

Avaliando Navios Tanque para a Marinha: um emprego combinado do Value-Focused Thinking e do Método Multicritério THOR 2

Tullio Mozart Pires de Castro Araujo
tpires@id.uff.br
UFF

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

Marcos do Santos
marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br
UFF

Resumo: O presente trabalho visa apresentar um estudo, que utiliza em conjunto a sistemática de estruturação de problemas Value-Focused Thinking (VFT), aliada com o método de Auxílio Multicritério à Decisão THOR 2, para auxiliar na avaliação de Navios-Tanque para a Marinha do Brasil. O emprego do VFT no problema permite verificar quais são as principais qualidades enxergadas na operação de um Navio-Tanque, de forma que é possível assim estabelecer uma hierarquia entre os objetivos fundamentais, meios e estratégicos, bem como a correlação entre eles. Depois, de modo a avaliar as alternativas, é empregado o método THOR 2, por sua capacidade de incluir aspectos de incerteza, na tomada de decisão. Assim, tem-se uma abordagem interessante que pode ser replicada em demais processos de tomada de decisão militares.

Palavras Chave: VFT - MCDA - THOR 2 - Navios-Tanque -

1. Introdução

Os países que possuem saídas para o mar devem encarar tal fato como uma benção e um alerta, ao mesmo tempo. Benção, pois abre-se para esses país a capacidade de explorá-la pacificamente, através do comércio. E alerta, pois a garantia do comércio marítimo pressupõe a capacidade de defender essas mesmas rotas de comércio. À capacidade de uso do mar, por um dado Estado, dá-se o nome de “Poder Marítimo”, e à parcela militar deste, “Poder Naval”.

O Poder Naval possui 4 características básicas: mobilidade, permanência, versatilidade e flexibilidade. No caso do trabalho em lide, lideramos mais especificamente a respeito da característica da permanência, que é a grande beneficiada pela introdução de modernos navios tanque.

Na medida em que os navios de guerra tiveram que não só cobrir distâncias muito maiores, como manter-se no mar por mais tempo, foram desenvolvidos novos navios e técnicas de maneira a tornar isso possível. Com isso, surgiram os primeiros navios tanque, cuja implementação deu-se durante a segunda guerra mundial, de maneira a reabastecer de combustível os navios escolta dos comboios do atlântico.

Com efeito, este artigo visa analisar, à luz da aplicação do método de estruturação de problemas Value-Focused Thinking [Keeney et. al 1992], bem como do método multicritério THOR 2 [Tenorio *et al.* 2021], para auxílio na tomada de decisão de um modelo de Navio Tanque para aquisição, pela Marinha do Brasil (MB), tendo em vista que a aquisição recente das Fragatas da Classe Tamandaré, bem como de outros navios capitais, demanda uma capacidade desse tipo aumentada. E que com a desativação do NT Marajó, o único navio do tipo operado atualmente pela MB é o NT Almirante Gastão Motta, que já possui mais de 30 anos de serviços prestados.

Conforme [Parnell et. al 2008], desde a 2ª Guerra Mundial, as instituições militares têm feito uso de métodos quantitativos da Pesquisa Operacional, de maneira a estruturar seus processos de tomada de decisão. Contudo, os meios quantitativos por si só são vulneráveis, de modo que o seu emprego sozinho não mitiga as incertezas do futuro. Portanto, de acordo com [Keeney *et al.* 1999], nenhum modelo quantitativo pode ser desenvolvido ou usado sem uma fundamentação qualitativa que descreva aquilo que é de fato importante a ser incluído nele mesmo.

Este artigo é separado em 5 partes: a 1ª (esta), é a introdução. A 2ª parte compreende o referencial teórico do artigo. A 3ª parte compreende a metodologia. A 4ª parte, a aplicação do método. A parte final, compreende a discussão dos resultados e a conclusão.

2. Referencial Teórico

Exemplos de aplicação no meio militar, envolvendo o VFT, são diversas. [Logullo *et al.* 2022] propõem um framework que liga a utilização do VFT, juntamente com outra ferramenta da Soft Systems Methodology (SSM), que é a figura rica, para a modelagem de problemas militares, para posterior emprego de ordenação, mediante uso do método AHP. Uma ilustração do processo de tomada de decisão pode ser observada, na figura abaixo:

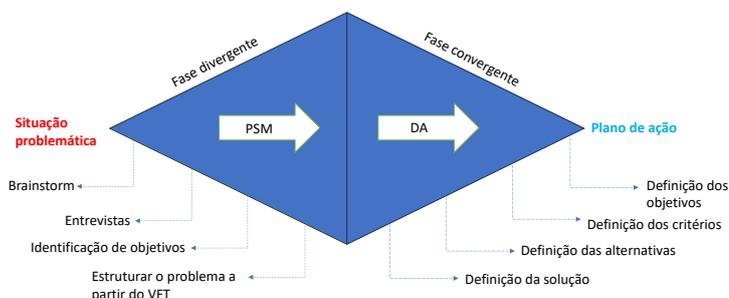


Figura 1: Processo de Tomada de Decisão

A figura anterior demonstra que a estruturação do problema possui duas fases: uma fase divergente e uma convergente [Franco *et al.* 2010].

Na fase divergente, procura-se entender de uma maneira geral a situação. No caso, como se encontra a MB, hoje, no que tange à capacidade de realizar ressurgimento dos navios da esquadra, no mar. Para tanto, foram consultados especialistas que já participaram de operações navais onde foi necessário este tipo de tarefa.

Na fase convergente, com as informações levantadas no estágio anterior, o objetivo é definir os objetivos, critérios e alternativas que comporão o nosso modelo de estudo, para que apliquemos as ferramentas sugeridas na resolução do problema.

Segundo o próprio teórico do VFT [Keeney, 1992], há uma tendência natural de se enxergar situações que requerem decisões como problemas. Tipicamente, para a resolução desses problemas de decisão, são identificadas alternativas e só depois considerados os objetivos ou critérios para avaliá-los.

Em relação aos exemplos de aplicação do VFT no meio militar, [Dillon-Merril *et al.* 2008] postulam a união do VFT, juntamente com a Análise de Decisão Multiobjetivo (acrônimo MODA, em inglês), de maneira a melhor racionalizar as decisões tomadas no âmbito do Departamento de Defesa Americano (DoD).

[Boylan *et al.* 2008] empreendem um estudo aplicando o VFT para a introdução, no âmbito do Exército Americano (US Army), de uma ferramenta de simulação, visando verificar o impacto positivo ou negativo da aquisição de um determinado equipamento, antes de seu uso no campo de batalha propriamente dito.

No âmbito brasileiro, [de Almeida *et al.* 2022] apresentam um trabalho unindo o VFT à aplicação do método multicritério híbrido CRITIC-GRA-3N, para selecionar um militar para compor vaga na equipe da Missão Antártica Brasileira (PROANTAR).

Ainda, [de Souza *et al.* 2022] realizaram um trabalho onde aplica-se o VFT na aquisição de drones, para emprego nas tarefas diversas atreladas à Defesa Nacional.

Outro trabalho interessante é o apresentado por [Almeida *et al.* 2021], onde os autores fizeram uso do método multicritério híbrido Electre-Mor de modo a selecionar localidades para instalação de bases navais.

[dos Santos *et al.* 2021] demonstram a capacidade de avaliar blindados para o Corpo de Fuzileiros Navais do Brasil, mediante o uso do método multicritério ProPPAGA.

[Maêda *et al.* 2021] mostra o emprego do método híbrido AHP-TOPSIS-2N na avaliação de aeronaves para a Marinha do Brasil.

Referente aos métodos multicritério, [Basílio *et al.* 2022] mostram as principais diferenças entre os métodos das escolas americana e francesa. Para os autores, a escola americana foca numa abordagem funcional, com ênfase na utilidade dos atributos e critérios, conquanto que a escola europeia ou francesa foca nas relações entre os critérios. Como resultado, empregam um conceito de síntese dos critérios, gerando relações de sobreclassificação.

Em relação à família de métodos multicritério THOR, ela compreende, basicamente, 3 frentes axiomáticas: modelagem das preferências (de acordo com a tradição da escola multicritério francesa), utilização da teoria da utilidade multiatributo (acrônimo MAUT, em inglês – proveniente da escola multicritério americana) e teorias que lidam com a incerteza (a partir da utilização da lógica fuzzy).

A união dessas 3 qualidades na família de métodos THOR, permite não só quantificar as preferências individuais de cada alternativa, através de uma função de agregação não-transitiva, mas também consideram um certo grau de não-determinismo no processo de tomada de decisão, através do mecanismo de alocação de pesos do método, bem como na ordenação das alternativas.

Na aplicação do método THOR, dadas duas alternativas a e b, os cenários S1, S2 e S3 são analisados. Comparando as alternativas, os critérios são analisados como: aPb (preferência forte de a sobre b), aQb (preferência fraca de a sobre b), aIb (indiferença de a sobre b) e veto. As associações aPb, aQB e aIB são expostas nas equações 1, 2 e 3, como segue:

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

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

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

De acordo com [Tenorio *et al.* 2020], os cenários S2 e S3 compreendem um grau maior de flexibilidade, uma vez que com uma pequena diferença entre uma alternativa e a outra nos critérios, pode-se definir uma como melhor que a outra. Podemos observar as equações referentes a cada cenário, como:

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

$$S2: \sum_{j=1}^n (w_j | aP_j b + aQ_j b) > \sum_{j=1}^n (w_j | aI_j b + aR_j b + bQ_j a + bP_j a) \quad (5)$$

$$S3: \sum_{j=1}^n (w_j | aP_j b + aQ_j b + aI_j b) > \sum_{j=1}^n (w_j | aR_j b + bQ_j a + bP_j a) \quad (6)$$

[Tenorio *et al.* 2021] promoveram uma evolução do método THOR, na figura do THOR 2. Nele, foram revistos alguns aspectos relativos à axiomática do método original. As principais diferenças entre os métodos são:

- Distinção na atribuição dos pesos, no cômputo total para aIb, aQb em S1, S2 e S3:
 - Quando ocorrer aIb: metade do peso do respectivo critério;
 - Quando ocorrer aQb: o cômputo se dará pela equação abaixo:

$$Peso_i * (((a_i - q_i)/(p_i - q_i) * 0,5 + 0,5) \quad (7)$$

- Situação em que ocorrerem aPb, aQb e aIb: o valor do critério é multiplicado pelo índice fuzzy aproximado. Com isso, conseguimos inserir um certo grau de deterioração no cômputo comparativo;
- O método THOR original somente considerava a multiplicação pelo índice fuzzy na situação aQb. Já o THOR 2 considera tanto nas situações de preferência forte (aPb) quanto fraca (aQb).
- No THOR 2, toda a incerteza presente na atribuição das alternativas e pesos é quantificada.

3. Metodologia

O quadro abaixo explicita como se deu a análise deste estudo:

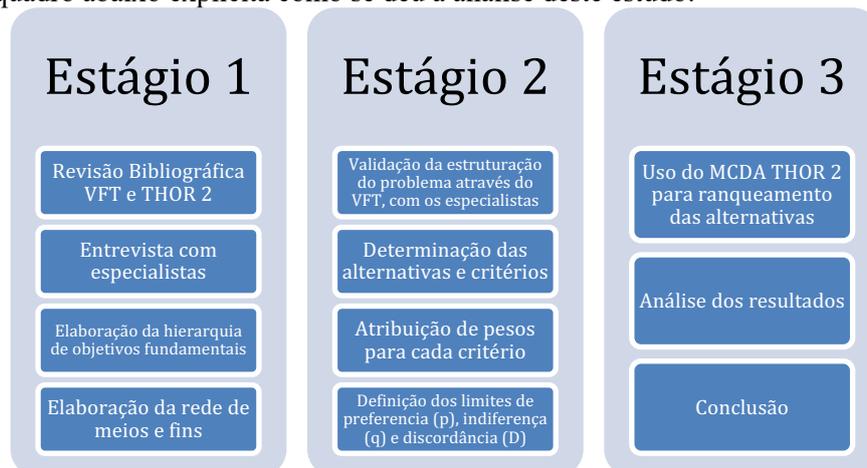


Figura 2: Estágios do estudo

O trabalho inicia-se com uma pesquisa bibliográfica acerca do uso conjunto do VFT e do método THOR 2, de modo a ter referencial teórico robusto no qual basear o experimento. Posteriormente, segue-se a entrevista com o pessoal especializado, de modo que possamos elaborar

a hierarquia de objetivos fundamentais, bem como a rede de meios e fins. Assim, encerra-se o Estágio 1.

No Estágio 2 da estruturação do problema, é preenchido o framework do problema, definindo-se alternativas, critérios, pesos e limites de preferência, indiferença e veto/discordância.

Por fim, no Estágio 3, é feita a aplicação do método THOR 2, com a posterior análise criteriosa dos resultados obtidos.

4. Aplicação do método

Através do contato com os especialistas, que já operaram navios em situações em que foi necessária a realização de apoio logístico móvel no mar, bem como através da aplicação do VFT, foi possível desenvolver a seguinte rede de objetivos:

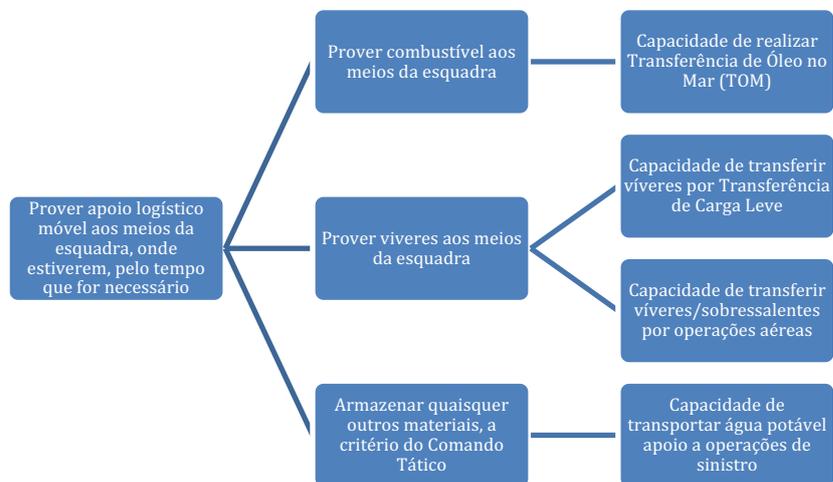


Figura 3: Rede de objetivos VFT

Começamos pelo Objetivo Estratégico, que neste caso é “Prover Apoio Logístico Móvel (APoLog) aos meios da esquadra, onde estiverem, pelo tempo que for necessário”.

A seguir, temos 3 Objetivos Fundamentais, quais sejam:

- Prover combustível aos meios da esquadra: Função precípua de um navio-tanque. O provimento, no mar, de combustível para os demais meios, assegura a eles a capacidade de permanência, por maior tempo, operando normalmente;
- Prover víveres aos meios da esquadra: Esta função compreende um adicional que se enxerga nos meios capazes de realizar APoLog. Caso a permanência da Força Naval no mar se faça necessária por um tempo incomumente alto, a garantia de víveres para as tripulações torna-se, também, uma necessidade; e
- Armazenar quaisquer outros materiais, a critério do Comando: Pode-se fazer necessário garantir o suprimento de aguada, sobressalentes etc.

Quanto aos Objetivos Meios, enxerga-se:

- Capacidade de Transferência de Óleo no Mar (TOM);
- Capacidade de transferir víveres por Transferência de Carga Leve;
- Capacidade de transferir víveres/sobressalentes, por meio de operações aéreas; e

- Capacidade de transporte de aguada.

Dessa forma, chegou-se a uma shortlist de 5 alternativas. Foram medidos 8 critérios, quantitativos e qualitativos. Os critérios qualitativos (Sistemas de Armas e Capacidade para Aeronaves), foram medidos de acordo com a escala de Saaty.

É importante salientar que, dada a natureza muito específica da missão que este tipo de navio tem, bem como a exiguidade de países que opera os tipos mais pesados de navios logísticos, foi encontrada uma certa dificuldade em identificar mais navios para comporem a disputa. Ao realizar a pesquisa, observa-se que efetivamente quem opera navios desse tipo são aquelas marinhas que, ou possuem hoje capacidade de projeção oceânica (as chamadas “marinhas de águas azuis”), ou aquelas que buscam essa capacidade, ativamente (as chamadas “marinhas de águas marrons”). Isto é, identifica-se na posse e operação deste tipo de navio, um indicativo de que a força naval efetivamente busca projetar-se como tal.

Posteriormente, os especialistas preencheram um formulário, de modo a designar pesos para cada um dos critérios. A pontuação dos mesmos vai de 1 a 7, para cada critério, sendo 1 “menos essencial” e 7 “mais essencial”.

As tabelas com os dados de cada classe de navio, bem como os pesos atribuídos a cada critério, são as que se seguem:

<p>Henry J. Kaiser Class (USA) – A1:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deslocamento: 42.000 T; • Capacidade de carga combustível: 28.000 m³; • Capacidade de carga seca: 800 m²; • Sistema de armas: 5; • Capacidade para aeronaves: 7 • Alcance: 6.000 MN • Custo: \$ 30 milhões 	<p>Tide-Aegir Class (UK) – A2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deslocamento: 39.000 T; • Capacidade de carga combustível: 24.000 m³; • Capacidade de carga seca: 1350 m²; • Sistema de armas: 6; • Capacidade para aeronaves: 9 • Alcance: 18.200 MN; • Custo: \$ 300 milhões. 	<p>Deepak Class (Índia) – A3:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deslocamento: 27.500 T; • Capacidade de carga combustível: 15.500 m³; • Capacidade de carga seca: 500 m²; • Sistema de armas: 7; • Capacidade para aeronaves: 6 • Alcance: 12.000 MN; • Custo: \$ 250 milhões.
--	---	---

<p>Jacques Chevalier (França) – A4:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deslocamento: 31.000 T; • Capacidade de carga combustível: 13.000 m³; • Capacidade de carga seca: 1000 m²; • Sistema de armas: 5; • Capacidade para aeronaves: 7 • Alcance: 7.000 MN; • Custo: \$ 400 milhões. 	<p>Berlin Class (Alemanha):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Deslocamento: 20.000 T; • Capacidade de carga combustível: 9.000 m³; • Capacidade de carga seca: 1000 m²; • Sistema de armas: 5; • Capacidade para aeronaves: 6 • Alcance: 10.000 MN; • Custo: \$ 500 milhões.
---	---

Tabela 1: Shortlist Final

Critério	E1	E2	E3	E4
Deslocamento (C1)	7	7	6	6
Cap. de Carga de Combustível (C2)	7	7	7	7
Cap. de Carga Seca. (C3)	5	7	4	5

Sistema de Armas (C4)	3	5	6	5
Cap. para Aeronaves (C5)	5	5	4	6
Alcance (C6)	7	7	7	7
Custo (C7)	7	6	6	7

Tabela 2: Pesos dos Critérios

Segue-se, após a matriz dos pesos, a confecção da matriz inicial de avaliação (sem normalização), conforme segue abaixo:

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
A1	42.000	28.000	800	5	7	6.000	30
A2	39.000	24.000	1350	6	9	18.200	300
A3	27.500	15.500	500	7	6	12.000	250
A4	31.000	13.000	1000	5	7	7.000	400
A5	20.000	9.000	1000	5	6	10.000	500
Pesos	3.71	4.00	3.00	2.71	2.85	4.00	3.71
P	16.000	14.000	350	2	3	9000	300
Q	8.000	7.000	175	1	2	4500	150
D	30.000	28.000	900	5	5	15000	600

Tabela 3: Matriz de avaliação completa

Com a matriz acima, pode-se proceder ao uso da ferramenta computacional do método, acessada através do website www.thor-web.com.

A Tabela 4 demonstra a ordenação final das alternativas, após a aplicação do método:

S1		S2		S3	
A1	2.145	A1	2.303	A1	3.298
A2	2.0	A2	2.809	A2	3.8
A3	2.0	A3	1.0	A3	1.666
A4	2.0	A4	1.0	A4	1.811
A5	1.5	A5	1.0	A5	1.426

Tabela 4: Ranking das alternativas nos cenários

Pode-se observar, da tabela acima, que no 1º cenário, vence o navio americano, seguido das alternativas 2, 3 e 4 empatadas, e a 5 como última colocada. Já no 2º cenário, inverte-se o 1º colocado, sendo o mesmo o navio inglês. Por último, no 3º cenário, o navio inglês manteve-se como o 1º colocado.

5. Considerações finais

Os métodos de auxílio multicritério representam uma parte muito importante da Pesquisa Operacional e, a todo momento, novas técnicas estão sendo desenvolvidas.

A pesquisa foi realizada nas bases SCOPUS e Web of Science, em 12/04/2023, e foram encontrados somente 2 artigos.

Com a utilização das ferramentas computacionais Bibliometrix e Vos Viewer, pudemos realizar as análises necessárias, para a confecção deste artigo, na medida do possível, tendo em vista que por ser bastante recente, não foram encontradas numerosas citações em *Journals* (que não o próprio ITDM) e outros periódicos e congressos.

Por fim, em que pese a novidade do método, a pesquisa visa mostrar que abre-se um verdadeiro campo para utilizá-lo, tendo em vista a exiguidade de publicações que o utilizam.

Referências

Almeida, Isaque & Costa, Igor & Costa, Arthur & Corriça, José & Moreira, Miguel & Gomes, Carlos Francisco & Santos, Marcos. (2022). ScienceDirect Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2020&2021) A multicriteria decision-making approach to classify military bases for the Brazilian Navy. *Procedia Computer Science*. 199. 79-86. 10.1016/j.procs.2022.01.198.

Basílio, M.P.; Pereira, V.; Costa, H.G.; Santos, M.; Ghosh, A. A Systematic Review of the Applications of Multi-Criteria Decision Aid Methods (1977–2022). *Electronics* 2022, 11, 1720. <https://doi.org/10.3390/electronics11111720>

Boylan, G.L., Tollefson, M.E.S., Kwinn, L.C.M.J., Jr. and Guckert, R.R. (2006), Using value-focused thinking to select a simulation tool for the acquisition of infantry soldier systems. *Syst. Engin.*, 9: 199-212. <https://doi-org.ez24.periodicos.capes.gov.br/10.1002/sys.20055>

de Almeida, Isaque & dos Santos Hermogenes, Lucas Ramon & Costa, Igor & Moreira, Miguel & Gomes, Carlos Francisco & Santos, Marcos & Costa, David & Gomes, Ian. (2022). Assisting in the choice to fill a vacancy to compose the PROANTAR team: Applying VFT and the CRITIC-GRA-3N methodology. *Procedia Computer Science*. 214. 478-486. 10.1016/j.procs.2022.11.202.

de Souza Y.L., Moreira M.Â.L., Silva B.T.R.V., Belderrain M.C.N., Cerqueira C.S., dos Santos M., Gomes C.F.S. Multimethodology Exploitation Based on Value-Focused Thinking: Drones Feasibility Analysis for National Defense. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Pages 245 – 256. DOI 10.1007/978-3-031-09385-2_22.

dos Santos, Felipe & Santos, Marcos. (2021). Choice of armored vehicles on wheels for the Brazilian Marine Corps using PrOPPAGA.

Dillon-Merrill, Robin & Parnell, Gregory & Buckshaw, Donald & Hensley, William & Caswell, David. (2008). Avoiding Common Pitfalls in Decision Support Frameworks for Department of Defense Analyses. *Military Operations Research*. 13. 19-31. 10.5711/morj.13.2.19.

Keeney, R.L.: Value-focused Thinking: a Path to Creative Decisionmaking. Harvard University Press, London (1992)

Keeney, Ralph L. 1999. Foundation for Making Smart Decisions. IIE Solutions, May 1999, pp. 25–30.

L. Abuabara, A. Paucar-Caceres, and T. Burrowes-Cromwell, “Consumers’ values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: Promoting circular economy,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 57, no. 23, pp. 7269–7288, 2019.

L. A. Franco and G. Montibeller, “Problem structuring for multicriteria decision analysis interventions,” *Wiley Encycl. Oper. Res. Manag. Sci.*, 2010.

Logullo, Y., Bigogno-Costa, V., Silva, A., & Belderrain, M. C. (2022). A prioritization approach based on VFT and AHP for group decision making: a case study in the military operations. *Production*, 32, e20210059. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210059>



Maêda, S. M. N., Costa, I. P. A., Castro Junior, M. A. P., Fávero, L. P., Costa, A. P. A., Corriça, J. V. P., Gomes, C. F. S., Santos, M. (2021). Multi-criteria analysis applied to aircraft selection by Brazilian Navy. *Production*, 31, e20210011. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.20210011>

Parnell, Gregory & Hill, Raymond. (2008). Value-Focused Thinking and the Challenges of the Long War. *Military Operations Research*. 13. 10.5711/morj.13.2.5.

Tenorio, F.M., Santos, M. Dos, Gomes, C.F.S., Araujo, J.D.C., De Almeida, G.P.: THOR 2 Method: An Efficient Instrument in Situations Where There Is Uncertainty or Lack of Data. IEEE Access. 9, 161794–161805 (2021). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3132864>