

# SELEÇÃO DE UM HELICÓPTERO DE ATAQUE PARA APOIO ÀS OPERAÇÕES ANFÍBIAS DA MARINHA DO BRASIL: UMA ANÁLISE À LUZ DO MÉTODO THOR 2

## SELECCIÓN DE UN HELICÓPTERO DE ATAQUE PARA APOYAR LAS OPERACIONES ANFIBIAS DE LA MARINA DE BRASIL: UN ANÁLISIS A LA LUZ DEL MÉTODO THOR 2

### SELECTION OF AN ATTACK HELICOPTER TO SUPPORT AMPHIBIOUS OPERATIONS OF THE BRAZILIAN NAVY: AN ANALYSIS BASED ON THE METHOD THOR 2

Fernanda Márcia da Silveira Esteves \*  
fernandamse@id.uff.br

Davi Silva de Jesus \*\*  
davisilvajesus09@gmail.com

Fabricao Maione Tenório \*\*\*  
fabricao.tenorio@cefet-rj.br

Marcos dos Santos \*\*\*\*  
marcosdossantos\_doutorado\_uff@yahoo.com.br

Carlos Francisco Simões Gomes \*\*\*\*\*  
cfsgl@bol.com.br

\* Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro – Brasil

\*\* Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Itaguaí – Brasil

\*\*\* Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Itaguaí – Brasil

\*\*\*\* Instituto Militar de Engenharia, Rio de Janeiro - Brasil

\*\*\*\*\* Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro – Brasil

#### Resumo

Atualmente, o Corpo de Fuzileiros Navais demanda um novo modelo de helicóptero que apoie as Operações Anfíbias. Porém, diante das diversas opções existentes no mercado, e com muitos critérios envolvidos, não é uma tarefa simples selecionar o modelo que melhor atenda às necessidades da organização. Diante disso, este trabalho propõe a utilização do Método Multicritério de Apoio à Decisão THOR 2 para a seleção de um helicóptero de ataque para o Corpo de Fuzileiros Navais, em conformidade com os valores expostos por especialistas da Marinha do Brasil. Com a consulta aos especialistas, foi possível coletar informações e dados importantes para a seleção do helicóptero buscado. Nove critérios foram utilizados, sendo eles: armamentos, confiabilidade, sensores, carga máxima, autonomia, manobrabilidade, velocidade máxima, manutenibilidade e custo de aquisição. Em paralelo, nove alternativas de helicópteros foram elencadas: AH-64E Apache, KA-52 Alligator, MI-28N Havoc, AH-1Z Viper, Eurocopter Tiger HAD, TI29 Atak, A129 Mangusta, MI-24 VM e Z-10. O método THOR 2, por meio do Sistema de Apoio à Decisão THOR Web, apontou o helicóptero de ataque AH-64E Apache como a alternativa que melhor se adequa às características da Marinha do Brasil.

PALAVRAS CHAVE: Operações Anfíbias; Fuzileiros Navais; THOR 2.

...

#### Resumen

Actualmente, el Cuerpo de Marines está exigiendo un nuevo modelo de helicóptero que apoye las Operaciones Anfíbias. Sin embargo, dadas las diversas opciones en el mercado, y con muchos

critérios involucrados, no es una tarea sencilla seleccionar el modelo que mejor se adapte a las necesidades de la organización. Por lo tanto, este trabajo propone el uso del Método de Apoyo a la Decisión Multicriterio THOR 2 para la selección de un helicóptero de ataque para el Cuerpo de Marines, de acuerdo con los valores expuestos por los expertos de la marina brasileña. Con la consulta con los especialistas, fue posible recopilar información y datos importantes para la selección del helicóptero buscado. Se utilizaron nueve criterios: armamento, fiabilidad, sensores, carga máxima, autonomía, maniobrabilidad, velocidad máxima, mantenibilidad y coste de adquisición. Paralelamente, se asignaron nueve alternativas de helicópteros: AH-64E Apache, KA-52 Alligator, MI-28N Havoc, AH-1Z Viper, Eurocopter Tiger HAD, T129 Atak, A129 Mangusta, MI-24 VM y Z-10. El método THOR 2, a través del Thor Web Decision Support System, señaló al helicóptero de ataque AH-64E Apache como la alternativa que mejor se adapta a las características de la Marina de Brasil.

**PALABRAS CLAVE:** Operaciones Anfibias; Infantes de Marina; THOR 2.

...

## Abstract

Currently, the Marine Corps is demanding a new helicopter model that supports Amphibious Operations. However, given the various options in the market, and with many criteria involved, it is not a simple task to select the model that best meets the needs of the organization. Therefore, this study proposes the use of the THOR 2 Multicriteria Decision Support Method for the selection of an attack helicopter for the Marine Corps, in accordance with the values exposed by Brazilian navy experts. With the consultation with the specialists, it was possible to collect important information and data for the selection of the helicopter sought. Nine criteria were used: armaments, reliability, sensors, maximum load, autonomy, maneuverability, maximum speed, maintainability and acquisition cost. In parallel, nine helicopter alternatives were allocated: AH-64E Apache, KA-52 Alligator, MI-28N Havoc, AH-1Z Viper, Eurocopter Tiger HAD, T129 Atak, A129 Mangusta, MI-24 VM and Z-10. The THOR 2 method, through the THOR Web Decision Support System, pointed to the AH-64E Apache attack helicopter as the alternative that best suits the characteristics of the Brazilian Navy.

**KEYWORDS:** Amphibious Operations; Marines; THOR 2.

## I. Introdução

A Marinha do Brasil (MB) é responsável pela defesa do território nacional, bem como o Exército Brasileiro e a Força Aérea Brasileira. Juntas, essas instituições militares compõem as Forças Armadas (FA) do Brasil, sendo a MB, a mais antiga dentre elas. A Força Naval atua em defesa das águas marítimas e fluviais nacionais desde o século XVIII, época do período colonial (MINISTÉRIO DA DEFESA, 2020).

Fundada em 1822, a MB surgiu juntamente com a independência do Brasil, quando teve que lutar contra as forças que tentavam manter a colônia sob o domínio dos portugueses. Hoje, a MB é responsável pelo papel reservado do Poder Naval em tempo de paz, respaldando a ação política do governo no campo das relações internacionais e mantendo-se atualizada, pronta a expandir-se quando necessário (MARINHA DO BRASIL, 2020a).

A bacia hidrográfica do Brasil é a mais ampla do planeta, visto que o país tem um litoral de 7,4 mil km de extensão e 3,5 milhões de km<sup>2</sup> de área marítima. Navegação, pesca, turismo, geração

de energia renovável, e, principalmente, extração de petróleo e gás fazem a faixa oceânica, que é fundamental para a economia e a soberania do país, ser chamada de Amazônia Azul (MARINHA DO BRASIL, 2020c).

Diante desse cenário e, ainda, frente à recente descoberta e exploração do Pré-Sal, uma das maiores riquezas náuticas da atualidade, a MB precisa proteger o litoral do país. Portanto, deve-se ter uma estratégia efetiva para monitorar e controlar esse território, conhecer o meio ambiente marítimo e ser capaz de ter rápidas respostas a eventuais crises ou emergências que venham a ocorrer. Algumas das ações tomadas são as constantes operações de monitoramento com suas embarcações e o investimento em projetos, como a construção do primeiro submarino nuclear do hemisfério sul (MARINHA DO BRASIL, 2020c).

Para fazer valer a soberania do país, as FA precisam equipar-se e estar em constante evolução de seu poder bélico. Para tal, a MB dispõe de diversos navios e aeronaves, que garantem o monitoramento e proteção de todo o território marítimo e fluvial brasileiro. A maior parte do seu poder bélico está alicerçado em navios. Contudo, não menos importantes são as aeronaves que complementam os ativos da MB, como caças e helicópteros, que ajudam no monitoramento e proteção do território. Os meios aeronavais podem ser considerados como uma extensão do navio, pois alcançam maiores distâncias, apoiando o Poder Naval, funcionando como olhos e ouvidos da esquadra.

Os Fuzileiros Navais são peças-chave em operações da MB, e podem ser caracterizados como: "Parcela da MB destinada a ações e operações terrestres necessárias a uma campanha naval, bem como à guarda e segurança de instalações navais ou de interesses da MB, e ao respectivo apoio específico" (MARINHA DO BRASIL, 2020b). Ademais, a composição do conjugado anfíbio de uma Marinha é definida como: "Força Naval, com um Grupamento Operativo de Fuzileiros Navais embarcado, juntamente com os meios aeronavais adjudicados, em condições de cumprir missões relacionadas às tarefas básicas do Poder Naval" (MATTOS et al., 2019).

Conforme Infante, Oliveira e Assumpção (2017), os métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) têm sido desenvolvidos para apoiar e conduzir decisores na avaliação e escolha de alternativas consideradas soluções para determinado problema. Ao longo dos anos, com o aumento da utilização dos métodos AMD, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado os métodos existentes.

Neste estudo, para a seleção de um helicóptero de ataque para a MB, foi utilizado o método AMD THOR 2 (Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas). Para isso, foram analisadas as necessidades da instituição para realizar, de maneira mais efetiva, as Operações Anfíbias.

Além da atual seção de introdução, o trabalho conta com a Seção 2, na qual aborda-se o referencial teórico acerca dos assuntos tratados neste estudo. Primeiramente, uma exposição sobre métodos AMD, seguido dos métodos THOR e THOR 2. Na Seção 3, é descrita a metodologia utilizada no estudo e os procedimentos metodológicos da pesquisa. Na Seção 4, são expostos os resultados do estudo, incluindo a utilização do método THOR 2, pelo qual foram obtidas as alternativas hierarquizadas. Por fim, na Seção 5, são apresentadas as conclusões sobre o tema.

## II. Referencial Teórico

### II.1. Métodos Multicritério de Apoio à Decisão

De acordo com Gomes e Moreira (1998), regularmente somos expostos, tanto na vida profissional como pessoal, a problemas que implicam em tomadas de decisão complexas. Essa complexidade é gerada pelas características peculiares desses tipos de problemas, que podem não ter os critérios e as alternativas de solução claramente definidos, ou alguns critérios de avaliação conflitantes entre si. Além disso, há a possibilidade da existência de critérios quantificáveis e outros, com base em um julgamento de valor.

Na década de 70, surgiram os primeiros métodos AMD que resolveriam problemas em que vários eram os objetivos a serem alcançados de forma simultânea. Esses métodos possuem caráter científico e subjetivo, englobando, inclusive, características não quantitativas para auxiliar na tomada de decisão. Os métodos AMD buscam recomendar ações ao tomador de decisão, apoiando-o, sem eleger, no entanto, uma única verdade sobre a alternativa escolhida. A subjetividade apresenta-se nesses métodos, visto que os pesos dos critérios a serem avaliados são atribuídos pelo próprio decisor. Isso deriva em razão de suas preferências, determinando maior ou menor importância para cada um dos atributos a serem analisados, os quais foram previamente selecionados também por ele (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2003).

O analista é aquele encarregado de interpretar e quantificar as opiniões dos decisores, estruturar o problema, elaborar o modelo matemático e apresentar os resultados para a decisão. Pode ser uma única pessoa ou um grupo, que deve estar em constante diálogo e interação com os tomadores de decisão. Embora não seja recomendável, é comum que o analista seja um dos decisores (MELLO et. al., 2003).

Conforme Gomes, Araya e Carignano (2003), dado um problema de decisão, uma das seguintes problemáticas, que não são independentes entre si, pode ser abordada: no Problema tipo  $\alpha$  recomenda-se uma alternativa a ser escolhida; no Problema tipo  $\beta$  realiza-se uma classificação (ou triagem) das alternativas, podendo ou não ser ordenadas, aceitando as que parecem "boas" e descartando as que parecem "ruins"; no Problema tipo  $\gamma$  gera-se uma ordenação das alternativas; e no Problema tipo  $\delta$  descreve-se as alternativas de forma a esclarecer a decisão.

Segundo Roy e Bouyssou (1993a), há quatro relações fundamentais das estruturas de preferência de uma alternativa, que são: indiferença, preferência estrita, preferência fraca e incomparabilidade. A indiferença demonstra que existem razões claras e objetivas que justificam a equivalência entre duas alternativas. A preferência estrita significa que há fatores que provam o favorecimento de uma alternativa em detrimento da outra. Já a preferência fraca representa a existência de dúvida entre duas alternativas, pois não existem motivos suficientes para deduzir uma preferência estrita ou indiferença. Por fim, a incomparabilidade representa a inexistência de justificativas que legitimem alguma das relações anteriores.

Muitas classificações são empregadas para designar os métodos AMD. Dentre elas, a de maior repercussão é a que subdivide os métodos da Escola Americana e da Escola Francesa, também designada Escola Europeia (RANGEL e GOMES, 2010). De acordo com Tenório, Santos e Simões

(2019), a Escola Americana tem um conjunto de métodos voltados à utilização da Teoria da Utilidade Multiatributo. Outro conjunto, denominado Métodos Interativos, tem a finalidade de especificar resultados aplicando programação matemática, com o intuito de aproximar-se do critério associado às alternativas. A Escola Europeia, entretanto, não está interessada na obtenção de um critério único de síntese. Por isso, desenvolve relações de sobreclassificação para amparar os tomadores de decisão no confronto entre as alternativas em uma abordagem por pares, sendo possível ranquear as suas preferências de formas distintas.

A modelagem de preferências foi desenvolvida por Bernard Roy, durante a década de 70, sendo a base da Escola Francesa de Apoio Multicritério à Decisão (ROY e BOUYSSOU, 1993b). Segundo Acolet (2008), na Escola Francesa aplica-se a incomparabilidade entre duas alternativas, fazendo com que não sejam necessárias a hierarquização e a aplicação matemática para distinguir o valor delas. Para Roy e Vanderpooten (2005), as prioridades dos decisores, neste caso, influenciam menos nas escolhas das alternativas, diferentemente da Escola Americana, onde é necessário o esclarecimento das prioridades.

A Teoria da Utilidade Multiatributo, também conhecida como Critério Único de Síntese, é derivada da corrente de pensamento americana e é mais subjetiva. Isso se dá, pois o decisor avalia determinadas alternativas, gerando um score para cada uma com base no desempenho apresentado em cada critério. Portanto, a solução escolhida é a que obtiver maior pontuação (GUARNIERI, 2015). Para Fontes (2016), os métodos mais significativos dessa abordagem são o Multiple Attribute Utility Function (MAUT), desenvolvido principalmente por Keeney e Raiffa (1993) e o Método de Análise Hierárquica, conhecido como AHP (Analytic Hierarchy Process), criado por Saaty (1980).

Já a abordagem de Sobreclassificação ou Subordinação, advinda da corrente francesa, é considerada mais equilibrada, pois o tomador de decisão compara as alternativas par a par, verificando a primazia em cada critério. Assim, a alternativa selecionada é aquela que possui desempenho satisfatório e é superior na maioria dos critérios (GUARNIERI, 2015). Conforme Fontes (2016), os principais métodos da abordagem de Sobreclassificação são a família ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la Réalité), inicialmente proposto por Roy (1968) e a família PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations), cuja referência pioneira é o artigo de Brans, Mareschal e Vincke (1984).

Uma das classificações existentes para a metodologia multicritério é a segmentação entre métodos compensatórios e não compensatórios. Os métodos compensatórios são aqueles em que se uma das alternativas tiver um desempenho ruim em um determinado critério, pode ser compensada com outro critério que tenha bom desempenho. O mesmo não se aplica nos métodos não compensatórios (FENERICH e STEINER, 2017). Os métodos MAUT e AHP são classificados como compensatórios, enquanto as famílias ELECTRE e PROMETHEE são apontadas como métodos não compensatórios (LÓPEZ, 2010).

Além dos métodos AMD pertencentes às Escolas Americana e Francesa, há os métodos AMD híbridos, ou seja, que contêm diversos elementos técnicos dessas abordagens, em conjunto. Para Rangel e Gomes (2010), como exemplos, têm-se o Método TODIM (Tomada de Decisão Interativa Multicritério) e o Método MACBETH (Measuring Attractiveness by a Category Based

Evaluation Technique). Porém, para Tenório, Santos e Simões (2019) esses métodos seriam pertencentes à Escola Americana. O método THOR 2, abordado e empregado no presente trabalho, é considerado híbrido (TENÓRIO et al., 2020).

## II.II. O Método THOR

O método AMD THOR foi proposto por Gomes (1999) e é baseado na modelagem de preferência (assemelhando-se à Escola Francesa) e nas Teorias Multiatributo e de Utilidade (aproximando-o da Escola Americana). O uso dessas teorias possibilita que a atratividade de uma alternativa seja quantificada pela criação de uma função de agregação não transitiva (GOMES e COSTA, 2015). O método THOR proporciona uma análise mais rápida e eficiente das alternativas, considerando e quantificando o não-determinismo do processo de atribuição de pesos e reaplicando-o no processo de ordenação das alternativas (CARDOSO et al., 2009).

De acordo com Gomes et al. (2008), o THOR confere as seguintes vantagens: permite quantificar incertezas no processo de priorização; sugere a eliminação de critérios que não impactam na ordenação das alternativas; pode ser aplicado a processos de decisão transitivos e não transitivos; é mais fácil de operar e gera soluções mais rapidamente. O método permite, simultaneamente, a entrada de dados de mais de um decisor, possibilitando que eles expressem seus juízos de valor em escala de razões, intervalos ou ordinal (GOMES e COSTA, 2015).

Para a aplicação do método, é necessário que se estabeleçam os seguintes parâmetros: um peso para cada critério, representando a importância relativa entre eles; limites de preferência ( $p$ ), limites de indiferença ( $q$ ) e valores de discordância ( $D$ ) para cada critério; pertinência dos pesos e pertinência da classificação das alternativas (GOMES et al., 2010).

A quantificação da imprecisão para cada peso e classificação das alternativas pode ocorrer, uma vez que o julgamento de valor empregado nos métodos AMD nem sempre é expresso de maneira segura e precisa (GOMES e COSTA, 2015). Os níveis de certeza dos tomadores de decisão são apresentados por meio de índices de pertinência, associando cada elemento a um número real do intervalo  $[0,1]$ . O índice de pertinência 1 (um) corresponde à absoluta certeza, enquanto o 0 (zero), à absoluta incerteza. Mesmo que uma alternativa com grande imprecisão tenha uma boa pontuação, ela pode ser classificada abaixo de outra que seja mais precisa (GOMES et al., 2008).

Na aplicação do método THOR, dadas duas alternativas  $a$  e  $b$ , três cenários devem ser analisados:  $S1$ ,  $S2$  e  $S3$ . Comparando as alternativas, é possível verificar os critérios onde ocorrem  $aPb$  (preferência forte de  $a$  sobre  $b$ ),  $aQb$  (preferência fraca de  $a$  em relação a  $b$ ),  $alb$  (indiferença entre as alternativas) e discordância. Para Gomes e Costa (2015), o estabelecimento de uma discordância para cada critério reside no fato de que não existem critérios em que a intensidade de preferência de  $b$  em relação a  $a$  ultrapasse um limite aceitável. As associações  $P$ ,  $I$  e  $Q$  estão expostas nas equações (1), (2) e (3), respectivamente (RANGEL e GOMES, 2010).

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

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

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

Onde,

$g(a)$ : Valor da alternativa  $a$  dentro de um critério;

$g(b)$ : Valor da alternativa  $b$  dentro de um critério.

Para cada situação de análise, S1, S2 e S3, é pontuada a atratividade de diferentes formas para os conjuntos de alternativas. Sendo assim, no emprego da situação S1, a pontuação só se dá em eventos onde há preferência forte de  $a$  sobre  $b$  ( $aPb$ ). Na situação S2, as alternativas são pontuadas quando os critérios são identificados como  $aPb$  e  $aQb$ . Já na situação S3, as alternativas recebem a pontuação da sua atratividade quando ocorre  $aPb$ ,  $aQb$  e  $alb$  (RANGEL e GOMES, 2010).

Nas situações S2 e S3, é observado um cenário um pouco mais flexível, já que com uma menor diferença entre as alternativas em cada critério é possível classificar uma alternativa como melhor que outra. Podemos observar as situações S1, S2 e S3 nas equações (4), (5) e (6), respectivamente (RANGEL e GOMES, 2010).

$$S1 = \sum_{j=1}^n (w_j | aP_j b) > \sum_{j=1}^n (w_j | aQ_j b + aI_j b + aR_j b + bQ_j a + bP_j a) \quad (4)$$

$$S1 = \sum_{j=1}^n (w_j | aP_j b + aQ_j b) > \sum_{j=1}^n (w_j | aI_j b + aR_j b + bQ_j a + bP_j a) \quad (5)$$

$$S1 = \sum_{j=1}^n (w_j | aP_j b + aQ_j b + aI_j b) > \sum_{j=1}^n (w_j | aR_j b + bQ_j a + bP_j a) \quad (6)$$

O critério pode ser classificado como verdadeiro-critério, quase-critério ou pseudo-critério. No primeiro modelo, diferenças entre valores da função (ou critério)  $g$  indicam preferência estrita, e quando  $f(g)$  assume o mesmo valor para  $a$  e  $b$  ocorre a situação de indiferença. Mas, é razoável admitir que pequenas diferenças  $g(a)-g(b)$  significam também indiferença entre  $a$  e  $b$ , portanto, pode-se inserir outro critério que representa maior desvio compatível com essa indiferença: o modelo quase-critério. Nele, a existência de qualquer desvio ligeiramente superior ao limite de indiferença, representa uma situação de preferência estrita. Já no modelo pseudo-critério, são estabelecidos limites de indiferença e preferência, evitando, assim, uma transição brusca entre a indiferença ( $I$ ) e a preferência estrita ( $P$ ), criando uma região de preferência fraca ( $Q$ ), que se situa entre elas (GOMES, ARAYA e CARIGNANO, 2003).

É recomendado que o THOR seja utilizado, preferencialmente, em situações de pseudo-critério e quase-critério, dado que o método pode ser usufruído em sua total capacidade. A utilização do método na condição de verdadeiro critério, quando os valores de  $p$  e  $q$  assumem valores iguais a zero, resulta na igualdade dos ordenamentos correspondentes à S1 e S2 (GOMES et al., 2008; GOMES, 2005).

### II.II.I Teoria dos Conjuntos Aproximativos (TCA) e TCA Nebulosa

A TCA aborda a granularidade da elaboração do problema, utilizada para representar o conhecimento, tratamento da incerteza e imprecisão. A granularidade bloqueia a revelação de

estruturas ou padrões de classificação (PAWLAK, 1982), contribuindo na transformação dos dados em conhecimento e buscando elementos que não têm seus atributos precisamente definidos (ALENCAR e COSTA, 2002).

A vantagem da TCA é não necessitar de informações preliminares ou adicionais a respeito dos dados, sendo a primeira metodologia não estatística para análise de dados (SHAFER, 1976; JOYCE, 2019). Quando a TCA indica um critério como suficiente para ordenar as alternativas, entende-se que os demais critérios são irrelevantes para a solução do problema. Isso ocorre pela proximidade na classificação das alternativas e seus pesos (GOMES et al., 2007).

De acordo com Gomes e Gomes (2014), a importância da TCA está em: avaliar a importância de um critério particular, definindo um conjunto mínimo de critérios para um processo de decisão; eliminar redundâncias na tabela de decisão; gerar um conjunto mínimo de regras de decisão; gerar um grupo de regras incluindo todas as possibilidades existentes; e tratar informações quantitativas e qualitativas.

A TCA Nebulosa apura a relevância do critério, certificando se a exclusão do critério irrelevante aumenta a nebulosidade do processo decisório. Caso aumente a quantificação da imprecisão, sugere-se não retirar o critério, ficando a cargo do decisor sua permanência ou não (ALENCAR e COSTA, 2002).

### II.II.II THOR 2

O método THOR passou por uma evolução axiomática, na qual realizaram-se algumas modificações após análise do algoritmo original, originando o método THOR 2 (TENÓRIO, 2020). Houve distinção na atribuição dos pesos no somatório de pontuações para  $aI_jb$  e  $aQ_jb$  em S1, S2 e S3. As comparações nas quais ocorrem  $aI_jb$  trazem consigo metade do peso do respectivo critério e os casos em que ocorrem  $aQ_jb$  carregam uma proporção entre a metade do peso do critério ( $aI_jb$ ) e a totalidade ( $aP_jb$ ). A equação é descrita em (7) (TENÓRIO, 2020).

$$peso_i * (((a_i - q_i) / (p_i - q_i)) * 0.5 + 0.5) \quad (7)$$

Convenciona-se, em situações que ocorrem  $aP_jb$ ,  $aQ_jb$  e  $aI_jb$ , que o valor do peso do critério seja multiplicado pelo índice nebuloso-aproximativo, deteriorando a comparação em função do grau de segurança do dado. O THOR leva em consideração, apenas, a multiplicação pelo índice na situação  $aQ_jb$ , deteriorando o ganho só nesse caso. Entretanto, o THOR 2 inclui, também, a depreciação da pontuação nas situações de preferência forte e indiferença (TENÓRIO, 2020).

Segundo Tenório (2020), o método THOR 2 representa uma significativa contribuição, uma vez que toda a incerteza presente na atribuição das classificações das alternativas e dos pesos é quantificada. Isso permite que, na falta de dados para classificação das alternativas e dos pesos na matriz de decisão, seja possível estimá-los e atribuir baixo valor de pertinência. Desse modo,

evita-se a eliminação do critério devido à ausência do dado e, mesmo que exista um ganho de pontuação, o peso é deteriorado pelo grau de imprecisão.

O método AMD THOR 2 foi escolhido para utilização no presente estudo devido às características supracitadas. Para tal, este trabalho explora um exemplo prático de situação na qual esse método pode ser empregado a fim de encontrar resultados esclarecedores em processos de tomada de decisão.

### **III. Metodologia**

A pesquisa bibliográfica deste trabalho foi conduzida, principalmente, a partir de bases científicas da MB, que estão disponíveis em seu site e em documentos e revistas institucionais. Ademais, foram consultados artigos em congressos, periódicos, monografias, dissertações e teses, relacionados ao tema abordado, com enfoque aos que continham estudos relativos à utilização do método utilizado no presente trabalho.

Dessa forma, foi possível compreender de forma mais aprofundada sobre os tópicos abordados e buscar informações sobre MB, MCDM, THOR e THOR 2. A revisão bibliográfica, segundo Feltrim, Aluísio e Nunes (2020), estabelece o estudo relatado no trabalho como um elo em uma corrente de pesquisa que está desenvolvendo e aumentando o conhecimento em um campo de atuação.

Para Martins (2008), os resultados devem ser precedidos por um planejamento, a partir de ensinamentos advindos do referencial teórico e das características próprias do caso. Tal situação se verificou no presente trabalho, já que foi possível coletar e analisar dados sobre a MB que contribuíram para o estudo de caso, principalmente a respeito das atividades dos Fuzileiros Navais e os helicópteros operados por eles. Em consulta com especialistas da MB, incluindo pilotos de helicóptero, foram definidos os critérios, os pesos, a classificação das alternativas dos critérios qualitativos, os limites de preferência, os limites de indiferença, as discordâncias e as pertinências para a seleção do modelo de helicóptero buscado.

Após essas etapas, diversas opções de helicópteros foram elencadas, seguindo os critérios determinados como necessários pelos especialistas. Esses modelos foram escolhidos a partir de uma ampla pesquisa dos helicópteros de ataque utilizados ao redor do mundo por suas FA. Os modelos de helicópteros foram validados pelos especialistas. O Sistema de Apoio à Decisão THOR Web, desenvolvido no Instituto Militar de Engenharia (IME), foi utilizado para a realização dos cálculos necessários para o ranqueamento das alternativas definidas.

Em seguida, os resultados obtidos foram analisados e discutidos. Com a ordenação, foi possível estabelecer qual aeronave é mais adequada para aquisição pela MB. É válido ressaltar que a solução encontrada é produto dos critérios pré-estabelecidos e que, se eles forem modificados, pode haver alteração dos resultados.

### **IV. Resultados**

Em uma etapa inicial de consulta aos especialistas da MB, foram definidos, ao total, nove critérios, sendo quatro quantitativos e cinco qualitativos, estabelecidos em consenso pelos especialistas com uma nota em uma escala de 1 a 5, conforme a Tabela I.

Tabela I. Critérios quantitativos e qualitativos.

CRITÉRIO	CLASSIFICAÇÃO	MEDIÇÃO
Carga Máxima	Quantitativo	Tonelada.
Autonomia de Guerra	Quantitativo	Quilômetro.
Velocidade Máxima	Quantitativo	Quilômetro/hora.
Custo de Aquisição	Quantitativo	US\$ Mi.
Confiabilidade	Qualitativo	Nota em escala de 1 a 5, sendo 5 maior confiabilidade.
Manutenibilidade	Qualitativo	Nota em escala de 1 a 5, sendo 5 maior manutenibilidade.
Manobrabilidade	Qualitativo	Nota em escala de 1 a 5, sendo 5 maior manobrabilidade.
Sensores	Qualitativo	Nota em escala de 1 a 5, sendo 5 os melhores sensores.
Armamentos	Qualitativo	Nota em escala de 1 a 5, sendo 5 maior poder de fogo.

Fonte: Autores (2021).

As nove alternativas de helicópteros que foram selecionados para serem avaliados pelos especialistas foram: AH-64E Apache, KA-52 Alligator, MI-28N Havoc, AH-1Z Viper, Eurocopter Tiger HAD, T129 Atak, A129 Mangusta, MI-24 VM e Z-10.

Foram atribuídos, em consenso entre os especialistas, os limites de pertinência ( $p$ ) e indiferença ( $q$ ) e os valores de discordância ( $D$ ) para cada critério, conforme mostrado na Tabela II. Os pesos foram agregados por meio da normalização no THOR 2, de forma a apresentar um único valor normalizado em cada um dos critérios.

Tabela II. Matriz de decisão.

	Carga Máxima (tn)	Autonomia de Guerra (Km)	Velocidade Máxima (km/h)	Custo (US\$ Mi)	Confiabilidade	Manutenibilidade	Manobrabilidade	Sensores	Armamentos
AH-64E Apache	5,33	476	293	65	5	2	5	5	5
KA-52 Alligator	3,10	460	300	32	4	1	3	4	5
MI-28N Havoc	2,10	200	320	18	4	1	4	3	5
AH-1Z Viper	2,79	231	400	31	5	2	4	4	4

Eurocopter Tiger HAD	3,00	800	315	60	5	2	4	5	5
T129 Atak	2,50	561	278	53	4	2	4	4	4
A129 Mangusta	2,07	510	278	35	4	2	4	4	4
MI-24 VM	3,00	435	335	36	4	1	3	3	5
Z-10	1,50	387	270	22	3	2	4	3	3
Pesos	3,429	3,429	3,143	2,857	3,857	3,000	3,429	3,571	4,000
<i>p</i>	0,75	100	90	10	1	1	1	1	1
<i>q</i>	0,25	50	50	5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
<i>D</i>	4,21	660	143	51,7	2,2	1,1	2,2	2,2	2,2

Fonte: Autores (2021).

Na Tabela III, encontram-se as pertinências consideradas para a atribuição dos valores de cada critério para cada alternativa. As pertinências variam em uma escala de 0 a 1, e quanto mais perto de 1, maior é o grau de segurança do dado inserido.

Os valores de pertinência de carga máxima, autonomia e velocidade dos helicópteros são 1, por se tratarem de dados extraídos de fontes confiáveis e que são de domínio público. O helicóptero Z-10 é exceção no critério de autonomia de guerra, tendo o valor de 0,5, que se justifica pelo fato do dado não ter sido encontrado. Dessa forma, realizou-se uma estimativa considerando os valores desse critério apresentados pelos outros helicópteros. As demais pertinências foram determinadas pelos especialistas, na entrevista coletiva, de acordo com o nível de segurança dos valores atribuídos na Tabela II. Para as pertinências dos pesos, foi atribuído valor 1.

Tabela III. Matriz de pertinências.

	Carga Máxima (tn)	Autonomia de Guerra (Km)	Velocidade Máxima (km/h)	Custo (US\$ Mi)	Confiabilidade	Manutenibilidade	Manobrabilidade	Sensores	Armas
AH-64E Apache	1	1	1	0,8	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9
KA-52 Alligator	1	1	1	0,8	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7
MI-28N Havoc	1	1	1	0,8	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7
AH-1Z Viper	1	1	1	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9
Eurocopter Tiger HAD	1	1	1	0,7	0,7	0,6	0,8	0,8	0,9
T129 Atak	1	1	1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8

A129 Mangusta	1	1	1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
MI-24 VM	1	1	1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0,7
Z-10	1	0,5	1	0,7	0,5	0,5	0,8	0,5	0,7

Fonte: Autores (2021).

Os cálculos foram realizados por meio da plataforma multicritério de apoio à decisão THOR Web, disponível no website [www.thor-web.com](http://www.thor-web.com). Na Figura I, observa-se a primeira tela da plataforma, onde deve-se escolher o método em que se pretende trabalhar, THOR 1 ou THOR 2. Como dito anteriormente, o método escolhido para este trabalho foi o THOR 2.

Figura I. Escolha do método.

THOR method | Articles | Use Cases | Register | About

## Thor Web

What method do you want to use?

 All rights reserved. The non-commercial (academic) use of this software is free of charge. The only thing that is asked in return is to cite this software when results are used in publications.  
ALMEIDA, Gilvan Praxedes; TENÓRIO, Fabrício Maione; ARAUJO, Jean de Carvalho; GOMES, Carlos Francisco Simões; SANTOS, Marcos dos. THOR Web software (v.1), 2020.

Fonte: Autores (2021).

Após a escolha do método, deve-se inserir os dados para o cálculo do algoritmo. Tem-se nove alternativas e nove critérios para a tomada de decisão. Estes dados iniciais foram inseridos, conforme mostrado na Figura II. Após isso, a plataforma disponibiliza os campos para que sejam inseridos os nomes de cada alternativa e critério.

Figura II. Principais parâmetros.

THOR method | Articles | Use Cases | Register | About

## Main Parameters

Alternatives number

Criteria number

Decisors number

Fonte: Autores (2021).

Um dos pontos positivos apresentados no THOR 2 é a possibilidade de trabalhar com mais de um decisor atribuindo peso de forma individual para cada critério. As pontuações foram inseridas na plataforma conforme a Figura III. Assim, o THOR 2 fica responsável por agrupar e normalizar as pontuações, apresentando a matriz de decisão ao usuário (Figura IV).

Figura III. Pesos definidos pelos especialistas.

Direct Assignment	Carga Máxima (tn)	Autonomia de Guerra (Km)	Velocidade Máxima (km/h)	Custo Aproximado (US\$ Mi)	Confiabilidade	Manutenibilidade	Manobrabilidade	Sensores	Armamentos
Decisor 1 W:	5	4	6	6	7	7	6	6	7
Decisor 2 W:	5	6	5	7	7	3	6	6	7
Decisor 3 W:	7	7	6	3	6	4	5	7	7
Decisor 4 W:	7	7	5	4	7	7	7	6	7

Fonte: Autores (2021).

Figura IV. Matriz dos pesos e sua normalização.

Weight	Carga Máxima (tn)	Autonomia de Guerra (Km)	Velocidade Máxima (km/h)	Custo Aproximado (US\$ Mi)	Confiabilidade	Manutenibilidade	Manobrabilidade	Sensores	Armamentos
Decisor 1	5.0	4.0	6.0	6.0	7.0				
7.0		6.0	6.0	6.0	5.0	7.0	7.0	7.0	
Decisor 2	5.0	6.0	6.0	6.0	5.0	7.0	7.0	7.0	
3.0		6.0	6.0	6.0	7.0				
Decisor 3	7.0	7.0	6.0	6.0	6.0	3.0	6.0		
4.0		5.0	7.0	7.0	7.0				
Decisor 4	7.0	7.0	5.0	5.0	7.0	4.0	7.0		
7.0		7.0	6.0	7.0					
<b>Normalized weight</b>									
3.42858	3.42857	3.1428599999999998	2.85714	3.8571400000000002	3.0				
3.42857	3.57142	4.0							

Fonte: Autores (2021).

Logo abaixo dos pesos normalizados, a ferramenta (Figura V) solicita que sejam inseridos os dados dos helicópteros para cada critério. É importante ressaltar que o critério Custo Aproximado é monotônico de custo, onde busca-se o menor valor, portanto foi adicionado à matriz com o sinal negativo. Já os demais critérios são monotônicos de lucro, onde buscam-se os maiores valores.

Figura V. Dados dos critérios quantitativos e qualitativos.

THOR method <a href="#">Articles</a> <a href="#">Use Cases</a> <a href="#">Register</a> <a href="#">About</a>									
Matrix	Carga Máxima (tn)	Autonomia de Guerra (Km)	Velocidade Máxima (km/h)	Aproximado (U\$\$ Mi)	Confiabilidade	Manutenibilidade	Manobrabilidade	Sensores	Armamentos
AH-64E Apache	5,33	476	293	-65	5	2	5	5	5
KA-52 Alligator	3,10	460	300	-32	4	1	3	4	5
MI-28N Havoc	2,10	200	320	-18	4	1	4	3	5
AH-1Z Viper	2,79	231	400	-31	5	2	4	4	4
Eurocopter Tiger HAD	3,00	800	315	-60	5	2	4	5	5
T129 Atake	2,50	561	278	-53	4	2	4	4	4
A129 Mangusta	2,07	510	278	-35	4	2	4	4	4
MI-24 VM	3,00	435	335	-36	4	1	3	3	5
Z-10	1,50	387	270	-22	3	2	4	3	3

Fonte: Autores (2021).

Na Figura VI, é demonstrada a inserção dos dados de limites de pertinência ( $p$ ), limites de indiferença ( $q$ ) e os valores de discordância ( $D$ ) para os critérios. Também foram inseridas as pertinências dos pesos atribuídos pelos especialistas para cada critério em relação às alternativas.

Figura VI. Limites de preferência, limites de indiferença e discordância.

THOR method <a href="#">Articles</a> <a href="#">Use Cases</a> <a href="#">Register</a> <a href="#">About</a>									
P	0,75	100	90	10	1	1	1	1	1
Q	0,25	50	50	5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
D	4,21	660	143	51,7	2,2	1,1	2,2	2,2	2,2
Do you want to use pertinence									
<input type="radio"/> No <input checked="" type="radio"/> Yes									
Pertinence of Criteria	Carga Máxima (tn)	Autonomia de Guerra (Km)	Velocidade Máxima (km/h)	Custo Aproximado (U\$\$ Mi)	Confiabilidade	Manutenibilidade	Manobrabilidade	Sensores	Armamentos
Pertinence	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fonte: Autores (2021).

Por fim, deve-se inserir o grau de pertinência para os dados de cada helicóptero, conforme mostrado na Figura VII. Em seguida, a partir do *software*, são efetuados os cálculos e é gerado, pelo THOR Web, um relatório detalhado sobre os resultados obtidos.

Figura VII. Valores de pertinência para os critérios.

Matrix of Pertinence	Carga Máxima (tn)	Autonomia de Guerra (Km)	Velocidade Máxima (km/h)	Aproximado (U\$\$ Mi)	Confiabilidade	Manutenibilidade	Manobrabilidade	Sensores	Armamentos
AH-64E Apache	1	1	1	0,8	0,8	0,6	0,8	0,9	0,9
KA-52 Alligator	1	1	1	0,8	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7
MI-28N Havoc	1	1	1	0,8	0,5	0,7	0,8	0,8	0,7
AH-1Z Viper	1	1	1	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9
Eurocopter Tiger HAD	1	1	1	0,7	0,7	0,6	0,8	0,8	0,9
T129 Atake	1	1	1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
A129 Mangusta	1	1	1	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8
MI-24 VM	1	1	1	0,8	0,9	0,9	0,8	0,6	0,7
Z-10	1	0,5	1	0,7	0,5	0,5	0,8	0,5	0,7

Fonte: Autores (2021).

É ilustrada, na Tabela IV, a ordenação das alternativas de helicópteros em S1, S2 e S3, sendo S2 e S3 cenários mais flexíveis. Em S1, o Eurocopter Tiger HAD ficou em primeiro lugar, porém em S2 e S3, o AH-64E Apache foi o vencedor.

Tabela IV. Ordenação das alternativas em cada cenário.

S1		S2		S3	
Eurocopter Tiger HAD	4,206	AH-64E Apache	5,422	AH-64E Apache	6,850
AH-64E Apache	4,047	Eurocopter Tiger HAD	5,166	Eurocopter Tiger HAD	6,811
AH-1Z Viper	4,000	AH-1Z Viper	3,902	AH-1Z Viper	5,047
A129 Mangusta	4,000	A129 Mangusta	3,192	KA-52 Alligator	4,236
KA-52 Alligator	4,000	KA-52 Alligator	3,106	A129 Mangusta	4,149
T129 Atak	4,000	T129 Atak	2,722	T129 Atak	3,663
MI-24 VM	4,000	MI-24 VM	2,532	MI-24 VM	3,199
MI-28N Havoc	4,000	MI-28N Havoc	2,000	MI-28N Havoc	2,492
Z-10	3,000	Z-10	0,500	Z-10	0,551

Fonte: Autores (2021).

É possível dividir os helicópteros em três grupos de acordo com a pontuação em S3. Fazem parte do primeiro grupo os helicópteros que obtiveram pontuações maiores do que 5, são eles: AH-64E Apache, Eurocopter Tiger HAD e AH-1Z Viper. No segundo grupo, a pontuação definida foi entre 3 e 5, incluindo as aeronaves KA-52 Alligator, A129 Mangusta, T129 Atak e MI-24 VM. Já no terceiro e último grupo, ficaram os helicópteros com pontuações menores que 3, são eles: MI-28N Havoc e Z-10. O Z-10 destaca-se por ser o helicóptero que obteve pontuação bem abaixo dos demais em todos os cenários, principalmente em S2 e S3.

Os resultados relacionados à TCA dizem respeito à retirada de critérios, um por vez, em cada cenário, e mostram se há diferença na classificação das alternativas diante dessas alterações. O primeiro critério a ser retirado é o de menor peso, que, nesse caso, é o custo aproximado, e assim por diante, até atingir o critério de maior peso. Caso haja diferença na ordenação das alternativas, quando comparado à ordenação original, significa que aquele critério é importante para a tomada de decisão. Caso não tenham modificações, o critério é considerado irrelevante.

Em S1, a retirada dos critérios de custo aproximado, velocidade máxima, autonomia de guerra, manobrabilidade, carga máxima, confiabilidade, sensores e armamentos, fizeram com que a ordenação das alternativas fosse alterada. O mesmo não ocorreu com o critério de manutenibilidade, ou seja, é um critério irrelevante para a tomada de decisão nesse cenário.

Em S2, os critérios relevantes foram custo aproximado, velocidade máxima, autonomia de guerra, manobrabilidade, carga máxima, sensores, confiabilidade e armamentos. O único critério que, se retirado, mantém as alternativas na mesma ordenação que a original é a manutenibilidade.

Já no cenário S3, custo aproximado, manutenibilidade, autonomia de guerra, manobrabilidade, carga máxima, confiabilidade e armamentos, foram os critérios que alteraram a ordenação das alternativas, ou seja, são importantes. Os critérios velocidade máxima e sensores não alteraram o ranqueamento.

A TCA Nebulosa sugere que ao retirar-se um critério, a incerteza da decisão pode aumentar ou não, de acordo com a matriz de pertinência. No caso deste estudo, a média das pertinências diminui com esse processo, ou seja, os resultados ficam mais incertos. Portanto, não é recomendada a retirada dos critérios.

Devido à diferença encontrada na ordenação original entre S1 e os cenários S2 e S3 dos dois primeiros helicópteros, aplicou-se uma técnica de destilação, considerando apenas as alternativas presentes no primeiro grupo de helicópteros. Os resultados podem ser visualizados na Tabela V.

Tabela V. Ordenação das alternativas do primeiro grupo.

S1		S2		S3	
AH-64E Apache	1,000	AH-64E Apache	1,164	AH-64E Apache	1,593
Eurocopter Tiger HAD	1,000	Eurocopter Tiger HAD	1,000	Eurocopter Tiger HAD	1,410
AH-1Z Viper	1,000	AH-1Z Viper	0,500	AH-1Z Viper	0,527

Fonte: Autores (2021).

Na situação S1 do primeiro grupo de helicópteros, as três alternativas se equiparam, tendo o mesmo valor final. Já em S2 e S3, o AH-64E Apache fica em primeiro lugar, seguido do Eurocopter Tiger HAD e, em último, o AH-1Z Viper. É interessante notar que as diferenças de pontuação das alternativas entre si aumentam com a flexibilização dos cenários.

Portanto, tem-se que o AH-64E Apache é a opção mais bem pontuada, sendo o modelo de helicóptero que melhor atende às necessidades da MB. A técnica de destilação contribuiu para a confirmação dos resultados, tornando a tomada de decisão mais assertiva. Além do AH-64E Apache, verificou-se que a alternativa Eurocopter Tiger HAD obteve boa pontuação. Dessa forma, poderia, também, atender à MB de forma satisfatória, caso o AH-64E não pudesse ser adquirido. Em contrapartida, em último lugar, ficou o Z-10, pontuado bem abaixo dos demais, sendo a última opção de aquisição nas condições consideradas.

## V. Conclusão

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que o modelo de helicóptero que melhor atende às necessidades dos Fuzileiros Navais em Operações Anfíbias, dentre as alternativas analisadas, é o AH-64E Apache. Suas características operacionais seriam capazes de suprir as necessidades abordadas pelos especialistas da MB, preenchendo as lacunas dos helicópteros utilizados pela MB atualmente. Entretanto, para a efetiva aquisição da aeronave selecionada, ou de qualquer outro modelo, devem ser observadas pela MB, outras questões importantes envolvidas em compras dessa magnitude.

Portanto, os objetivos deste trabalho foram atingidos e obteve-se sucesso no processo de tomada de decisão sobre o modelo de helicóptero de ataque mais adequado a ser adquirido pela MB. Ademais, este estudo visa contribuir com a MB e as FA em geral e, também, com a comunidade acadêmica, ao abordar um problema real que foi solucionado seguindo a metodologia apresentada. Isso possibilita a ampliação de conhecimento sobre os temas tratados e maior detalhamento sobre possibilidades de exploração das ferramentas utilizadas.

## Referências

- ACOLET, T.** Modelo de análise de crédito fundamentado no ELECTRE TRI. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc. Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Faculdades Ibmecc, 2008.
- ALENCAR, L. H. & COSTA, A. P. C. S.** Gerenciamento de projeto na construção civil baseado no sad thor – estudo de caso. In: XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. São João del Rei - MG: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2002.
- BRANS, J. P.; MARESCHAL, B. & VINCKE, P. H.** PROMETHEE: *a new family of outranking methods in MCDM*. IFORS 84, p. 477-490, 1984.
- CARDOSO, R.; XAVIER, L. H.; GOMES, C. F. S & ADISSI, P. J.** Uso de SAD no apoio à decisão na destinação de resíduos plásticos e gestão de materiais. Pesquisa Operacional, SOBRAPO, v. 29, n. 1, p. 67-95. 2009.
- FELTRIM, V. D.; ALUÍSIO, S. M. & NUNES, M. G. V.** Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Estruturação de Textos Científicos em Português. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.
- FENERICH, A. & STEINER, M.** Uma abordagem não compensatória para obtenção do peso da satisfação na Matriz Qualidade do QFD - Quality Function Deployment. APREPRO. Ponta Grossa, PR. 2017.
- FONTES, V. G.** Avaliação de propostas de licitação em uma autarquia federal empregando o método TODIM na tomada de decisão. Dissertação de Mestrado, UFF, Niterói, Rio de Janeiro, 2016.
- GOMES, F.; ARAYA, M. G. & CARIGNANO, C.** Tomada de Decisões em Cenários Complexos. São Paulo: CENGAGE. 2003.

- GOMES, C. F. S.** THOR - Um algoritmo híbrido de apoio multicritério à decisão para processos decisórios com alternativas discretas. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999.
- GOMES, C. F. S.** *Using MCDA methods THOR in an application for outranking the ballast water management options.* Pesquisa Operacional, SOBRAPO, v. 25, n. 1, p. 11–28, 2005.
- 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.; NUNES, K.; XAVIER, L. H.; CARDOSO, R. & VALLE, R.** *Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil.* Omega, v. 36, n. 3, p. 395-404, 2008.
- GOMES, C. F. S.; CARDOSO, R.; XAVIER, L. H. & ADISSI, P. J.** SAD THOR Como Ferramenta de Apoio à Decisão na Escolha de Imunobiológicos. In: XXXIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Fortaleza - CE: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2007.
- GOMES, L. F. A. M. & MOREIRA, A. M. M.** Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério. Recitec, Recife, v. 2, n. 2, p. 117-139, 1998.
- GOMES, L. F. A. M. & GOMES, C. F. S.** Tomada de Decisão Gerencial. 5a. ed. São Paulo: Editora Atlas, p. 400, 2014.
- GUARNIERI, P.** Síntese dos principais critérios, métodos e subproblemas da seleção de fornecedores multicritério. Revista de administração contemporânea, v. 19, n. 1, p. 1-25, 2015.
- INFANTE, R. P.; OLIVEIRA, M. C. & ASSUMPTÃO M. R. P.** Uso de métodos multicritérios de tomada de decisão para seleção dos objetivos estratégicos e indicadores de performance considerados no *Balanced Scorecard*. Revista de Ciência & Tecnologia, v. 20, n. 39, p. 45-58, 2017.
- JOYCE, J.** *Bayes' theorem.* In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy.* Spring 2019. [S.l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2019.
- LÓPEZ, H. M. L.** Modelo multicritério para seleção de projetos estratégicos de uma empresa de energia elétrica. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010.
- KEENEY, R.L. & RAIFFA, H.** *Decisions with multiple objectives: preferences and value tradeoffs.* Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- MARINHA DO BRASIL.** História Naval: Os Primórdios. Brasil, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/content/historia-naval>>. Acesso em: 01 de Maio de 2020a.
- MARINHA DO BRASIL.** Comando Geral do Corpo de Fuzileiros Navais: Histórico. Brasil, [s.d.]. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/cgcfh/historico>>. Acesso em: 13 de Abril de 2020b.
- MARINHA DO BRASIL.** O que é a Amazônia Azul e por que o Brasil quer se tornar potência militar no Atlântico. Brasil, 2019. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/economia-azul/noticias/o-que-%C3%A9-amaz%C3%B4nia-azul-e-por-que-o-brasil-quer-se-tornar-pot%C3%Aancia-militar-no-atl%C3%A2ntico>>. Acesso em: 21 de Setembro de 2020c.
- MARTINS, G. A.** Estudo de caso: uma reflexão sobre a aplicabilidade em pesquisas no Brasil. Revista de Contabilidade e Organizações, v. 2, n. 2, art. 1, p. 8-18, 2008.
- MATTOS, A. J. B.; GUADAGNINO, L. G. D.; JUNIOR, D. F. S. & TOLEDO, A. C. B.** A Ampliação da Capacidade Anfíbia da MB. O Anfíbio: Revista do Corpo de Fuzileiros Navais. Brasil, v. 37, p. 20-35, 2019.
- MELLO J. C.; GOMES, E. G.; LETA, F. R. & PESSOLANI, R. B. V.** "Conceitos Básicos do Apoio Multicritério à decisão e sua aplicação no projeto Aerodesign", Engevista, v. 5, n. 8, p. 22-35, 2003.
- MINISTÉRIO DA DEFESA.** Marinha do Brasil. Brasil, 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/estado-maior-conjunto-das-forcas-armadas/marinha-do-brasil>>. Acesso em: 22 de Setembro de 2020.
- PAWLAK, Z.** *Rough sets.* *International Journal of Computer and Information Sciences*, p. 341–356, 1982.
- 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.

**ROY, B.** *Classement et choix en présence de points de vue multiples. Revue française d'informatique et de recherche opérationnelle.* EDP Sciences, v. 2, n. 8, p. 57–75, 1968.

**ROY, B. & BOUYSSOU, D.** *Aide multicritère à la décision: méthodes et cas.* Paris: Economica, 1993a.

**ROY, B. & BOUYSSON, D.** *Aide à la décision fondée sur une PAMC de type ELECTRE.* Economica, 1993b.

**ROY, B. & VANDERPOOTEN, D.** *The European school of MDCA: Emergence, basic features and current works.* Paris: Université Paris Dauphine. 2005.

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

**SHAFER, G.** *A Mathematical Theory of Evidence. 1a. ed.* NJ: Princeton University Press, p. 297, 1976.

**TENÓRIO, F. M.; SANTOS, M.; GOMES, C. F. S. & ARAUJO, J. C.** 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.

**TENÓRIO, F. M.** Modelagem multicritério: uma evolução do método thor. 2020. Dissertação de Mestrado, IME, Rio de Janeiro, RJ, 2020.

**TENÓRIO, F. M.; SANTOS, M & SIMÕES, C. F. S.** Revisitando o método THOR: uma pesquisa bibliométrica. *SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA*, v. 19, 2019.

Recebido em: 02/08/2022

Aceito em: 10/10/2022

Endereço para correspondência:

Nome: Fernanda Márcia da Silveira Esteves

Email: fernandamse@id.uff.br



Esta obra está licenciada sob uma [Licença Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)