazes de atribuir pesos a tais critérios, consigam trabalhar sem a atribuição de pesos, uma vez que podem fazer uso de um recurso que atribui pesos aos critérios em uma escala ordinal. O THOR permite a entrada de preferências ordinais para os critérios, gerando pesos para estes, podendo ser classificado, portanto, como método cardinal e parcialmente ordinal; e

VII. Eliminar a necessidade de atribuição de um valor, normalmente arbitrário para a concordância, conforme alguns algoritmos que têm a modelagem de preferências como base.

Para aplicação da metodologia é necessário que o decisor represente a importância relativa entre os critérios na forma de um peso, estabeleça um limite de preferência (p) e de indiferença (q) para cada critério j, estabeleça a discordância e a pertinência dos valores dos

pesos atribuídos a cada critério, assim como a pertinência da classificação da alternativa no critério (GOMES; GOMES; MARANHÃO, 2010).

Diante da falta de segurança e imprecisão no julgamento de valor empregado nos métodos de apoio multicritério à decisão, faz-se necessário quantificar a imprecisão para cada peso e para cada classificação das alternativas. Os decisores devem expressar os níveis de certeza por meio da utilização de índices de pertinência, associando a um elemento do universo um número real do intervalo  $[0,1]$ . Um índice de pertinência igual a 1 corresponde a absoluta certeza, ou seja, o decisor está plenamente seguro do peso atribuído ao critério, enquanto um índice de pertinência igual a zero indica absoluta incerteza. Utilizam-se dois índices de pertinência para refletir o grau de incerteza dos tomadores de decisão, um deles referindo-se aos pesos dos critérios e o outro à classificação das alternativas em cada critério. A retirada de um critério supostamente irrelevante pode conduzir a decisões com altos níveis de imprecisão no caso de existirem critérios com um alto grau de incerteza, ou seja, uma pertinência próxima de zero, ou na existência de alternativas classificadas neste critério com altos valores de imprecisão. Uma alternativa com grande imprecisão, mesmo que apresente uma boa pontuação, pode ser classificada abaixo de uma de menor imprecisão (Gomes *et al.*, 2008).

Dadas duas alternativas a e b, três situações devem ser consideradas na utilização do THOR:  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$ . Na utilização do algoritmo  $S_1$ , as alternativas só têm sua atratividade pontuada em situações onde ocorre  $aP_jb$ . Desta forma, comparando a alternativa a com as demais alternativas, identificam-se os critérios em que ocorre  $aP_jb$ , levando em consideração os limites de preferência (P designa preferência estrita, Q designa preferência fraca), indiferença (I designa indiferença) e discordância, verificando se a condição imposta é satisfeita. Se for satisfeita, sabe-se que a domina b. As relações P, I e Q estão expressas nas equações 1, 2 e 3 respectivamente (Gomes, 1999).

$$aPb \leftrightarrow g(a) - g(b) > +p \quad (1)$$

$$aIb \leftrightarrow -q \leq |g(a) - g(b)| \leq +q \quad (2)$$

$$aQb \leftrightarrow q < |g(a) - g(b)| \leq p \quad (3)$$

As equações (4), (5) e (6) refletem as três situações para que uma alternativa seja classificada melhor do que a outra (Gomes, 1999).

$$S1: \sum_{j=1}^n (w_j | aP_jb) > \sum_{j=1}^n (w_j | aQ_jb + aI_jb + aR_jb + bQ_ja + bP_ja) \quad (4)$$

$$S2: \sum_{j=1}^n (w_j | aP_jb + aQ_jb) > \sum_{j=1}^n (w_j | aI_jb + aR_jb + bQ_ja + bP_ja) \quad (5)$$

$$S3: \sum_{j=1}^n (w_j | aP_jb + aQ_jb + aI_jb) > \sum_{j=1}^n (w_j | aR_jb + bQ_ja + bP_ja) \quad (6)$$

Na utilização do algoritmo  $S_2$ , as alternativas têm sua atratividade pontuada em situações onde ocorre  $aP_jb$  e  $aQ_jb$ . Já na utilização do algoritmo  $S_3$ , as alternativas têm sua atratividade pontuada em situações onde ocorre  $aP_jb$ ,  $aQ_jb$  e  $aI_jb$ . Nos algoritmos  $S_2$  e  $S_3$ , verifica-se um cenário mais flexível, no qual uma menor diferença entre as alternativas permite classificar uma alternativa como melhor que outra (RANGEL; GOMES, 2010).

A depender do modelo, o critério pode ser classificado como verdadeiro-critério, quase-critério ou pseudocritério. No modelo verdadeiro-critério, qualquer diferença entre os valores da função (ou critério)  $g$  implica uma situação de preferência estrita, ocorrendo à situação de indiferença quando a  $f(g)$  assume o mesmo valor tanto para  $a$  quanto para  $b$ . No entanto, é razoável admitir que pequenas diferenças  $g(a) - g(b)$  traduzem igualmente uma indiferença entre  $a$  e  $b$ . Dessa forma, pode-se inserir um outro critério denominado limite de indiferença ( $q$ ), representando o maior desvio compatível com uma situação de indiferença entre  $a$  e  $b$ . Neste modelo, denominado quase-critério, a existência de qualquer desvio ligeiramente superior ao limite de indiferença, configura uma situação de preferência estrita. No modelo pseudocritério, estabelecem-se limites de indiferença ( $q$ ) e limites de preferência ( $p$ ). Desta forma, evita-se a ocorrência de uma passagem brusca entre a indiferença e a preferência estrita, criando uma região de preferência fraca ( $Q$ ), que se situa entre a indiferença ( $I$ ) e a preferência estrita ( $P$ ) (Gomes & Gomes, 2019).

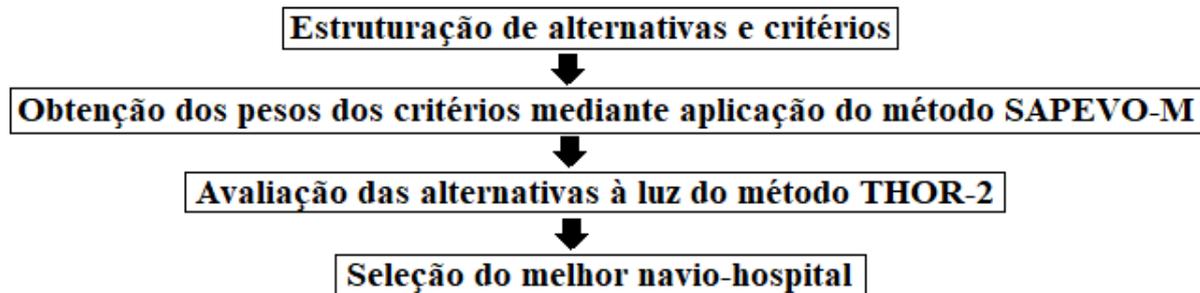
Recomenda-se que o THOR seja utilizado preferencialmente nas situações de pseudocritério e quase-critério, uma vez que o método pode ser utilizado em sua capacidade total. A utilização do THOR na situação do verdadeiro critério, quando os valores de  $p$  e  $q$  assumem valor igual a zero, leva à igualdade dos ordenamentos correspondentes a  $S_1$  e  $S_2$  (Gomes *et al.*, 2008; Gomes, 2005).

Dentre as principais contribuições, destacam-se a aplicação do método multicritério THOR na reciclagem de resíduos no Brasil (Gomes, 2005) e em processos associados à saúde (Gomes *et al.*, 2008). Gomes e Costa (GOMES; COSTA, 2015) aplicaram o método multicritério THOR, juntamente com os métodos ELECTRE (I e II) e PROMETHÉE II, ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito, além da aplicação do método para compra de oportunidade de uma fragata para a Marinha do Brasil (TENÓRIO *et al.*, 2020).

### 3. METODOLOGIA

De acordo com a classificação proposta por Creswell e Creswell (2017), esta pesquisa pode ser caracterizada como qualitativa-quantitativa mista, combinando estudo de caso e modelagem matemática (BERTRAND; FRANSOO, 2002). A Marinha do Brasil é o objeto de pesquisa, apresentado anteriormente nas Seções 1 e 2, juntamente com a justificativa para sua escolha.

Os detalhes do objeto são apresentados na Seção 4, como alternativas no modelo de AMD proposto, que é um navio-hospital a ser adquirido pela Marinha do Brasil. A modelagem matemática aplicada passa por quatro etapas principais, resumidas a seguir (Figura 1): estruturação (identificação do objetivo da decisão, critérios e alternativas); mensuração (designação de pesos para os critérios); avaliação das alternativas e síntese dos resultados obtidos.



**Figura 1:** Passos da metodologia aplicada.  
**Fonte:** Próprio autor

#### 4. ESTUDO DE CASO

Para a viabilidade da análise, três oficiais (DMs) da MB, com larga experiência a bordo de navios, foram consultados. Os autores realizaram entrevistas por meio de videoconferência com os especialistas, que avaliaram seis modelos de navios-hospitais, à luz de sete critérios. Os dados foram coletados em julho de 2021.

##### 4.1. APRESENTAÇÃO DAS ALTERNATIVAS E CRITÉRIOS

###### I – *United States Naval Ship* (USNS) Mercy

Segundo Alim (2015), o USNS Mercy é o maior e mais conhecido navio-hospital do mundo. Operado pelo Military Sealift Command, sua principal função é prestar atendimento hospitalar às forças armadas americanas durante período de guerra e, como missão secundária, fornece serviços hospitalares para apoio à operações humanitárias ao redor do mundo. Este navio opera principalmente no Pacífico e oceano Índico. Uma de suas principais missões foi ter servido tropas da coalizão na primeira Guerra do Golfo, além de também ter sido implantada na operação de socorro *Operation Unified Assistance* em 2004, após a passagem do tsunami no Oceano Índico atingindo diversos países.

A partir de 2006, começou a participar de uma missão chamada Pacific Partnership, onde realiza comissões a cada dois anos para o Pacífico em locais carentes de assistência médica. Até o momento, o USNS Mercy já tratou mais de 400.000 pacientes nesta missão. Além disso, em 2013, contribuiu no auxílio às Filipinas e outras nações após a passagem do tufão Haiyan (ALIM, 2015).

###### II – Navio de salvamento e assistência marítima Esperanza Del Mar

Segundo Castells Icart (2014), o Esperanza Del Mar é um navio-hospital espanhol que está em operação desde 2001 e possui alta manobrabilidade, além de possuir um alcance máximo de até sete mil milhas náuticas.

O principal objetivo deste navio é fornecer assistência médico-hospitalar, logística e resgate a navios de pesca que navegam próximo à área de pesca da Mauritânia e do Saara (CASTELLS ICART, 2014).

###### III – Navio classe Mistral

Segundo Alim (2015), os navios de assalto anfíbio classe Mistral destacam-se pelas suas características polivalentes. Dentre elas está sua capacidade hospitalar, possuindo vinte quartos capazes de acomodar sessenta leitos, duas salas de cirurgia e uma variedade de equipamentos de última geração. Esta classe de navio também possui a capacidade de transportar até dezesseis helicópteros e possui diversos armamentos a bordo como seus dois sistemas de mísseis antiaéreos MBDA Simbad e quatro metralhadoras Browning 12,7 mm M2-HB.

Uma das diversas vantagens deste navio é exatamente o fato de possuir armamento a bordo, pois além de servir como navio-hospital também tem a capacidade de prestar apoio militar durante o período de guerra.

#### IV – Navio hospital Africa Mercy

Segundo Castells (2014), este navio-hospital pertence à ONG Mercy Ships e todos os serviços médico-hospitalares prestados são totalmente gratuito. Sua missão é realizar ações humanitárias por meio da assistência médico-hospitalar.

O Africa Mercy é inteiramente tripulado por voluntários. Todos os 450 tripulantes são responsáveis por todas as tarefas e atividades realizadas pelo navio, inclusive por sua manutenção (CASTELLS ICART, 2014).

#### V – Navio *Royal Fleet Auxiliary* (RFA) Argus

De acordo com Alim (2015), o *Primary Casualty Receiving Ship* (PCRS) RFA Argus é um navio que tem a missão de prestar suporte logístico e operacional à Marinha do Reino Unido, assim como realizar ações humanitárias através de auxílio médico-hospitalar. Uma das principais missões que realizou foi em Serra Leoa, onde proporcionou assistência médica às vítimas do surto de ebola. Além disso, este navio possui armamento a bordo, como suas duas metralhadoras Oerlikon KAA 20mm, além de também possuir a capacidade de transportar até três helicópteros.

O armamento deste navio o coloca em posição privilegiada, pois esta vantagem o permite, além dos auxílios médico-hospitalares, o apoio à Marinha durante o período de guerra.

#### VI – Navio hospital Dr. Soeharso

Segundo Alim (2015), este navio-hospital indonésio tem a capacidade de acomodar até quatrocentas pessoas, sendo setenta e cinco membros da tripulação e sessenta e cinco da equipe médica. Dentre suas diversas missões humanitárias destaca-se a *Pacific Partnership*. Além disso, ele tem a capacidade de transportar aeronave e realiza missões de buscar e salvamento (SAR).

O navio é equipado com um canhão Bofors SAK 40mm L/70 e dois canhões Rheinmetall de 20mm e duas metralhadoras de 12,7mm (ALIM, 2015), o que possibilita que além de realizar ações médico-hospitalares também presta apoio no combate naval em tempos de guerra.

Após consulta aos três Oficiais da Marinha do Brasil com vasta experiência na área, os seguintes critérios foram estabelecidos:

I – Leitos hospitalares: Este critério indica o número total de leitos disponíveis a bordo de cada navio;

II – Comprimento: O comprimento de uma embarcação é a medida entre as partes do casco mais salientes à proa e à popa, medido perpendicularmente à linha d'água;

III – Calado médio: O calado de um navio é a distância vertical entre a superfície da água e a parte mais baixa da quilha de sua quilha. O calado médio é calculado a partir da média aritmética dos calados medidos sobre as perpendiculares a vante e a ré;

IV – Boca: A boca é a largura de uma determinada secção transversal de um navio, medida de um bordo ao outro;

V – Capacidade de realizar evacuação aeromédica (EVAM): Consiste na transferência de pacientes graves, por meio de aeronaves, para uma determinada organização de saúde. Este

fator é de extrema importância para um navio-hospital, pois proporciona celeridade no atendimento de pacientes;

VI – Quantidade de salas de operação: Este critério considera a quantidade total de salas de operação a bordo de cada navio; e

VII – Velocidade Máxima (VMax): Velocidade máxima correspondente ao regime de máxima potência das máquinas. A velocidade máxima de um navio de guerra é raramente utilizada em tempo de paz, pois implica em um maior consumo de combustível e um esforço desnecessário da máquina.

#### 4.2. MATRIZ DE DECISÃO

Para a viabilização do presente estudo, foi realizada pesquisa de literatura para obtenção dos dados operativos e hospitalares de cada navio analisado. Foram coletados dados em artigos acadêmicos (ALIM, 2015) assim como no site Wikiwand (2020).

**Tabela 2:** Dados operativos e hospitalares dos navios avaliados.

	CLASSE MERCY	CLASSE MISTRAL	RFA ARGUS	ESPERANZA DEL MAR	KRI DR. SOEHARSO	AFRICA MERCY
QUANTIDADE DE LEITOS HOSPITALARES	1.000	69	70	30	40	82
COMPRIMENTO (METROS)	272	199	175	97	122	152
CALADO MÉDIO (METROS)	10	6,3	8	4,3	5	6
BOCA (METROS)	32	32	30	17	22	23
CAPACIDADE DE REALIZAR EVAM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	NÃO
QUANTIDADE DE SALAS DE OPERAÇÃO	12	2	1	1	3	5
VELOCIDADE MÁXIMA (NÓS)	17	18,8	18	17	16	18,5

Fonte: Próprio autor.

#### 4.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO THOR 2

A Tabela 3 apresenta as alternativas, critérios, limiares de preferência, discordância e pesos dos critérios utilizados na análise. Cada célula corresponde a uma alternativa de navio classificada no seu respectivo critério. A atribuição dos valores dos pesos, limites de preferência (p), limites de indiferença (q) e discordância para cada critério foi feita mediante uma análise conjunta com especialistas da área.

**Tabela 3:** Alternativas, critérios, pesos e limiares de preferência e discordância.

Navios	Leitos	Comprimento	Calado	Boca	EVAM	Salas	Veloc. máxima
MERCY	1000	-272	-10	-32	2	12	17
MISTRAL	69	-199	-6,3	-32	2	2	18,8
ARGUS	70	-175	-8	-30	2	1	18
ESPERANZA	30	-97	-4,3	-17	2	1	17
SOEHARSO	40	-122	-5	-22	2	3	16
AFRICA M.	82	-152	-6	-23	1	5	18,5

Crítérios	Peso atribuído	Valor de p	Valor de q	Discordância
Leitos	0,28	40	20	1000
Comprimento	0,05	50	30	160
Calado	0,08	2	1	8
Boca	0,0005	7	5	20
EVAM	0,187	0,5	0	3
Salas	0,22	2	1	15
Veloc. máxima	0,169	2	1	5

**Fonte:** Próprio autor

#### 4.4. RESULTADOS OBTIDOS

Mediante a utilização dos dados apresentados na Tabela 3, foi possível gerar as ordenações relacionadas na Tabela 4. Os cálculos foram efetuados por meio de um sistema computacional denominado THOR 2, desenvolvido por Tenório *et al.* (TENÓRIO *et al.*, 2019), no Instituto Militar de Engenharia (IME).

**Tabela 4:** Ordenações relacionadas.

$S_1$	$S_2$	$S_3$
MERCY 2,95	MERCY 3,16	MERCY 3,83
MISTRAL 2,00	MISTRAL 2,18	MISTRAL 3,47
ARGUS 2,00	ARGUS 1,50	ARGUS 2,84
ESPERANZA 2,00	ESPERANZA 1,50	ESPERANZA 1,70
SOEHARSO 2,00	SOEHARSO 1,00	SOEHARSO 1,51
AFRICA MERCY 2,21	AFRICA MERCY 2,72	AFRICA MERCY 3,83

**Fonte:** Próprio autor

Nas situações  $S_1$  e  $S_2$ , foi possível concluir que o USNS foi considerado o melhor navio para o cumprimento da missão. Além disso, ao analisar o algoritmo  $S_3$ , verifica-se que houve empate entre o USNS Mercy e o navio-hospital Africa Mercy.

Portanto, após a aplicação dos métodos, conseguiu-se chegar ao resultado desejado, sendo o USNS Mercy o navio-hospital mais aconselhável a ser adquirido pela Marinha do Brasil.

## 5. CONCLUSÕES

A aquisição de um navio-hospital para a Marinha do Brasil neste momento de pandemia no qual o país se encontra seria de extrema importância, pois além de auxiliar no combate à Covid-19 também seria uma aquisição única, visto que o país não possui nenhum navio deste tipo.

Em face ao exposto, ficou claro que o objetivo deste artigo foi atingido, com a escolha do USNS Mercy como navio-hospital mais adequado a ser adquirido pela Marinha do Brasil. Ressalta-se que tanto o método de Apoio Multicritério à Decisão SAPEVO-M quanto o THOR 2, através de seus softwares, provaram ser bastante precisos em seus cálculos, apresentando resultados altamente confiáveis e concordantes com a realidade.

Por fim, este trabalho traz uma valiosa contribuição para a sociedade, pois representa a aplicação de um método de auxílio à decisão multicritério no estado da arte para contribuir na solução da escolha do primeiro navio-hospital para a Marinha do Brasil.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALIM, A. A. Hospital Ships. **Focus**, 2015.
- BELTON, V.; STEWART, T. **Multiple criteria decision analysis: an integrated approach**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2002.
- BERTRAND, J. W. M.; FRANSOO, J. C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002.
- CARDOSO, R. S. et al. Uso de SAD no apoio à decisão na destinação de resíduos plásticos e gestão de materiais. **Pesquisa Operacional**, v. 29, n. 1, p. 67–95, 2009.
- CASTELLS ICART, J. Esperanza del Mar: estudio y comparación con otros buques hospital. 2014.
- CORREA, F. DAS G. Projeto do submarino nuclear brasileiro: ciência, tecnologia, cerceamento e soberania nacional. **Revista Marítima Brasileira**, v. 132, n. 07–09, p. 11–15, 2012.
- CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. D. **Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches**. [s.l.] Sage publications, 2017.
- GOMES, C. F. S. THOR—Um Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas. **UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil. Tese de Doutorado**, 1999.
- GOMES, C. F. S. Using MCDA methods THOR in an application for outranking the ballast water management options. **Pesquisa Operacional**, v. 25, n. 1, p. 11–28, 2005.
- GOMES, C. F. S. et al. Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil. **Omega**, v. 36, n. 3, p. 395–404, 2008.
- GOMES, C. F. S. et al. **SAPEVO-M: a group multicriteria ordinal ranking method**. **Pesquisa Operacional**, v. 40, 2020.
- GOMES, C. F. S.; COSTA, H. G. Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. **Production**, v. 25, n. 1, p. 54–68, 2015.
- GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. M.; MARANHÃO, F. J. C. Decision analysis for the exploration of gas reserves: merging TODIM and THOR. **Pesquisa Operacional**, v. 30, n. 3, p. 601–617, 2010.
- GOMES, L.; GOMES, C. F. S. **Princípios e métodos para a tomada de decisão: Enfoque multicritério** São Paulo: Atlas, , 2019.
- GRECO, S.; FIGUEIRA, J.; EHRGOTT, M. **Multiple criteria decision analysis**. [s.l.] Springer, 2016. v. 37
- KNUDSON, M. M.; JACOBS, L. M.; ELSTER, C. E. A. How to Partner With the Military in Responding to Pandemics—A Blueprint for Success. **JAMA surgery**, 2020.

RANGEL, L. A. D.; GOMES, L. F. A. M. O Apoio Multicritério à Decisão na avaliação de candidatos. **Production**, v. 20, n. 1, p. 92–101, 2010.

RASMUSSEN, T. E.; KOELLING, E. E. A military perspective on the vascular surgeon's response to the COVID-19 pandemic. **Journal of Vascular Surgery**, v. 71, n. 6, p. 1821–1822, 2020.

TEIXEIRA, L. F. H. DE S. de Barros; SANTOS, Marcos dos; GOMES, Carlos Francisco Simões. Proposta e implementação em python do método Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors-Multi Decision Makers: uma ferramenta web simples e intuitiva para Apoio à Decisão M. **SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA**, v. 19, 2019.

TENÓRIO, F. M. et al. **THOR 2**, 2019.

TENÓRIO, F. M. et al. Estratégia para compra de oportunidade de uma fragata para a Marinha do Brasil a partir do método multicritério THOR. **Revista Valore**, v. 5, p. 43–57, 2020.

WIKIWAND. **Hospital ship**. Disponível em:

<[https://www.wikiwand.com/en/Hospital\\_ship#/Other\\_shipborne\\_hospitals](https://www.wikiwand.com/en/Hospital_ship#/Other_shipborne_hospitals)>. Acesso em: 4 ago. 2020.