

**MINISTÉRIO DA DEFESA
EXÉRCITO BRASILEIRO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS E COMPUTAÇÃO**

FABRICIO MAIONE TENÓRIO

MODELAGEM MULTICRITÉRIO: UMA EVOLUÇÃO DO MÉTODO THOR

**RIO DE JANEIRO
2020**

FABRICIO MAIONE TENÓRIO

**MODELAGEM MULTICRITÉRIO: UMA EVOLUÇÃO DO MÉTODO
THOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência em Sistemas e Computação.

Orientador: Marcos dos Santos - D.Sc.

Coorientador: Carlos Francisco Simões Gomes - D.Sc.

Rio de Janeiro

2020

©2020

INSTITUTO MILITAR DE ENGENHARIA

Praça General Tibúrcio, 80 – Praia Vermelha

Rio de Janeiro – RJ CEP: 22290-270

Este exemplar é de propriedade do Instituto Militar de Engenharia, que poderá incluí-lo em base de dados, armazenar em computador, microfilmear ou adotar qualquer forma de arquivamento.

É permitida a menção, reprodução parcial ou integral e a transmissão entre bibliotecas deste trabalho, sem modificação de seu texto, em qualquer meio que esteja ou venha a ser fixado, para pesquisa acadêmica, comentários e citações, desde que sem finalidade comercial e que seja feita a referência bibliográfica completa.

Os conceitos expressos neste trabalho são de responsabilidade do(s) autor(es) e do(s) orientador(es).

Tenório, Fabricio Maione

Modelagem Multicritério: Uma evolução do método THOR / Fabricio Maione

Tenório. – Rio de Janeiro, 2020.

116 f.

Orientador: Marcos dos Santos.

Coorientador: Carlos Francisco Simões Gomes.

Dissertação (mestrado) – Instituto Militar de Engenharia, Sistemas e Computação, 2020.

1. AMD. 2. THOR 2. 3. Navios. 4. Marinha do Brasil. I. Santos, Marcos dos, orient. II. Gomes, Carlos Francisco Simões, coorient. III. Título

FABRICIO MAIONE TENÓRIO

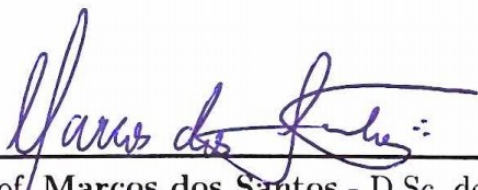
**Modelagem Multicritério: Uma evolução do método
THOR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência em Sistemas e Computação.

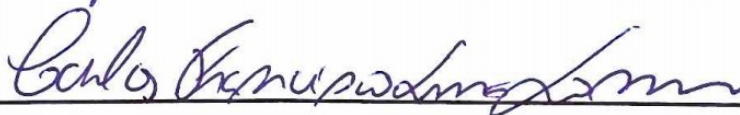
Orientador: Marcos dos Santos

Coorientador: Carlos Francisco Simões Gomes

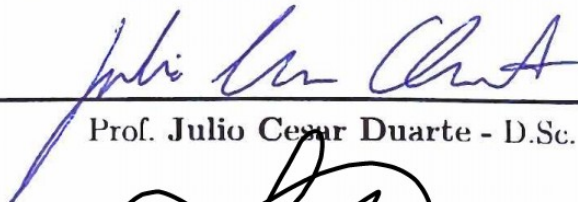
Aprovado em Rio de Janeiro, 18 de junho de 2020, pela seguinte banca examinadora:



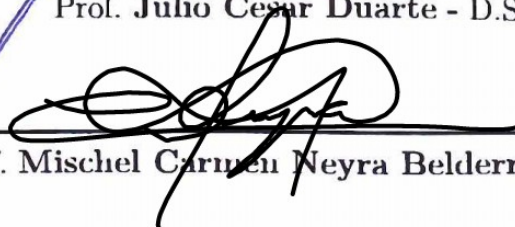
Prof. Marcos dos Santos - D.Sc. do IME - Presidente



Prof. Carlos Francisco Simões Gomes - D.Sc. da UFF



Prof. Julio Cesar Duarte - D.Sc. do IME



Prof. Mischel Carmen Neyra Belderrain - D.Sc. do ITA

Rio de Janeiro

2020

*Aos meus pais, Jorge e Carmela, pelo amor incondicional.
Sem eles, nada seria possível.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por se fazer presente em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais, Jorge e Carmela, meus grandes exemplos de vida e fonte de inspiração. Por todo amor, carinho, companheirismo e dedicação. Pelos ensinamentos e valores. Por me ensinarem tudo que sei. Fazer parte desta família é um presente de Deus.

À minha avó Anna por todo amor. Pelos almoços e lanchinhos preparados com muito carinho. Por sempre colocar a família em primeiro lugar, sendo exemplo de bondade para os filhos e netos.

À minha avó Cenira e ao Malaquias (*in memoriam*) por todas as orações durante a minha vida acadêmica. Por me receberem da melhor forma possível sempre que os visitava em minhas férias.

Aos meus avôs Pasqualino e Dejacy (*in memoriam*), sempre presentes em meus pensamentos e orações.

À minha noiva Thalita, que sempre esteve ao meu lado durante o meu percurso acadêmico. Por saber ser paciente e me dar forças para concluir esta etapa tão importante em minha vida. Obrigado por me motivar a ser cada dia melhor.

Ao Prof. Marcos dos Santos, meu orientador, por me estender a mão e confiar em meu trabalho. Pelas inúmeras oportunidades de desenvolvimento proporcionadas e pelos valiosos conselhos e ensinamentos. Por sua dedicação, paciência e orientação impecável. Por me impulsionar e incentivar durante todo o percurso.

Ao Prof. Carlos Francisco Simões Gomes, meu coorientador, criador do THOR e incansável em suas orientações. Pela paciência e disponibilidade em sanar todas as minhas dúvidas. Por todos os conselhos, orientações e ensinamentos. Obrigado por me acolher em seu grupo de pesquisa.

Aos membros da banca examinadora, Prof TC Julio Cesar Duarte e Prof^a Mischel Carmen Neyra Belderrain, que gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Ao CEFET/RJ, instituição que tenho orgulho de fazer parte. Agradeço, também, a todos os meus colegas de trabalho.

Ao aluno Jean pelo auxílio no desenvolvimento das ferramentas computacionais.

Por último, quero agradecer, também, ao Instituto Militar de Engenharia e todo o seu corpo docente e funcionários, que contribuíram para a minha trajetória acadêmica.

*“Aqueles que podem imaginar qualquer coisa,
podem criar o impossível”
(Alan Turing)*

RESUMO

O método multicritério de apoio à decisão THOR busca por intermédio de um processo decisório, ordenar alternativas discretas, eliminando critérios redundantes e verificando, por exemplo, a existência de duplicidade de informações, elevação da imprecisão do processo de decisão ou quantificação desta imprecisão. O presente estudo tem como objetivo propor uma evolução axiomática do método, denominado THOR 2, a partir da análise do algoritmo original, contemplando a evolução do conhecimento a ser incorporada no algoritmo. Diante da análise do algoritmo original foi proposta a distinção na atribuição dos pesos no somatório de pontuações para as situações de indiferença e preferência fraca em S1, S2 e S3. Além disso, convencionou-se que nas situações em que ocorrem preferência estrita, preferência fraca e indiferença, o valor do peso do critério seja multiplicado pelo índice nebuloso-aproximativo, deteriorando, desta forma, a comparação em função do grau de segurança do dado. Esta funcionalidade permite que na falta de dados para o preenchimento da classificação das alternativas e dos pesos na matriz de decisão, seja possível estimar o dado e atribuir um baixo valor de pertinência para atribuição daquele dado, evitando-se, desta forma, a eliminação da alternativa ou do critério devido à ausência do dado. Esta dissertação, também, apresenta um estudo de caso de uma estratégia para compra de oportunidade de uma fragata para a Marinha do Brasil, objetivando auxiliar no processo de tomada de decisão de um navio de referência. No estudo de caso, foi feita uma análise comparativa entre os resultados dos métodos THOR e THOR 2, onde apontou-se o navio LCF como melhor alternativa em ambos os métodos. No estudo avaliou-se, adicionalmente, a função de pertinência do THOR 2, no qual o método mostrou-se um eficiente instrumento em situações que ocorrem incerteza ou falta de dados.

Palavras-chave: AMD. THOR 2. Navios. Marinha do Brasil.

ABSTRACT

The multicriteria decision support method THOR seeks, through a decision-making process, to order discrete alternatives, eliminating redundant criteria and verifying, for example, the existence of duplicate information, increasing the imprecision of the decision process or quantifying this imprecision. The present study aims to propose an axiomatic evolution of the method, called THOR 2, from the analysis of the original algorithm, contemplating the evolution of knowledge to be incorporated into the algorithm. In view of the analysis of the original algorithm, a distinction in the allocation of weights in the sum of scores was proposed for situations of indifference and weak preference in S1, S2 and S3. In addition, it was agreed that in situations where strict preference, weak preference and indifference occur, the weight value of the criterion is multiplied by the fuzzy-approximate index, thus deteriorating the comparison according to the degree of security of the data. This functionality allows that, in the absence of data to fill in the classification of alternatives and weights in the decision matrix, it is possible to estimate the data and assign a low pertinence value for attributing that data, thus avoiding the elimination of alternative or criterion due to the absence of the data. This dissertation also presents a case study of a strategy for buying opportunity from a frigate for the Brazilian Navy, aiming to assist in the decision-making process of a reference ship. In the case study, a comparative analysis was made between the results of the THOR and THOR 2 methods, where the LCF was pointed out as the best alternative in both methods. In the study, the THOR 2 pertinence function was further evaluated, in which the method proved to be an efficient instrument in situations where uncertainty or lack of data occurs.

Keywords: MCDM. THOR 2. Ships. Brazilian Navy.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – <i>Framework</i> para a construção de um modelo multicritério. Figura adaptada de (1).	23
Figura 2 – Propriedades das regiões de X. Figura adaptada de (2).	31
Figura 3 – Fluxograma THOR 2 FUZZY	74

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição dos métodos AMD	24
Quadro 2 – Distribuição dos artigos por método e setor de aplicação em periódicos	37
Quadro 3 – Distribuição dos artigos por método e setor de aplicação em anais de congresso	38
Quadro 4 – Sugestão de retirada - TCA	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplo de Matriz de Decisão	40
Tabela 2 – Exemplo de Matriz de Pertinências	40
Tabela 3 – Matriz de Pontuações - THOR - S1	43
Tabela 4 – Matriz de Pontuações - THOR - S2	43
Tabela 5 – Matriz de Pontuações - THOR - S3	43
Tabela 6 – Matriz de Pontuações - THOR 2 - S1	46
Tabela 7 – Matriz de Pontuações - THOR 2 - S2	46
Tabela 8 – Matriz de Pontuações - THOR 2 - S3	46
Tabela 9 – Tabela comparativa dos parâmetros de fragatas e destróieres modernos	52
Tabela 10 – Alternativas e critérios utilizados no estudo	55
Tabela 11 – Pesos Atribuídos aos Critérios	56
Tabela 12 – Limiares de preferência e discordância dos critérios	56
Tabela 13 – Pertinência das alternativas, dos pesos e dos critérios	57
Tabela 14 – Ordenação das alternativas - THOR	59
Tabela 15 – Ordenação das alternativas - THOR 2	60
Tabela 16 – Ordenação das alternativas - THOR 2 (Cenário Adicional)	60
Tabela 17 – Alternativas e critérios utilizados no cenário 01	62
Tabela 18 – Pertinência das alternativas e dos critérios no cenário 01	63
Tabela 19 – THOR 2: Ordenação S1	64
Tabela 20 – THOR 2: Ordenação S2	64
Tabela 21 – THOR 2: Ordenação S3	64
Tabela 22 – THOR 2: Ordenação após eliminação dos critérios Velocidade Máxima e Tripulação	65
Tabela 23 – THOR 2: Ordenação após eliminação dos critérios Raio de Ação e Tripulação	66
Tabela 24 – THOR 2: Ordenação após eliminação dos critérios Velocidade Máxima e Raio de Ação	67
Tabela 25 – THOR: Ordenação S1	68
Tabela 26 – THOR: Ordenação S2	68
Tabela 27 – THOR: Ordenação S3	68
Tabela 28 – TCA Software THOR1 - Ordenação original x Após retirada de critérios	70
Tabela 29 – TCA THOR 2 - Ordenação original x Após retirada do critério Tripulação	71
Tabela 30 – TCA NEBULOSA - Ordenação original x Após retirada dos critérios .	72
Tabela 31 – Alternativas e critérios utilizados no cenário 02	81
Tabela 32 – Pertinência das alternativas e dos critérios no cenário 02	82
Tabela 33 – Alternativas e critérios utilizados no cenário 03	83

Tabela 34 – Pertinência das alternativas e dos critérios no cenário 03 84

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAEW	<i>Anti-Air Warfare</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AMD	Apoio Multicritério à Decisão
ANP	<i>Analytic Network Process</i>
APAR	<i>Active Phased Array Radar</i>
ASuW	<i>Anti-surface warfare</i>
ASW	<i>Anti-submarine warfare</i>
BWL	Boca na linha d'água
CIWS	<i>Close-in weapon system</i>
CODAG	<i>Combined Diesel and Gas</i>
CODLAG	<i>Combined Diesel Electric and Gas</i>
CODOG	<i>Combined Diesel or Gas</i>
DEA	<i>Data Envelopment Analysis</i>
DISPL. FL.	Massa deslocada
ELECTRE	<i>Elimination and Choice Translating Reality for Enrichment Evaluation</i>
END	Estratégia Nacional de Defesa
ESSM	<i>Evolved Sea Sparrow Missile</i>
FA	Forças Armadas
HE	Helicóptero
IEP	Propulsão elétrica integrada
INPI	Instituto Nacional de Propriedade Industrial
Kts	Nós (velocidade)
L	Comprimento
LWL	Comprimento da linha d'água

MACBETH	<i>Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique</i>
MADM	<i>Multi-Attribute Decision Making</i>
MAUT	<i>Multiple Attribute Utility Theory</i>
MB	Marinha do Brasil
MCDA	<i>Multiple-criteria Decision Aiding</i>
MCDM	<i>Multiple-Criteria Decision Making</i>
MODM	<i>Multi-Objective Decision Making</i>
OND	Objetivos Nacionais de Defesa
PAAMS	<i>Practical Applications of Agents and Multi-Agent Systems</i>
PROMETHEE	<i>Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation</i>
RS	<i>Rough Sets</i>
SAD	Sistema de Apoio à Decisão
SM-2	<i>Standart Missile-2</i>
SMART	<i>Simple Multi Criteria Attribute Rating Technique</i>
T	Calado
TCA	Teoria dos Conjuntos Aproximativos
TCN	Teoria dos Conjuntos Nebulosos
THOR	Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas
TODIM	Tomada de Decisão Interativa Multicritério
TOPSIS	<i>Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution</i>
USD	<i>United States Dollar</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

p	Limite de Preferência
q	Limite de Indiferença
Σ	Somatório
\rightarrow	Implica
\cup	União
\subseteq	Subconjunto próprio de
\forall	Para todo
\cap	Interseção
α	Alfa
ϕ	Fi
γ	Gama
\neq	Diferente

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	MOTIVAÇÃO	18
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	19
1.3	OBJETIVO	19
1.3.1	OBJETIVO GERAL	19
1.3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4	CONTRIBUIÇÕES ESPERADAS	20
1.5	ESTRUTURA DO TRABALHO	20
2	CONCEITOS BÁSICOS E ESTADO DA ARTE	22
2.1	APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (AMD)	22
2.2	O MÉTODO THOR	24
2.2.1	ESCALAS DE MEDIÇÃO	27
2.2.2	TEORIA DOS CONJUNTOS APROXIMATIVOS (TCA)	28
2.2.3	TCA NEBULOSA	31
3	TRABALHOS RELACIONADOS	33
3.1	SÍNTESE DAS APLICAÇÕES DO MÉTODO THOR	36
4	THOR 2	39
4.1	EVOLUÇÃO AXIOMÁTICA	39
4.2	EXEMPLO PRÁTICO	40
4.2.1	APLICAÇÃO NO THOR	40
4.2.2	APLICAÇÃO NO THOR 2	44
5	ESTUDO DE CASO	48
5.1	ESTRATÉGIA PARA COMPRA DE OPORTUNIDADE DE UMA FRAGATA PARA A MARINHA DO BRASIL	48
5.2	ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS THOR E THOR 2	58
5.2.1	VALIDAÇÃO DA FUNÇÃO DE PERTINÊNCIA DO MÉTODO THOR 2	60
5.2.2	APLICAÇÃO DO TCA	69
5.2.3	APLICAÇÃO TCA NEBULOSA	71
6	CONCLUSÃO	73
6.1	TRABALHOS FUTUROS	74

REFERÊNCIAS	75
A – TABELAS DO ESTUDO DE CASO - CAPÍTULO 5	80
B – APLICAÇÃO TCA - THOR1 - ESTUDO DE CASO	85
C – APLICAÇÃO TCA - THOR2 - ESTUDO DE CASO	100
D – CONTRIBUIÇÕES PARA A PESQUISA	115

1 INTRODUÇÃO

Tomar decisões é intrínseco da natureza humana. A tomada de decisões é considerada um processo cognitivo que resulta na seleção da alternativa que, dentre uma gama de possibilidades, melhor atende as necessidades impostas por uma dada situação, com base no conjunto de valores, preferências e crenças de um centro decisor (um indivíduo ou um grupo de indivíduos) (3). Segundo Saaty(4), somos todos tomadores de decisões, tudo o que fazemos consciente ou inconscientemente é resultado de alguma decisão. Dessa forma, são reunidas informações na tentativa de auxiliar na compreensão dos fenômenos que, de fato, estão ocorrendo, a fim de desenvolver bons julgamentos para a tomada de decisões. Para Gomes e Gomes(5), o processo de decisão requer a existência de um conjunto de alternativas factíveis para a sua composição, em que cada decisão (escolha de uma alternativa factível) tem associados um ganho e uma perda.

A busca contínua por “melhores” decisões impulsionou o desenvolvimento de métodos que apoiassem o processo de decisão, conduzindo a um resultado mais satisfatório. A utilização dos métodos de apoio multicritério à decisão (AMD) permitiu um melhor entendimento das dimensões do problema, mediante o estudo minucioso das características estabelecidas pelo decisor, como por exemplo, a análise da situação, das prioridades, alternativas e resultados esperados (6).

Santos(7) apresenta a espiral do processo decisório, concebida como uma abstração mental, uma vez que o processo decisório acerca de um problema se desdobra em oito etapas, partindo de uma situação problemática, até a decisão de implementação ou não do modelo. A partir daí a percepção da situação problemática ganha uma nova dimensão, incorporando novos fatos da realidade subjacente que antes não haviam sido considerados. Isso levará a um novo entendimento do problema, e, talvez, conduzirá a um novo objetivo, fazendo com que todo o processo se repita.

1.1 Motivação

O AMD auxilia os tomadores de decisão na análise de ações ou alternativas potenciais em situação de múltiplos fatores e critérios conflitantes (qualitativos e quantitativos), através da utilização de regras de decisão na agregação desses critérios com o fim de avaliar ou classificar as alternativas (8). Dentre os métodos, o THOR (um acrônimo para AlgoriTmo Híbrido de ApoiO MulticritÉRio à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas) busca, por intermédio de um processo decisório, ordenar alternativas discretas, eliminando critérios redundantes e verificando, por exemplo, a existência de duplicidade de informações, elevação da imprecisão do processo de decisão ou quantificação

desta imprecisão (9).

O THOR já foi aplicado em diversas áreas de atuação com referido sucesso, mostrando-se um método de grande potencial. A robustez do modelo foi testada em comparações de seus resultados com outros métodos. No entanto, devido à complexidade do mesmo e a descontinuidade no desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão (SAD), criado juntamente com o método em 1999 (10), sua utilização ficou restrita a um número limitado de pesquisadores, uma vez que o sistema foi desenvolvido para a plataforma *Windows XP* e anteriores. Este fato contribui, significativamente, na contenção do avanço e consolidação do THOR como ferramenta de AMD no âmbito acadêmico e empresarial, de forma que inúmeros problemas decisórios reais e oportunidades de interação entre pesquisadores, universidades e organizações deixam de ser concretizadas.

1.2 Caracterização do Problema

Devido à complexidade do método e a descontinuidade no desenvolvimento do SAD, sendo o mesmo restrito ao uso em plataforma *Windows XP* e anteriores, a sua utilização fica limitada a um pequeno número de pesquisadores. As inúmeras aplicações do método THOR, no entanto, mostram sua relevância e aplicabilidade. Diante do contexto apresentado, surge o seguinte questionamento: É possível revisitar o desenvolvimento axiomático do método THOR e fornecer uma ferramenta de difusão do método entre a comunidade científica?

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo propor uma evolução do método de apoio à tomada de decisão multicritério THOR. A evolução a ser implementada possuirá/incluirá uma variação axiomática do método THOR, denominada THOR 2, realizada de forma conjunta com o autor, contemplando a evolução natural do conhecimento a ser incorporada no algoritmo.

1.3.2 Objetivos Específicos

Desenvolver uma ferramenta computacional para o THOR 2, de modo a tornar a utilização dos método mais acessível.

Apresentar, por meio de um estudo de caso, uma estratégia para seleção de uma fragata para compra de oportunidade para a Marinha do Brasil mediante uma

intercomparação entre os métodos THOR e THOR 2, levando em consideração uma gama de meios atuais de várias Marinhas, a partir do referencial abordado em Vogt(11):

Validar a função de pertinência proposta para o THOR 2 por meio da comparação em diferentes cenários.

Utilizar a Teoria dos Conjuntos Aproximativos (TCA) e a TCA Nebulosa para estabelecer quais critérios podem ser eliminados no estudo de caso apresentado.

1.4 Contribuições Esperadas

Pretende-se, dessa forma, mediante o THOR 2, desenvolver uma modelagem mais robusta, levando em consideração parâmetros não considerados previamente, além de propor uma ferramenta intuitiva e de fácil utilização em *Python*. A disponibilização de um *software* permitirá que pesquisadores comparem seus resultados com outros métodos de apoio à decisão, propondo novas aplicações e, eventualmente, sugerindo melhorias, visando, o crescimento e a difusão do método. De modo a contribuir para a comunidade científica, pretende-se realizar a publicação de artigos em simpósios e periódicos de relevância acadêmica, além de efetuar o registro dos *softwares* THOR1 e THOR 2 junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI).

1.5 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está dividida em seis capítulos, sendo este de caráter introdutório.

O segundo capítulo contextualiza, em sua primeira seção, o referencial teórico sobre análise de decisão multicritério e seus principais métodos. A segunda seção contempla o referencial teórico do método THOR.

O terceiro capítulo aborda os trabalhos relacionados.

O quarto capítulo aborda a variação axiomática proposta para o THOR. Além disso, é demonstrado, nele, um exemplo prático, explicitando as modificações propostas, resolvido sob a perspectiva dos métodos THOR e THOR 2.

O quinto capítulo aborda um estudo de caso sobre uma estratégia para compra de oportunidade de uma fragata para a Marinha do Brasil. O estudo teve como objetivo fundamentar a escolha de um navio para a Marinha do Brasil prevendo preencher a lacuna deixada entre a desativação dos navios atuais, que se encontram próximos do fim da vida útil, e a entrada em serviço dos novos navios. Para tal, foi empregado o método THOR. Foi feita uma análise comparativa entre os métodos THOR e THOR 2, detalhando os seus resultados. No mesmo capítulo, realizou-se a validação da função pertinência do

THOR 2. Além disso, aplicou-se os módulos da TCA e TCA Nebulosa descrevendo os seus resultados.

No sexto capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho. Em seguida, é descrito o prosseguimento da pesquisa no sentido de fuzzificar o método THOR 2, onde é apresentado um fluxograma introdutório sobre o modelo proposto.

2 CONCEITOS BÁSICOS E ESTADO DA ARTE

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos básicos e estado da arte abordados nesta dissertação. Nele, são introduzidos os conceitos que são base para o entendimento do tema e da solução proposta.

2.1 Apoio Multicritério à Decisão (AMD)

Diante de um cenário com problemas organizacionais cada vez mais complexos, exige-se o desenvolvimento de métodos estruturados que consigam apoiá-lo em sua tomada de decisões. Nesse contexto mutante e volátil, uma análise multicritério deve ser feita sob múltiplas perspectivas, tanto quantitativas quanto qualitativas. A Figura 1 apresenta um *framework* proposto por Almeida(1) para a construção de um modelo multicritério. Esse *framework* subdivide-se em três blocos de atividades, quais sejam: a fase preliminar, a modelagem de preferências e escolha do método e a finalização. O primeiro bloco de atividades, a fase preliminar, contempla as atividades relacionadas ao entendimento do problema, são elas: caracterizar decisor(es) e outros fatores, identificar objetivos, estabelecer critérios, estabelecer espaço de ações e problemática e identificar fatores não controlados. O segundo bloco de atividades, modelagem de preferências e escolha do método, relaciona-se com o processo de modelagem matemática propriamente dito, desdobrando-se nas seguintes atividades: efetuar modelagem de preferências, efetuar avaliação intracritério e efetuar avaliação intercritério. O terceiro bloco de atividades, denominado finalização, está relacionado com a validação do modelo e a análise de sensibilidade, sendo composto pelas seguintes atividades: avaliar alternativas, efetuar análise de sensibilidade, analisar resultados e elaborar recomendação, e, finalmente, implementar a decisão.

Os AMD consideram os julgamentos do decisor frente a determinado problema na comparação paritária intercritérios, partindo dos pressupostos da racionalidade e da transitividade. Por isso, na maioria das vezes, o modelo matemático incorpora algum tipo de análise de consistência. Kułakowski(12) salienta que, como a comparação paritária é feita pelos especialistas, que, como seres humanos, cometem erros, o fenômeno da inconsistência é algo natural. O algoritmo que gera o *ranking* de alternativas deve levar isso em consideração.

O apoio multicritério à decisão, em inglês *Multiple-Criteria Decision Making* (MCDM) ou MCDA (*multiple criteria decision aiding*), refere-se ao ramo da tomada de decisão que lida com a presença de diferentes critérios sob situação de conflito. Esta classe subdivide-se em duas abordagens: Tomada de Decisão Multiobjetivo, *Multi-Objective*

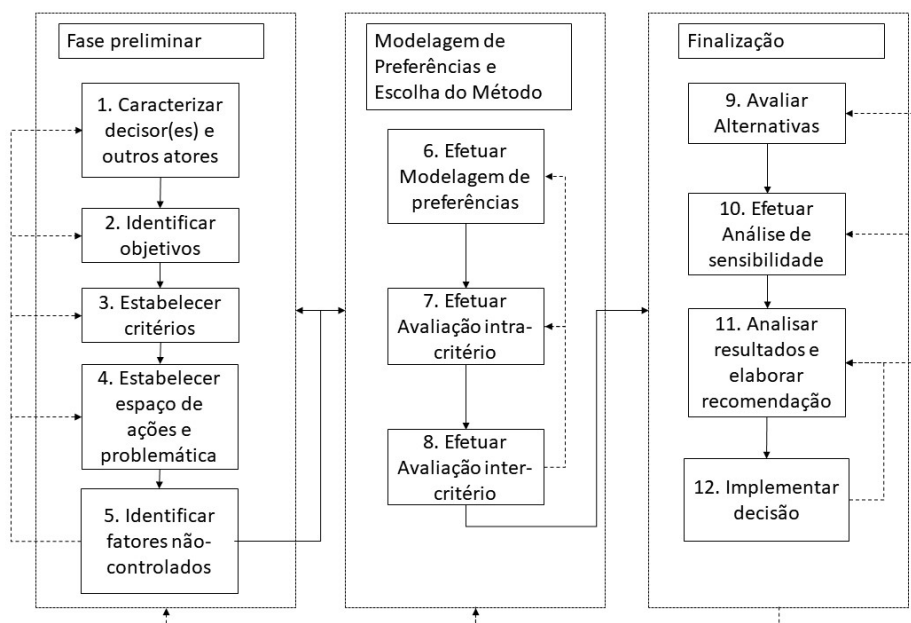


Figura 1 – *Framework* para a construção de um modelo multicritério. Figura adaptada de (1).

Decision Making (MODM) e Tomada de Decisão Multiatributo, *Multi-Attribute Decision Making* (MADM) (13). O MODM lida com problemas cujo espaço de decisão é contínuo, associando-se à programação matemática com múltiplas funções objetivo. Nele, um conjunto de funções objetivo é “otimizado”, sujeito a um conjunto de restrições, procurando-se a solução mais satisfatória. Por outro lado, a MADM se concentra em problemas de espaços de decisão discretos e consiste na seleção sobre um conjunto de alternativas, sob múltiplos e conflitantes atributos/critérios, apresentando um número limitado (finito) de alternativas, devendo as mesmas serem descritas por meio de seus atributos/critérios relacionados (14, 15, 16).

Os métodos AMD classificam-se de diferentes maneiras. A classificação de maior relevância é a que subdivide os métodos de agregação por meio de critério único de síntese/compensatório (Escola Americana) e métodos de sobreclassificação/não compensatórios (Escola Francesa), também denominada Escola Europeia (17).

A Escola Americana tem um conjunto de seus métodos voltados à utilização da teoria da utilidade multiatributo. Um outro conjunto é centrado na ideia de especificar resultados desejáveis utilizando programação matemática para se aproximar do valor do critério associado às alternativas. A Escola Europeia, no entanto, se afasta da ideia da busca pela obtenção de um critério único de síntese e desenvolve relações de sobreclassificação para auxiliar os tomadores de decisão na comparação das alternativas em uma abordagem por pares que possibilite ranquear as suas preferências de formas distintas (18, 19). Os métodos AHP - *Analytic Hierarchy Process* (20), ANP - *Analytic Network Process* (21), MAUT - *Multiple Attribute Utility Theory* (22), MACBETH - *Measuring Attractiveness*

by a Categorical Based Evaluation Technique (23), SMART - Simple Multi Criteria Attribute Rating Technique (24), TODIM - Tomada de Decisão Interativa Multicritério (25) e TOPSIS - Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (26) seguem a filosofia da Escola Americana (compensatória). Já os métodos da Família ELECTRE - Elimination and Choice Translating Reality for Enrichment Evaluation (27) e PROMETHEE - Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation (28) seguem os preceitos da Escola Europeia (não compensatória). Rangel e Gomes (17) afirmam, no entanto, que os métodos MACBETH e TODIM possuem elementos técnicos de ambas as escolas. O THOR é classificado pelos próprios autores como híbrido (10, 29).

No quadro 1, encontram-se os principais métodos AMD presentes na literatura distribuídos de acordo com a escola que pertencem.

Quadro 1 – Distribuição dos métodos AMD

Escola Americana	Escola Francesa (Europeia)	Híbrido
AHP	FAMÍLIA ELECTRE	THOR
ANP	FAMÍLIA PROMETHEE	
MAUT		
MACBETH		
SMART		
TODIM		
TOPSIS		

2.2 O Método THOR

O THOR baseia-se em três algoritmos para uso simultâneo: Modelagem de Preferência (aproximando-o da Escola Francesa), Teoria da Utilidade e Teoria de Multiatributo (aproximando-o da Escola Americana). A utilização conjunta destas teorias propicia que a atratividade de uma alternativa seja quantificada, pela criação de uma função agregação não-transitiva (30). 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 (31).

De acordo com Gomes(32), as principais contribuições do THOR a teoria de multicritério envolvem:

- apresentar um algoritmo híbrido que engloba conceitos da Teoria dos Conjuntos Aproximativos (TCA), Teoria dos Conjuntos Nebulosos, Teoria da Utilidade e modelagem de preferências;
- ordenar alternativas discretas em processos decisórios transitivos ou não;

- eliminar critérios redundantes, considerando se há dualidade na informação por meio da TCA e se ocorre imprecisão no processo decisório mediante a utilização da teoria dos conjuntos nebulosos;
- quantificar a imprecisão, utilizando-a no AMD;
- 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;
- permitir que os decisores, no caso de não serem capazes de atribuir pesos para 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 os mesmos, podendo ser classificado, portanto, como método cardinal e parcialmente ordinal;
- eliminar a necessidade de atribuição de um valor, normalmente arbitrário para a concordância, conforme alguns algoritmos que tem 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_j) e de indiferença (q_j) para cada critério j , estabelecimento da discordância e a pertinência dos valores dos pesos atribuídos a cada critério, assim como a pertinência da classificação da alternativa no critério (33).

Para Vieira et al.(34), o fato de se estabelecer uma discordância para cada critério se relaciona com a não existência de critérios nos quais a intensidade de preferência de b em relação a a ultrapasse um limite aceitável.

Diante da falta de segurança e imprecisão no julgamento de valor empregado nos AMD, 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 (29, 30).

Dadas duas alternativas a e b , três situações devem ser consideradas na utilização do THOR: S1, S2 e S3. Na utilização da situação S1, as alternativas só tem sua atratividade pontuada em situações onde ocorre aP_jb . Desta forma, comparando a alternativa a com as demais alternativas, podemos identificar os critérios em que aP_jb , considerando 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, sabemos que a domina b . As relações P , I e Q estão expressas nas equações 2.1, 2.2 e 2.3 respectivamente.

$$aPb \leftrightarrow g(a) - g(b) > p \quad (2.1)$$

$$aIb \leftrightarrow -q \leq |g(a) - g(b)| \leq q \quad (2.2)$$

$$aQb \leftrightarrow q < |g(a) - g(b)| \leq p \quad (2.3)$$

As equações 2.4, 2.5 e 2.6 refletem as três situações para que uma alternativa seja classificada melhor do que a outra (10).

$$S1 : \sum_{j=1}^n (w_j | aP_jb) > \sum_{j=1}^n (w_j | aQ_jb + aI_jb + aR_jb + bQ_ja + bP_ja) \quad (2.4)$$

$$S2 : \sum_{j=1}^n (w_j | aP_jb + aQ_jb) > \sum_{j=1}^n (w_j | aI_jb + aR_jb + bQ_ja + bP_ja) \quad (2.5)$$

$$S3 : \sum_{j=1}^n (w_j | aP_jb + aQ_jb + aI_jb) > \sum_{j=1}^n (w_j | aR_jb + bQ_ja + bP_ja) \quad (2.6)$$

Na utilização da situação S2, as alternativas têm sua atratividade pontuada em situações onde ocorre aP_jb e aQ_jb . Já na utilização da situação S3, as alternativas têm sua atratividade pontuada em situações onde ocorre aP_jb , aQ_jb e aI_jb . Nas situações S2 e S3, verificam-se um cenário mais flexível, no qual uma menor diferença entre as alternativas permite classificar uma alternativa como melhor que outra (17).

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 a 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) (35).

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 de verdadeiro critério, quando os valores de p e q assumem valor igual a zero, leva à igualdade dos ordenamentos correspondentes a S1 e S2 (32, 29).

2.2.1 Escalas de Medição

Escala é um conjunto de símbolos ou números, construído com base numa regra, e aplica-se a indivíduos ou aos seus comportamentos ou atitudes (36). As principais escalas de medidas são: nominal, ordinal, intervalos e razões.

- Escala Nominal: Divide os dados em categorias mutuamente exclusivas e coletivamente exaustivas. Alguns exemplos são: gênero (masculino/feminino) e *status* de uma aplicação (pendente/não pendente). A escala nominal, por vezes precisa ser convertida em uma escala cardinal ou ordinal.
- Escala Ordinal: Os valores deste tipo de escala podem ser ordenados, no entanto, as diferenças entre os valores não podem ser interpretadas de maneira significativa. Como exemplo de escalas ordinais, pode-se citar: níveis de educação (ensino fundamental, ensino médio e graduação) e níveis de satisfação com a compra de um produto (insatisfeito, satisfeito e muito satisfeito).
- Escala de Intervalos: A escala de intervalos tenta atribuir números que representem a “distância psicológica” que o decisor vê, as opções de um critério e/ou preferências entre alternativas. A diferença entre os fatores é estabelecida através do comprimento do intervalo que os separa. Um exemplo é a escala de temperatura. Uma temperatura de 30°C não é duas vezes mais quente do que 15°C. Fazendo a conversão para a escala Fahrenheit, 30°C equivale a 86°F, já 15°C, equivale a 59°F. Nesta escala, 0°C não significa ausência de temperatura. Desta forma, é permitida a realização de somas e médias, no entanto, a operação de divisão é ilegítima.
- Escala de Razões: Esta escala possui todas as características presentes nas escalas já discutidas, possuindo, no entanto, um zero absoluto, que expressa ausência de quantidade. Caso determinada pessoa tenha ficado 15 minutos em uma fila e outra pessoa tenha ficado 30 minutos, pode-se afirmar que a segunda ficou o dobro do

tempo da primeira na fila. A escala de razões permite a utilizar todas as operações aritméticas. São exemplos de escalas de razão: idade, velocidade, peso e altura.

2.2.2 Teoria dos Conjuntos Aproximativos (TCA)

A Teoria dos Conjuntos Aproximativos ou Teoria dos *Rough Sets* (37) trata da questão da granularidade da concepção do problema, sendo utilizada na representação do conhecimento, tratamento da incerteza e imprecisão. A granularidade causa indiscernibilidade, impedindo a revelação de estruturas ou padrões de classificação. A TCA auxilia na transformação dos dados em conhecimento, buscando identificar conjuntos de elementos que não podem ser precisamente definidos no que concerne a seus atributos (38). Conjuntos aproximados podem ser comparados a conjuntos com fronteiras nebulosas, uma vez que não podem ser caracterizados de forma precisa utilizando-se dos atributos disponíveis (2).

A TCA é a primeira metodologia não estatística para análises de dados, tendo como vantagem o fato de não necessitar de nenhuma informação adicional ou preliminar a respeito dos dados, tais como distribuições de probabilidade, atribuição de probabilidades, de acordo com a Teoria de Dempster-Shafer (39) e o Teorema de Bayes (40), ou mesmo, os graus de pertinência na Teoria de Conjuntos *Fuzzy* (41).

A TCA, quando indica que determinado critério é suficiente para ordenar as alternativas, significa que os demais critérios são irrelevantes. Desta forma, se um dado critério é retirado da matriz de decisão, a ordem das alternativas não sofre alteração. O fato se dá devido a proximidade da classificação das alternativas nos critérios e nos pesos, tornando o processo irrelevante (42).

De acordo com a TCA, um conjunto de conceitos elementares pode originar um conceito preciso, ou aproximativo, ou impreciso. A aproximação inferior de um conceito é a união de todos os conceitos elementares que estão inclusos naquele conceito; enquanto que a aproximação superior é a união de todos os conceitos elementares que têm alguma interseção (não vazia) com o conceito em questão. A diferença entre essas aproximações é conhecida como região de fronteira. Na aproximação superior, estão todos os critérios, já na aproximação inferior, estão presentes os critérios relevantes. A retirada desses critérios altera a ordenação das alternativas inicialmente sugerida com todos os critérios. O uso da TCA permite avaliar e garantir que não houve perda de informação na ordenação (30).

Segundo Gomes e Gomes(5), a TCA é importante para:

- avaliar a importância de um critério particular, determinando quais critérios são os mais importantes e definir o conjunto mínimo de critérios para um processo de decisão;
- eliminar redundâncias em uma tabela de decisão, permitindo a retirada de critérios

irrelevantes;

- determinar as regras que diminuem uma tabela de decisão ou avaliar as regras existentes;
- gerar um conjunto mínimo de regras de decisão;
- gerar um grupo exaustivo de regras que inclua todas as possibilidades de regras existentes;
- avaliar conflito de opiniões entre especialistas;
- representar um conhecimento ambíguo
- representar conhecimentos adquiridos de forma empírica;
- caracterizar objetos de acordo com critérios e/o atributos, permitindo a determinação de dependência parcial ou total entre os critérios e/ou atributos;
- tratar informações qualitativas e quantitativas

Na TCA, as informações do modelo de dados são armazenadas em uma tabela. Cada linha (tuplas) representa um fato ou um objeto e cada coluna representa um atributo (variável, observação, propriedade, etc.) que pode ser observado ou medido para um objeto. Frequentemente, os fatos não são consistentes entre si. Na terminologia *Rough Set*, uma tabela de dados é chamada de Sistema de Informação. Assim, a tabela de informações representa dados de entrada, coletados de qualquer domínio.

O sistema de informações é um par ordenado $S = (U; A)$, onde U é um conjunto de objetos finitos não vazios e A é um conjunto de atributos finitos não vazios, tal que $a: U \rightarrow V_a$ para todo $a \in A$. O conjunto V_a se configura como um conjunto de valores de a . Uma forma particular do sistema de informação é adicionando um atributo distinto dos atributos condicionais, com o objetivo de criar classes. Essa forma do sistema de informação é chamada de sistema de decisão, onde $S = (U; A \cup d)$ e $d \notin A$ é o atributo de decisão.

As tabelas podem conter muitos objetos com os mesmos recursos. Uma maneira de reduzir o tamanho da tabela é armazenar apenas um objeto representativo para cada conjunto de objetos com os mesmos recursos. Esses objetos são chamados de objetos ou tuplas indiscerníveis.

Dado $S = (U; A)$ como sistema de informação, então com qualquer $B \subseteq A$ existe uma relação de equivalência. A equação pode ser descrita na equação 2.7

$$IND_A(B) = \{(x, x') \in U^2 \mid \forall a \in B, a(x) = a(x')\} \quad (2.7)$$

IND(B) é chamada de relação de B-indiscernibilidade. Se $(x, x') \in \text{IND}(B)$, então objetos x e x' são indiscerníveis ou iguais a qualquer atributo de B.

Para cada classe e para o conjunto de atributos considerado, existem regiões ou aproximações determinadas pela relação de indiscernibilidade:

- Aproximação inferior: conjunto de objetos que pertencem positivamente ao conjunto destino (Equação 2.8)

$$\underline{B}X = \{x \mid [x]_B \subseteq X\} \quad (2.8)$$

- Aproximação superior: conjunto de objetos que possivelmente pertencem ao conjunto destino (Equação 2.9).

$$\overline{B}X = \{x \mid [x]_B \cap X \neq \emptyset\} \quad (2.9)$$

O conjunto $RF(X) = \overline{B}X - \underline{B}X$ é chamado de região de fronteira. Esta região possui apenas os elementos que não se classificam com certeza como pertencentes em X, utilizando o conjunto de atributos B. Dessa maneira, é formada pelos elementos de U que pertencem à aproximação superior, no entanto, não pertencem à aproximação inferior. O conjunto $U - \overline{B}X$ é chamado de região negativa. Esta região contém os objetos que com certeza não podem ser classificados como pertencentes à aproximação superior B(X), utilizando o conjunto de atributos B. Um conjunto é considerado impreciso se sua região de fronteira não estiver vazia, caso contrário, o conjunto é preciso. As propriedades das aproximações dos conjuntos precisos estão representadas na Figura 2.

Um conjunto aproximado pode ser caracterizado por um coeficiente para medir a qualidade das aproximações (Equação 2.10):

$$\alpha_B(X) = \frac{|\underline{B}(X)|}{|\overline{B}(X)|} \quad (2.10)$$

$\underline{B}(X)$ e $\overline{B}(X)$ denotam a cardinalidade das Aproximações Inferior e Superior, respectivamente. O valor do coeficiente estará compreendido entre 0 e 1. Caso $\alpha_B(X)$ assumo o valor 1, X é preciso em relação ao conjunto de atributos B. No entanto, se $\alpha_B(X)$ assumir um valor menor que 1, X é impreciso em relação ao conjunto de atributos B. O coeficiente $\alpha_B(X)$ pode ser entendido como o percentual de todos os elementos possivelmente classificados como pertencentes a X (43).

A dependência de atributos descreve quais variáveis estão fortemente relacionadas a quais outras variáveis. Um conjunto de atributos D depende totalmente de C ($C \Rightarrow D$), se todos os valores nominais de D forem univocamente determinados por valores nominais

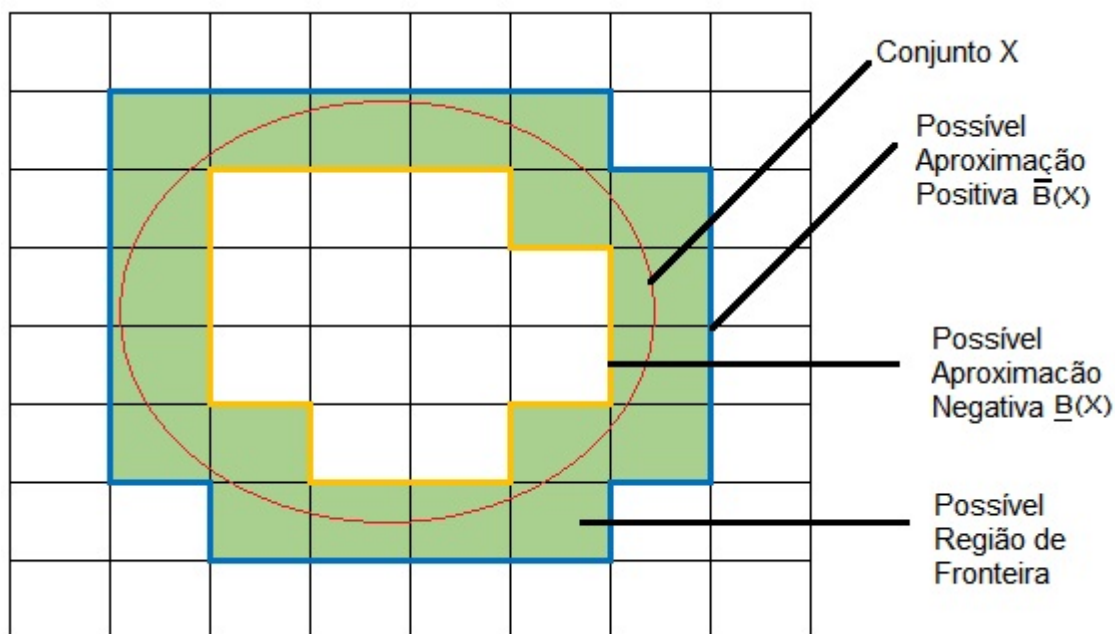


Figura 2 – Propriedades das regiões de X. Figura adaptada de (2).

dos atributos de C. Em resumo, D depende totalmente de C se existir uma dependência funcional entre valores nominais de C e D. Sejam C e D subconjuntos de S. O grau de dependência de D em relação a C é dado por (Equação 2.11):

$$\gamma(C, D) = \sum_{X \in U/D} \frac{|C(X)|}{|U|} \quad (2.11)$$

Se $\gamma(C, D)$ assumir o valor 1, D depende totalmente de C. Caso, $\gamma(C, D)$ seja menor que 1, há uma dependência parcial de D para com C.

Os mesmos objetos ou indiscerníveis podem ser representados várias vezes. Alguns dos atributos podem ser supérfluos ou redundantes. Deve-se manter apenas os atributos que preservam a relação de indiscernibilidade e consequentemente estabelecem uma aproximação. O conjunto de atributos que podem, por si só, caracterizar completamente o conhecimento no banco de dados é conhecido como redução. Já o núcleo pode ser interpretado como a parte mais importante desse conhecimento, ou seja, a coleção dos atributos mais importantes de um sistema do conhecimento.

2.2.3 TCA Nebulosa

A TCA não é uma evolução da teoria dos conjuntos nebulosos. A TCA baseia-se na indiscernibilidade dos objetos, na dificuldade em estabelecer a qual conjunto pertence determinado objeto. Já a teoria dos conjuntos nebulosos, baseia-se na análise de má definição da fronteira dos conjuntos ou subclasse dos conjuntos. A medida que a indiscernibilidade

e imprecisão são duas expressões do conhecimento imperfeito, é incerto considerar a TCA uma abordagem alternativa à teoria dos conjuntos nebulosos (5).

O módulo da TCA Nebulosa verifica a relevância do critério no processo decisório, averiguando se a retirada do critério irrelevante aumenta a nebulosidade do processo decisório. Caso exista um aumento na nebulosidade, o módulo não sugere a exclusão do critério, ficando a critério do decisor retirá-lo ou não. A sua retirada, no entanto, implica um aumento na quantificação da imprecisão (38).

3 TRABALHOS RELACIONADOS

O THOR foi criado por Gomes em 1999 (10) e, desde então, sua metodologia tem sido aplicada para resolver diversos problemas que envolvem análises multicritério. A seguir, serão descritos alguns estudos que utilizaram a metodologia em diferentes nichos de mercado, evidenciando a versatilidade do método.

Gomes e Costa(30) avaliaram diferentes tecnologias de pagamento eletrônico comumente aplicadas no Brasil mediante os métodos AMD THOR (S1, S2 e S3), ELECTRE (I e II) e PROMETHÉE II. O estudo buscou avaliar se existiam diferenças, e quais eram, quando as três metodologias eram aplicadas para resolver o problema de escolha do modo de pagamento eletrônico por cartão de crédito. Os autores realizaram uma busca relevante sobre a utilização de cartões de crédito no país, em seguida definiram os critérios necessários para aplicação das metodologias, bem como suas características, pesos e alternativas. Ao aplicar os três métodos de ordenação, constataram que os métodos THOR S3, ELECTRE II e PROMETHÉE II convergiram para a adoção de um tipo de cartão de crédito, enquanto que os métodos THOR S1, S2 indicaram empate entre as alternativas e ELECTRE I incomparabilidade entre as mesmas. Assim, verificando a robustez dos resultados, foi possível obter uma ordenação e auxiliar o decisor na análise necessidades da organização e optar pela alternativa indicada.

Gomes e Maia(9) analisaram e compararam, por meio do SAD THOR, alguns tipos de energia produzidos por biomassa. O estudo teve como objetivo auxiliar uma empresa no processo de tomada de decisão do tipo de biomassa a ser utilizada na geração de energia. Selecionaram-se cinco tipos de biomassas de possível utilização produzidas no país e quatro critérios. Através de uma análise de sensibilidade, eliminou-se a alternativa que ficou em última colocação em todas as ordenações e, por meio da TCA, retirado um critério considerado irrelevante. Por meio de acordo com os decisores, foi alterado o peso de dois critérios.

Gomes, Gomes e Rangel(44) aplicaram o método TODIM, juntamente com o THOR, na resolução do problema ambiental da água de lastro, utilizando-se de três alternativas e cinco principais grupos de critérios: viabilidade, eficácia biológica, relação custo-benefício, prazo dentro do qual os padrões poderiam ser implementados e impacto ambiental dos subprodutos do processo. Os métodos THOR e TODIM resultaram na mesma classificação para os valores do fator de atenuação de perdas θ iguais a 5.0 e 10.0. No entanto, para o valor de theta igual a 1.0, os métodos apresentaram ordenações diferentes. No entanto, uma vez que este era um problema na escolha de uma tecnologia, para fins práticos, concluiu-se que os dois métodos produziam resultados semelhantes, apesar das bases conceituais e analíticas distintas entre os métodos. O resultado mostrou-se em consonância com outros

dois estudos envolvendo os dois métodos (33, 45). O fato de ambos os métodos entregarem resultados similares sugere que a estruturação abrangente de um problema de decisão e a correta aplicação do método mostram-se igualmente importantes às características técnicas do método em si.

Gomes, Gomes e Maranhão(33) utilizaram os métodos THOR e TODIM, para selecionar a melhor alternativa de destinação do gás natural e apoiar o decisor, considerando o investimento a ser realizado e os objetivos estratégicos da companhia. Esses dois métodos foram aplicados de forma simultânea e mostraram-se extremamente úteis na recomendação de projetos de upstream, uma vez que foi possível identificar de forma clara as alternativas mais importantes diante dos cenários testados e dos critérios listados. Como resultado do detalhamento aplicado, foi possível identificar eventuais inversões no ranking das opções, o que permitiria sua reavaliação devido à restrição de recursos, por exemplo. Os autores deixam claro que as características individuais de cada método foram preservadas e que em momento algum tiveram a intenção de integrar os dois métodos. A abordagem conjunta TODIM-THOR se mostrou uma metodologia multicritério de boa aceitação em virtude de seu embasamento teórico, pelo seu foco interativo e, sem dúvidas, pela praticidade de sua aplicação. Salienta-se que o THOR e o TODIM foram desenvolvidos no Brasil antes do Século XXI, fazendo parte dos primeiros métodos multicritério a serem desenvolvidos neste país.

Gomes, Gomes e Rangel(45) utilizaram os métodos multicritério THOR e TODIM na avaliação de imóveis residenciais para aluguel na cidade de Volta Redonda, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. O estudo buscou determinar um valor de referência para os aluguéis dessas propriedades, que possuíam características distintas, servindo como uma importante fonte de informação para os proprietários e para as imobiliárias. Utilizou-se, como base, um conjunto de 6 alternativas com valores de aluguel conhecidos. Para a avaliação das propriedades foi necessário identificar quais critérios deveriam ser considerados no estudo. Para tal, foram realizadas pesquisas e entrevistas com imobiliárias e especialistas do setor. No presente estudo de caso, a noção de discordância, disponível em THOR e inexistente em TODIM, não foi utilizada. Não foi necessário a utilização da capacidade máxima do THOR, portanto, só foram realizados os cálculos para a situação S3, levando a uma maior diferenciação entre a atratividade das alternativas e a uma redução considerável no número de ligações. Dessa forma, ao inserir os valores das propriedades devidamente conhecidos, foi possível estabelecer um intervalo de valores para as outras propriedades em análise. Após a obtenção dos resultados através da implementação do TODIM, foi realizada uma análise de sensibilidade variando a ponderação do critério de maior importância. Mesmo com a redução do peso do critério, não houve alteração no ranqueamento das alternativas. Alterou-se, também, o valor do fator de atenuação das perdas θ de 1, valor utilizado na primeira implementação, para 5, resultando em uma única troca de posicionamento entre alternativas, demonstrando que o ordenamento obtido foi consistente. No caso da avaliação

da propriedade, ambas as abordagens foram capazes de auxiliar os profissionais do mercado imobiliário a avaliar as alternativas de forma mais clara em relação aos critérios definidos pelos especialistas. Assim, a análise e a solução do problema aqui apresentado, por meio de THOR ou TODIM, refletiu em seus resultados as preferências dos agentes de decisão. Pode-se concluir que ambos os métodos constituem suporte eficiente para a avaliação da propriedade.

Cardoso et al.(31) abordaram, através de dois estudos de caso, sobre a destinação de resíduos plásticos pós-consumo e sobre as consequências provenientes da troca do material da embalagem utilizada. Com o fim de se atingir e manter a sustentabilidade ambiental na gestão de resíduos e materiais, definiram-se critérios e valores que possibilitaram verificar as possíveis alternativas. Por intermédio do THOR, foi possível chegar em uma ordenação das alternativas nos dois casos em função de seus critérios e fatores de decisão, fornecendo, também, uma visão integrada dos atores envolvidos.

Gomes et al.(29) apresentaram dois estudos de caso nos quais os decisores apresentavam preferências distintas. O primeiro estudo de caso abordou a análise de alternativas de disposição de resíduos plásticos. Foram considerados quatro tipos de tomadores de decisão: governo, empresários, consumidores e integrado, que representava um ponto de vista balanceado, alcançado por negociações entre os tomadores de decisão. A grande diversidade entre os decisores, evidenciada pelos diferentes propósitos, conhecimentos e nível de conformidade ambiental dos agentes envolvidos e as alternativas de descarte de resíduos plásticos levantadas, mostraram uma valorização diferenciada de cada alternativa por parte dos decisores. Embora as alternativas melhor avaliadas tenham obtido pontuações ligeiramente diferentes (S1, S2 e S3), a posição relativa das alternativas não foi alterado, prevalecendo sobre todas as outras na visão de cada tomador de decisão.

O segundo estudo teve como temática a reciclagem de resíduos de construção e demolição. Os mesmos quatro tipos de tomadores de decisão (governo, empresas, consumidores e integrado) foram considerados utilizando o mesmo método indireto, selecionando-se três especialistas para cada setor. Além das três situações usuais (S1, S2 e S3) com a utilização de pesos, foi utilizado uma quarta abordagem (S3), na qual não havia necessidade de atribuição de pesos. A diferença entre os quatro conjuntos de resultados não alterou a hierarquia das alternativas, três alternativas se mostraram melhores em todos os conjuntos analisados. Os resultados foram agrupados, inicialmente, em quatro conjuntos em ordem decrescente de ordenação de prioridades e, posteriormente transformado em três: alternativas de melhor performance, alternativas de performance média e alternativas de baixa performance. O estudo também levou em consideração, um grau razoável de incerteza, devido à falta de preenchimento de algumas informações. Como solução, foram estimados valores com base em instalações com características semelhantes, introduzindo-os no THOR juntamente com o grau de incerteza de cada uma das informações existentes.

Como contribuição teórica, destaca-se a inclusão melhorias no recurso do índice de pertinência introduzido pela primeira vez pelo THOR, que leva em conta a incerteza das informações fornecidas pelos tomadores de decisão.

Gomes(46) revisou algumas importantes metodologias analíticas e mostra como utilizá-las com o fim de reduzir possíveis conflitos, reduzindo o tempo de negociação e buscando o consenso. O artigo aborda o estudo de dois problemas: identificação do melhor local para construção de uma planta energética na Europa e identificação do melhor terreno para compra, para posterior utilização em uma construção. No primeiro estudo, comparou-se os resultados do software THOR com as sugestões do ELECTRE-GD (variação do ELECTRE III), Prométhée II, ELECTRE III, e AHP “*ternary*” (variação do AHP). No segundo caso buscou-se, pelo uso de três métodos multicritério (AHP “*ternary*”, ELECTRE III e THOR), mostrar que métodos diferentes, mesmo usando os mesmos dados, podem gerar ordenações diferentes, e assim gerar ordenações/sugestões diferentes. Torna-se assim importante a aplicação de mais de um método para tentar identificar, de forma mais segura, qual(is) a(s) alternativa(s) dominada(s).

Vieira et al.(34) utilizaram a metodologia multicritério THOR e a técnica de análise conjunta no apoio a análise do processo de escolha portuária e avaliação do potencial de cada porto de concentração de cargas (“*hub ports*”) em cada porto. Por meio de uma pesquisa bibliográfica, foi possível apontar os critérios de escolha portuária de maior relevância e, através da utilização simultânea do THOR e da técnica de análise conjunta, simular as escolhas geradas por especialistas do setor marítimo-portuário. Por meio da avaliação e classificação dos diferentes perfis, identificou-se a influência de cada atributo no processo de tomada de decisão.

Gomes(32) apresentou uma aplicação do método THOR para o gerenciamento do problema de tratamento da água de lastro dos navios cargueiros, que são responsáveis pelo transporte de novas espécies marinhas para novas regiões culminando em um eminente desequilíbrio ambiental.

3.1 Síntese das aplicações do método THOR

Os Quadros 2 e 3 apresentam um resumo das aplicações do THOR.

Quadro 2 – Distribuição dos artigos por método e setor de aplicação em periódicos

Referências	Métodos	Aplicação
Gomes(32)	THOR, ELECTRE-GD, PROMETHÉE II, ELECTRE III e AHP “TERNARY”	Sistema de tratamento de água de lastro
Gomes(46)	THOR	Construção de uma planta energética e seleção de terreno para compra
Gomes et al.(29)	THOR	Disposição de resíduos plásticos e de resíduos de construção e demolição
Cardoso et al.(31)	THOR	Destinação de resíduos plásticos e de troca de material de embalagem
Gomes, Gomes e Maranhão(33)	TODIM e THOR	Destinação de gás natural
Gomes e Maia(9)	THOR	Tipo de biomassa a ser utilizada na geração de energia renovável
Gomes e Costa(30)	THOR, ELECTRE I, ELECTRE II, PROMETHÉE II	Tecnologia de cartão de crédito

Quadro 3 – Distribuição dos artigos por método e setor de aplicação em anais de congresso

Referências	Métodos	Aplicação
Gomes, Gomes e Valle(47)	THOR e ALINA	Seleção de pessoal
Xavier et al.(48)	THOR	Disposição de resíduos plásticos e de resíduos de construção e demolição
Alencar e Costa(38)	THOR	Gestão da construção civil em uma edificação residencial vertical
Valle et al.(49)	THOR	Destinação de resíduos plásticos pós-consumidos
Tostes e Gomes(50)	THOR	Aquisição de um equipamento a laser
Vieira et al.(34)	THOR e ANÁLISE CONJUNTA	Escolha portuária e avaliação do potencial de concentração de cargas
Gonçalves e Gomes(51)	THOR	Tecnologia de telefonia móvel
Gomes et al.(42)	THOR	Transporte e acondicionamento de imunobiológicos
Torres e Gomes(52)	DEA e THOR	Não informada
Gomes, Gomes e Rangel(45)	TODIM e THOR	Avaliação de imóveis residenciais para aluguel
Gomes, Gomes e Rangel(44)	TODIM e THOR	Tecnologia para tratamento de água de lastro

4 THOR 2

Neste capítulo, será apresentada a evolução axiomática proposta para o método THOR. Além disso, será demonstrado um exemplo prático, explicitando as modificações propostas, resolvido sob a perspectiva dos métodos THOR e THOR 2.

4.1 Evolução axiomática

Diante de uma análise do algoritmo original, somada a uma revisão dos principais métodos das escolas americana e francesa, são propostas, para o THOR 2, as seguintes modificações:

Distinção na atribuição dos pesos no somatório de pontuações para aI_jb e aQ_jb em S1, S2 e S3. De modo que as comparações nas quais ocorrem aI_jb trazem consigo metade do peso do respectivo critério e as comparações nas quais ocorrem aQ_jb carregam uma proporção entre a metade do peso do critério (aI_jb) e a totalidade do peso (aP_jb). A equação pode ser descrita em 4.1:

$$peso_i * (((a_i - q_i)/(p_i - q_i)) * 0.5 + 0.5)) \quad (4.1)$$

Convencionou-se, nas situações em que ocorrem aP_jb , aQ_jb e aI_jb , que o valor do peso do critério seja multiplicado pelo índice nebuloso-aproximativo, deteriorando, desta forma, a comparação em função do grau de segurança do dado. O THOR original leva em consideração, apenas, a multiplicação pelo índice na situação aQ_jb , deteriorando o ganho apenas nesse caso. O THOR 2, no entanto, incluirá, também, a depreciação da pontuação nas situações de preferência forte e indiferença. Desta forma, O THOR 2 representa neste aspecto uma significativa contribuição, uma vez que toda a incerteza presente na atribuição das classificações das alternativas e dos pesos é quantificada. Esta funcionalidade permite que na falta de dados para o preenchimento da classificação das alternativas e dos pesos na matriz de decisão, seja possível estimar o dado e atribuir uma baixo valor de pertinência, grau de segurança para atribuição daquele dado. Evita-se, desta forma, a eliminação da alternativa ou do critério devido a ausência do dado. Assim, mesmo que exista um ganho de pontuação, o peso é deteriorado pelo grau de imprecisão existente.

Foi proposta, também, nesta dissertação, uma alteração no THOR original, de forma que seja considerado a metade do peso nas comparações em que ocorre aI_jb . A comparação se dará entre esta variação do THOR e o THOR 2.

4.2 Exemplo prático

A seguir, será demonstrado um exemplo prático explicitando as modificações propostas. Será discutido, também, a evolução axiomática do método THOR. A tabela 1 contém uma matriz de decisão. Assume-se, como simplificação, que todos os quatro critérios têm suas alternativas classificadas em uma escala de um a sete. Além disso, todos os critérios possuirão o valor do limite de preferência (p) igual a 1,9 e o limite de indiferença (q) igual a 0,9. A discordância será igual a quatro para todos os critérios. A matriz de pertinência está presente na tabela 2.

Tabela 1 – Exemplo de Matriz de Decisão

Alt/Crit	c_1	c_2	c_3	c_4
Pesos	6	5	4	2
a_1	7	4	5	3
a_2	5	3	5,5	7
a_3	5	4	5	2

Tabela 2 – Exemplo de Matriz de Pertinências

Alt/Crit	c_1	c_2	c_3	c_4
Pesos	0,6	0,7	0,8	0,85
a_1	0,9	0,8	1	0,6
a_2	0,7	0,7	1	0,9
a_3	0,6	0,6	1	0,9

Em ambos os algoritmos, inicialmente, são feitas comparações entre alternativas dentro de cada critério, de forma a classificá-los como preferência estrita (aP_jb), preferência fraca (aQ_jb) ou indiferença (aI_jb). A classificação se dá por meio da utilização das equações supracitadas 2.1, 2.2 e 2.3.

Comparando a_1 com a_2 , temos o seguinte resultado: No critério c_1 , como $2 > 1,9$ (p), o critério classifica-se como a_1Pa_2 . No critério c_2 , como 1 está entre 0,9 (q) e 1,9 (p), o critério é classificado como a_1Qa_2 . No critério c_3 , como -0,5 encontra-se entre -0,9 ($-q$) e 0,9 (q), o critério classifica-se como a_1Ia_2 . Já no critério c_4 , como -4 é menor que -1,9 (p), o critério é classificado como a_2Pa_1 .

4.2.1 Aplicação no THOR

No THOR, aP_jb e aQ_jb trazem consigo o peso dos critérios de forma integral. Já aI_jb traz consigo a metade do peso. Desta forma, a_1Pa_2 carrega o peso 6 no critério c_1 ,

a_1Qa_2 carrega o peso 5 no critério c_2 , a_1Ia_2 carrega o peso 2 no critério c_3 e a_2Pa_1 carrega o peso 2 no critério c_4 .

Para haver dominância de a_1 sobre a_2 em S1, S2 e S3, é necessário que as condições expressas nas equações 2.4, 2.5 e 2.6 sejam atendidas respectivamente. Tendo a condição atendida, é necessário verificar, também, a discordância. A discordância é definida como uma análise comparativa entre duas alternativas a_1 e a_2 . Caso a alternativa a_1 domine a_2 em todos os critérios menos um, neste critério em que a_2 dominou a_1 , se a diferença da classificação de a_2 neste critério for maior ou igual ao valor da discordância, é o suficiente para compensar a dominância de a_1 e causar dúvida ao decisor de qual a melhor alternativa (47).

No THOR, o valor do peso do critério em situação de preferência fraca deve ser multiplicado pelo índice nebuloso-aproximativo.

Dessa forma, em S1, o critério c_2 (a_1Qa_2) tem o seu peso multiplicado pela média aritmética da pertinência do peso do critério c_2 com as pertinências da classificação das alternativas 1 e 2 no critério c_2 , assumindo valor 3,67. Assim, segundo a equação 2.4, a_1 não domina a_2 . Uma vez que a condição não é atendida ($6 > 3,67 + 2 + 2$).

Para a_2 dominar a_1 , é necessário que a condição ($2 > 2 + 6 + 3,67$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_2 sobre a_1 .

Em S2, como a condição expressa na equação 2.5 foi atendida ($6 + 3,67 > 2 + 2$), a_1 domina a_2 . No entanto, como no critério c_4 , a alternativa a_2 domina a alternativa a_1 por uma diferença maior que a discordância, cessa a dominância de a_1 sobre a_2 e as alternativas ficam indiscerníveis para o decisor.

Para a_2 dominar a_1 , é necessário que a condição ($2 > 2 + 6 + 3,67$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_2 sobre a_1 .

A mesma situação ocorre em S3. A condição expressa na equação 2.6 é atendida ($6 + 3,67 + 2 > 2$). No entanto, no critério c_4 , a alternativa a_2 domina a alternativa a_1 por uma diferença maior ou igual a discordância, cessando a dominância e tornando as alternativas indiscerníveis para o decisor.

Para a_2 dominar a_1 , é necessário que a condição ($2 + 2 > 6 + 3,67$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_2 sobre a_1 . Confirmando-se que a a_1 e a_2 são indiscerníveis para o decisor.

Na comparação a_1 e a_3 , no critério c_1 , como $2 > 1,9$ (p), o critério classifica-se como a_1Pa_3 . No critério c_2 , como 0 está entre - 0,9 ($-q$) e 0,9 (q), o critério é classificado como a_1Ia_3 . No critério c_3 , como 0 encontra-se entre -0,9 ($-q$) e 0,9 (q), o critério classifica-se como a_1Ia_3 . Já no critério c_4 , como 1 encontra-se entre 0,9 (q) e 1,9 (p), o critério é classificado como a_1Qa_3 .

Desta forma, a_1Pa_3 carrega o peso 6 no critério c_1 , a_1Ia_3 carrega o peso 2,5 no critério c_2 , a_1Ia_3 carrega o peso 2 no critério c_3 e a_1Qa_3 carrega o peso 2 no critério c_4 .

O critério c_4 (a_1Qa_3) tem o seu peso multiplicado pelo índice nebuloso aproximativo 0,783, assumindo valor 1,57. Assim sendo, a condição não é atendida em S1 ($6 > 2,5 + 2 + 1,57$).

Para a_3 dominar a_1 , é necessário que a condição ($0 > 6 + 2,5 + 2 + 1,57$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_3 sobre a_1 .

Em S2, como a condição expressa na equação 2.5 foi atendida ($6 + 1,57 > 2,5 + 2$), a_1 domina a_3 .

Para a_3 dominar a_1 , é necessário que a condição ($0 > 6 + 2,5 + 2 + 1,57$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_3 sobre a_1 .

Como a_1 domina a_3 , a_1 receberá pontuação igual ao somatório dos pesos dos critérios em que a_1 domina a_3 ($6 + 1,57$) dividido pelo somatório dos pesos dos critérios ($6 + 1,57 + 2,5 + 2$). Dessa forma, a_1 recebe pontuação 0,63, enquanto a_3 não recebe pontuação.

Em S3, como a condição expressa na equação 2.6 foi atendida ($6 + 1,57 + 2,5 + 2 > 0$), a_1 domina a_3 .

Para a_3 dominar a_1 , é necessário que a condição ($2,5 + 2 > 6 + 1,57$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_3 sobre a_1 .

Dessa maneira, a_1 receberá pontuação igual ao somatório dos pesos dos critérios em que a_1 domina a_3 ($6 + 1,57 + 2,5 + 2$) dividido pelo somatório dos pesos dos critérios ($6 + 1,57 + 2,5 + 2$). Assim, a_1 recebe pontuação 1, enquanto a_3 não recebe pontuação.

Comparando a_2 com a_3 , temos o seguinte resultado: No critério c_1 , como 0 está entre -0,9 ($-q$) e 0,9 (q), o critério é classificado como a_2Ia_3 . No critério c_2 , como -1 está entre -0,9 ($-q$) e -1,9 ($-p$), o critério é classificado como a_3Qa_2 . No critério c_3 , como 0,5 encontra-se entre -0,9 ($-q$) e 0,9 (q), o critério classifica-se como a_2Ia_3 . Já no critério c_4 , como 5 é maior que 1,9 (p), o critério é classificado como a_2Pa_3 .

Desta forma, a_2Ia_3 carrega o peso 3 no critério c_1 , a_3Qa_2 carrega o peso 5 no critério c_2 , a_2Ia_3 carrega o peso 2 no critério c_3 e a_2Pa_3 carrega o peso 2 no critério c_4 .

O critério c_2 (a_3Qa_2) tem o seu peso multiplicado pelo índice nebuloso aproximativo 0,667, assumindo valor 3,33. Assim sendo, a condição não é atendida em S1 ($2 > 3 + 3,33 + 2$).

Para a_3 dominar a_2 , é necessário que a condição ($0 > 3 + 3,33 + 2 + 2$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_3 sobre a_2 .

Em S2, como a condição expressa na equação 2.5 não foi atendida ($2 > 3 + 3,33 +$

2), a_2 não domina a_3 .

Para a_3 dominar a_2 , é necessário que a condição ($3,33 > 3 + 2 + 2$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_3 sobre a_2 .

Em S3, como a condição expressa na equação 2.6 foi atendida ($2 + 3 + 2 > 3,33$), a_2 domina a_3 .

Para a_3 dominar a_2 , é necessário que a condição ($3,33 + 3 + 2 > 2$) seja atendida. Embora a condição tenha sido atendida, no critério c_4 , a alternativa a_2 domina a alternativa a_3 por uma diferença maior que a discordância, cessando a dominância e tornando as alternativas indiscerníveis para o decisor.

A matriz de decisão do THOR, encontra-se nas tabelas 3, 4 e 5.

Tabela 3 – Matriz de Pontuações - THOR - S1

S1				
	a_1	a_2	a_3	Pontuação
a_1	0	0,5	0,5	1
a_2	0,5	0	0,5	1
a_3	0,5	0,5	0	1

Tabela 4 – Matriz de Pontuações - THOR - S2

S2				
	a_1	a_2	a_3	Pontuação
a_1	0	0,5	0,63	1,13
a_2	0,5	0	0,5	1
a_3	0	0,5	0	0,5

Tabela 5 – Matriz de Pontuações - THOR - S3

S3				
	a_1	a_2	a_3	Pontuação
a_1	0	0,5	1	1,5
a_2	0,5	0	0,5	1
a_3	0	0,5	0	0,5

A matriz de pontuações, em S1, demonstrou um empate entre as três alternativas, não sendo possível diferenciá-las. Em S2 e S3, no entanto, a alternativa a_1 apresentou a melhor pontuação, seguido das alternativas a_2 e a_3 .

4.2.2 Aplicação no THOR 2

No THOR 2, aP_jb traz consigo o peso dos critérios de forma integral, aI_jb traz consigo a metade do peso e aQ_jb uma proporção entre a metade do peso do critério (aI_jb) e a totalidade do peso (aP_jb) (equação 4.1). Comparando a_1 com a_2 , o critério c_1 classifica-se como a_1Pa_2 , o critério c_2 é classificado como a_1Qa_2 , o critério c_3 classifica-se como a_1Ia_2 e o critério c_4 é classificado como a_2Pa_1 . Desta forma, a_1Pa_2 carrega o peso 6 no critério c_1 , a_1Qa_2 carrega o peso 2,75 no critério c_2 , a_1Ia_2 carrega o peso 2 no critério c_3 e a_2Pa_1 carrega o peso 2 no critério c_4 .

Diferente do THOR, o valor dos pesos dos critérios nas situações que ocorrem aP_jb , aQ_jb e aI_jb devem ser multiplicados pelo índice nebuloso-aproximativo no THOR 2. Dessa forma, toda incerteza presente no modelo é contemplada, uma vez que todos os critérios terão seus pesos multiplicados pelo índice nebuloso-aproximativo.

Assim, a_1Pa_2 terá o seu peso multiplicado por 0,733, a_1Qa_2 terá o seu peso multiplicado por 0,733, a_1Ia_2 terá o seu peso multiplicado por 0,933 e a_2Pa_1 terá o seu peso multiplicado por 0,783.

Em S1, segundo a equação 2.4, a_1 não domina a_2 , pelo fato de não atender a condição ($4,4 > 2,01 + 1,87 + 1,57$).

Para a_2 dominar a_1 , é necessário que a condição ($1,57 > 4,4 + 2,01 + 1,87$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_2 sobre a_1 .

Em S2, como a condição expressa na equação 2.5 foi atendida ($4,4 + 2,01 > 1,87 + 1,57$), a_1 domina a_2 . No entanto, como no critério c_4 , a alternativa a_2 domina a alternativa a_1 por uma diferença maior ou igual que a discordância, cessa a dominância de a_1 sobre a_2 e as alternativas ficam indiscerníveis para o decisor.

Para a_2 dominar a_1 , é necessário que a condição ($1,57 > 4,4 + 2,01 + 1,87$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_2 sobre a_1 .

Em S3, a condição expressa na equação 2.6 é atendida ($4,4 + 2,01 + 1,87 > 1,57$). No entanto, no critério c_4 , a alternativa a_2 domina a alternativa a_1 por uma diferença maior ou igual que a discordância, cessando a dominância e tornando as alternativas indiscerníveis para o decisor.

Para a_2 dominar a_1 , é necessário que a condição ($1,57 + 1,87 > 4,4 + 2,01$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_2 sobre a_1 . Confirmando-se que a a_1 e a_2 são indiscerníveis para o decisor.

Comparando a_1 com a_3 , o critério c_1 classifica-se como a_1Pa_3 , o critério c_2 é classificado como a_1Ia_3 , o critério c_3 classifica-se como a_1Ia_3 e o critério c_4 é classificado como a_1Qa_3 . Desta forma, a_1Pa_3 carrega o peso 6 no critério c_1 , a_1Ia_3 carrega o peso 2,5 no critério c_2 , a_1Ia_3 carrega o peso 2 no critério c_3 e a_1Qa_3 carrega o peso 1,1 no critério c_4 . Assim, a_1Pa_3 terá o seu peso multiplicado por 0,7, a_1Ia_3 (c_2) terá o seu peso multiplicado por 0,7, a_1Ia_3 (c_3) terá o seu peso multiplicado por 0,93 e a_1Qa_3 terá o seu peso multiplicado por 0,78.

Em S1, segundo a equação 2.4, a_1 não domina a_3 , pelo fato de não atender a condição ($4,2 > 1,75 + 1,87 + 0,86$).

Para a_2 dominar a_1 , é necessário que a condição ($0 > 4,2 + 1,75 + 1,87 + 0,86$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_2 sobre a_1 .

Em S2, como a condição expressa na equação 2.5 foi atendida ($4,2 + 0,86 > 1,75 + 1,87$), a_1 domina a_3 .

Para a_3 dominar a_1 , é necessário que a condição ($0 > 4,2 + 0,86 + 1,75 + 1,87$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_3 sobre a_1 .

Dessa forma, a_1 receberá pontuação igual ao somatório dos pesos dos critérios em que a_1 domina a_3 ($4,2 + 0,86$) dividido pelo somatório dos pesos dos critérios ($4,2 + 0,86 + 1,75 + 1,87$). Assim, a_1 recebe pontuação 0,58, enquanto a_3 não recebe pontuação.

Em S3, como a condição expressa na equação 2.6 foi atendida ($4,2 + 1,75 + 1,87 + 0,86 > 0$), a_1 domina a_3 .

Para a_3 dominar a_1 , é necessário que a condição ($1,75 + 1,87 > 4,2 + 0,86$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_3 sobre a_1 .

Dessa maneira, a_1 receberá pontuação igual ao somatório dos pesos dos critérios em que a_1 domina a_3 ($4,2 + 1,75 + 1,87 + 0,86$) dividido pelo somatório dos pesos dos critérios ($4,2 + 1,75 + 1,87 + 0,86$). Assim, a_1 recebe pontuação 1, enquanto a_3 não recebe pontuação.

Comparando a_2 com a_3 , o critério c_1 classifica-se como a_2Ia_3 , o critério c_2 é classificado como a_3Qa_2 , o critério c_3 classifica-se como a_2Ia_3 e o critério c_4 é classificado como a_2Pa_3 . Desta forma, a_2Ia_3 carrega o peso 3 no critério c_1 , a_3Qa_2 carrega o peso 2,75 no critério c_2 , a_2Ia_3 carrega o peso 2 no critério c_3 e a_2Pa_3 carrega o peso 2 no critério c_4 . Assim, a_2Ia_3 terá o seu peso multiplicado por 0,63, a_3Qa_2 terá o seu peso multiplicado por 0,67, a_2Ia_3 terá o seu peso multiplicado por 0,93 e a_2Pa_3 terá o seu peso multiplicado por 0,88.

Em S1, segundo a equação 2.4, a_2 não domina a_3 , pelo fato de não atender a condição ($1,77 > 1,9 + 1,84 + 1,87$).

Para a_2 dominar a_1 , é necessário que a condição ($0 > 1,77 + 1,9 + 1,84 + 1,87$)

seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_2 sobre a_1 .

Em S2, como a condição expressa na equação 2.5 não foi atendida ($1,77 > 1,9 + 1,84 + 1,87$), a_2 não domina a_3 .

Para a_3 dominar a_2 , é necessário que a condição ($1,84 > 1,77 + 1,9 + 1,87$) seja atendida. Como a condição não foi satisfeita, não há dominância de a_3 sobre a_2 .

Em S3, como a condição expressa na equação 2.6 foi atendida ($1,77 + 1,9 + 1,87 > 1,84$), a_2 domina a_3 .

Para a_3 dominar a_2 , é necessário que a condição ($1,84 + 1,9 + 1,87 > 1,77$) seja atendida. Embora a situação tenha sido atendida, no critério c_4 , a alternativa a_2 domina a alternativa a_3 por uma diferença maior que a discordância, cessando a dominância e tornando as alternativas indiscerníveis para o decisor. A matriz de decisão do THOR 2, encontra-se nas tabelas 6, 7 e 8.

Tabela 6 – Matriz de Pontuações - THOR 2 - S1

S1				
	a_1	a_2	a_3	Pontuação
a_1	0	0,5	0,5	1
a_2	0,5	0	0,5	1
a_3	0,5	0,5	0	1

Tabela 7 – Matriz de Pontuações - THOR 2 - S2

S2				
	a_1	a_2	a_3	Pontuação
a_1	0	0,5	0,58	1,08
a_2	0,5	0	0,5	1
a_3	0	0,5	0	0,5

Tabela 8 – Matriz de Pontuações - THOR 2 - S3

S3				
	a_1	a_2	a_3	Pontuação
a_1	0	0,5	1	1,5
a_2	0,5	0	0,5	1
a_3	0	0,5	0	0,5

A matriz de pontuações, em S1, apresentou um empate entre as três alternativas, não sendo possível diferenciá-las. Em S2, no entanto, a diferença na pontuação das três alternativas tornou possível a ordenação. Dessa forma, a alternativa $a1$ apresentou a maior pontuação, seguido da alternativa $a2$ e da alternativa $a3$. Em S3, a diferença entre a alternativa $a1$ e as demais se acentuou, destacando-a como a de maior pontuação.

5 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, será apresentado um estudo de caso sobre uma estratégia para compra de oportunidade de uma fragata para a Marinha do Brasil. Para tal, os métodos THOR e THOR 2 serão utilizados e terão seus resultados comparados. O capítulo também tem como proposta validar a função de pertinência do método THOR 2. Além disso, serão aplicados a TCA e TCA Nebulosa para verificar a relevância dos critérios utilizados.

5.1 Estratégia para compra de oportunidade de uma fragata para a Marinha do Brasil

Segundo a Estratégia Nacional de Defesa (END), o Brasil configura-se como país pacífico por tradição e por convicção, tendo suas relações internacionais regidas pelos princípios constitucionais da não intervenção, defesa da paz, solução pacífica dos conflitos e democracia. Faz parte da identidade do brasileiro, estando enraizado em seus valores, a vocação para a convivência harmônica. Dessa forma, não se deseja exercer domínio sobre outros povos, mas sim o engrandecimento do país sem a necessidade de imperar (53).

O preparo da defesa contra ameaças e agressões deve acompanhar o crescente desenvolvimento do Brasil. Dentre os Objetivos Nacionais de Defesa (OND), estão a garantia da soberania, do patrimônio nacional e da integridade territorial, estruturação de Forças Armadas (FA) com adequadas capacidades organizacionais e operacionais, criação de condições sociais e econômicas de apoio à Defesa Nacional no Brasil. Inclui-se, também, a contribuição para a paz e a segurança internacionais e a proteção dos interesses brasileiros nos diferentes níveis de projeção externa do País (53).

Dentro deste escopo, a Marinha do Brasil (MB) tem a seguinte missão: “Preparar e empregar o Poder Naval, a fim de contribuir para a Defesa da Pátria; para a garantia dos poderes constitucionais e, por iniciativa de qualquer destes, da lei e da ordem; para o cumprimento das atribuições subsidiárias previstas em Lei; e para o apoio à Política Externa” (54).

Para o atingimento dos objetivos supracitados é preciso que a MB possua os meios minimamente necessários para exercer suas atribuições constitucionais, sendo corretamente dimensionada e tecnologicamente equipada. No entanto, devido às sucessivas restrições orçamentárias, a MB conta com uma Esquadra subdimensionada de apenas 11 navios escoltas, estando muitos deles próximos do fim da vida útil (55). Até 2024, data prevista de entrega da primeira Fragata classe Tamandaré, o país possuirá apenas cinco navios de escolta em atividade. Dessa forma, é de se esperar que a MB efetue compras de

oportunidade de meios operativos atualmente em uso no exterior, a fim de manter o aprestamento da Esquadra, bem como o adestramento de toda a sua estrutura operativa, até a entrada em serviço das fragatas classe “Tamandaré”.

Navios de escolta são compostos por fragatas, corvetas e contratorpedeiros (destróieres). Esses navios se diferenciam por seu tamanho, pela quantidade de armamento e pela força do motor. Uma escolta tem como função proteger uma unidade de maior valor, que pode ser um navio aeródromo, um navio transporte de tropas ou um navio de apoio logístico. Assim, sua função precípua é destruir ou neutralizar aeronaves e navios inimigos. Para tal, as fragatas brasileiras, por exemplo, têm mísseis anti-navio, canhões e lançadores de torpedos.

Os navios escoltas devem possuir capacidade antissubmarino, anti-superfície e antiaérea de defesa de ponto (disponibilidade de mísseis). Devem possuir capacidade de transporte, abastecimento, operação e manutenção de helicópteros, com capacidade para atacar alvos de superfície e submarinos, e realização de operações de esclarecimento (56). A MB precisará repor os navios que vão sair de serviço para não ter sua capacidade mínima de combate ainda mais comprometida.

Dos 11 navios escolta que restam, seis fragatas classe “Niterói”, duas fragatas classe “Greenhalgh” *Type 22*, duas corvetas classe “Inhaúma” e uma corveta classe “Barroso”. Até 2025, pelo menos seis navios serão desativados, pois sua vida útil está chegando ao fim e apenas dois navios deverão durar até 2028, excetuando-se a Barroso, que foi incorporada em 2008. Três fragatas classe Niterói, duas fragatas *Type 22* e uma corveta deverão ser desativadas antes de 2025. As três fragatas restantes que deverão receber uma revitalização, devem seguir operando no máximo até 2028. A corveta Julio de Noronha, que passou por remotorização, será a última corveta classe “Inhaúma” a ser desativada.

Até a entrada em serviço da primeira corveta classe “Tamandaré”, que tem data de incorporação prevista para 2024, a Esquadra Brasileira só poderá contar com cinco navios de escolta, um número muito baixo para as missões destinadas à MB. A possibilidade no atraso da entrega das fragatas Tamandaré não deve ser desconsiderada (57). A Corveta Barroso, por exemplo, levou cerca de 14 anos para ficar pronta, devido à falta de recursos para terminá-la (58). Nesse ínterim, a MB pode buscar compras de oportunidade de navios no exterior para preencher a lacuna deixada entre a desativação dos navios atuais e a entrada em serviço dos novos navios. Os estudos que seguem têm como objetivo auxiliar a MB no processo de tomada de decisão de um navio de referência para compra ou construção. Para tal, será utilizado o método THOR. Foram selecionadas oito alternativas de navios a serem utilizadas.

- F-124 - A classe F-124 *Sachsen* é a mais recente classe de fragatas da Marinha da Alemanha, dotadas de tecnologia de ponta de defesa aérea. O projeto destas

fragatas baseia-se na classe F123 *Brandenburg*, mas com características *stealth* (defesa para detecção de radar) melhoradas, e incorpora também o radar avançado multi-funções APAR, bem como o radar de longo alcance SMART-L, alegadamente capaz de detectar aviões e mísseis *stealth*. Embora designadas como fragatas, o seu tamanho e características podem comparar-se aos dos contratorpedeiros.

- LCF – As quatro fragatas “De Zeven Provinciën” são navios avançados de defesa aérea em serviço na *Koninklijke Marine* (Marinha Real da Holanda). Esta classe, também conhecida como LCF (*Luchtverdedigings-en commandofregat*), fragata de defesa aérea e de comando foi concebida para a proteção contra ameaças aéreas, mas também têm a bordo armas para engajar alvos de superfície e submarinos: mísseis antinavio *Harpoon* e torpedos anti-submarino Mk.46. A principal arma das “De Zeven Provinciën” é o Mk41 *Vertical Launch System*, cada um com 32 mísseis *Evolved Sea Sparrow* e 32 mísseis *SM-2 Standard IIIA*, com capacidade para interceptar mísseis balísticos. As fragatas são equipadas com a suíte *Thales Anti Air Warfare*, que consiste no radar APAR multifunção, capaz de guiar múltiplos mísseis ESSM e SM-2 simultaneamente contra múltiplos alvos e o radar SMART-L, com alcance de mais de 400km, capaz de detectar e rastrear milhares de alvos simultâneos, até mesmo os *stealth* (59).
- F-100 – A classe Álvaro de Bazán (também conhecida como a classe F100 de fragatas) é uma nova classe de fragatas de defesa do sistema de combate *Aegis* equipadas com a Marinha Espanhola. Os navios são equipados com tecnologia de armas *American Aegis* que lhes permite rastrear centenas de alvos aéreos simultaneamente como parte de sua rede de defesa aérea. A F-100 é um dos poucos navios não-americanos que usam o sistema SPY-1D (60).
- FREMM – A FREMM (*Multipurpose Frigate — Frégate multi-mission ou Fregata Europea Multi-Missione*) é resultado do mais ambicioso programa naval cooperativo europeu para França e Itália. São fragatas com capacidade ASW, ASuW, AAEW e ataque terrestre. As missões essenciais das FREMM são o domínio do meio aeromarítimo e a participação ativa em conjunto, assim como o apoio ao grupo aeronaval e anfíbio (61).
- HORIZON – A missão principal das fragatas da classe *Horizon* é a defesa antiaérea contra-ataques de saturação com mísseis anti-navio. Mesmo o projeto tendo este objetivo, ainda sim, o navio conta com uma poderosa capacidade antissubmarino. Os navios da classe Horizon contam com modernos e eficientes sistemas de defesa contra radares inimigos e contra armamentos como mísseis anti-navio e torpedos que eventualmente sejam lançados contra o navio (62).

- T-45 DARING – O destróier Tipo 45, também conhecida como a D ou classe *Daring*, é uma classe de seis destróieres de mísseis guiados construídos para *United Kingdom's Royal Navy*. A classe é projetada principalmente para a guerra antiaérea e antimísseis e é construída em torno do sistema de defesa aérea PAAMS (*Sea Viper*) utilizando os radares de longo alcance SAMPSON AESA e S1850M. Os primeiros três destróieres foram montados pela *BAE Systems Surface Fleet Solutions* através de “blocos” parcialmente pré-fabricados construídos em diferentes estaleiros, os três restantes foram construídos pela *BAE Systems Maritime - Naval Ships*.
- DDG-51 – O *USS Arleigh Burke* (DDG-51) é um contratorpedeiro da classe *Arleigh Burke* pertencente à Marinha de Guerra dos Estados Unidos. O DDG-51 é um destróier multi-missão com ênfase em operações de defesa aérea (AAEW) e de água azul. Ao longo da carreira, participou de várias missões humanitárias e militares. Entre elas, a Operação Liberdade Duradoura, a invasão do Iraque em 2003 e a Operação Determinação Inerente.
- F-125 – As fragatas de classe F125 *Baden-Württemberg* são uma série de fragatas da marinha alemã, que foram projetadas e construídas pela ARGE F125, uma *joint-venture* da *Thyssen-Krupp* e da *Lürssen* (63).

A tabela 9 resume as principais características técnicas-operacionais dos principais navios disponíveis no mundo para comercialização.

Tabela 9 – Tabela comparativa dos parâmetros de fragatas e destróieres modernos

DADOS TÍPICOS	F-124	LCF	F-100	FREMM	HORIZON	T-45 DARING	DDG-51	F-125
L (m)	143,0	144,2	146,7	137,0	153,0	152,4	153,8	149,5
LWL (m)	132,2	-	133,2	-	141,7	143,5	142,0	-
BWL (m)	16,7	18,9	18,6	19,0	20,0	18,0	18,0	18,8
T (m)	5,0	5,2	4,9	5,0	5,1	5,7	6,3	5,0
DISPL.								
FL.	5.600	6.050	5.800	5.500	6.700	7.350	8.300	7.200
(tons)								
V Max.	29	30	29	27	29	29	32	26
(kts)								
Raio Ação	4.000/18	5.000/18	4.500/18	6.000/15	7.000/18	7.000/18	8.150/20	4.000/?
Propulsão	CODAG	CODOG	CODAG	CODLAG	CODOG	IEP	COGAG	CODLAG
(MW)	38,3	16,8/37,0	47,6	44	52,0	44,4	78,8	29,4
Tripulação	230+13	200+30	202+48	145	182+48	190+45	380	110+80
Artilharia	1x76mm	1x127mm	1x127/54	1x76mm	1x76mm	1x114mm	1x127mm	1x127mm
Principal	SupRapid	OTO54LW	Mk 45-2	SupRapid	SupRapid	Mk 8-1	Mk 45-1	OTO62LW
Artilharia	2x27mm	2xCIWS	2xCIWS	2xKBA	2xKBA	2xCIWS	2xCIWS	2x27mm
Secundária		30mm	20mm	25mm	25mm	20mm	20mm	7x12,7mm
AAeW	ESSM	ESSM	ESSM	ASTER-15	ASTER-15	ASTER-15	ESSM	2 x RAM
ASuW	SM-2 MR	SM-2 MR	SM-2 MR	/30	/30	/30	SM-2 MR	
ASW	EXOCET	HARPOON	HARPOON	MM-40	MM-40 III	HARPOON	HARPOON	HARPOON
He	MU-90	Mk-46	Mk-46	MU-90	MU-90	STGRAY	ASROC	SUB ROV
	2 x LYNX	1 x LYNX	1 x SH60B	1 x NH-90	1 x NH-90	LYNX 300	1 x SH60B	2 x NH-90

Fonte: Vogt, 2018.

A partir dos parâmetros apresentados em Vogt(11), foram elencados, por meio de entrevistas abertas e discussão em grupo com Oficiais da Marinha do Brasil com mais de 20 anos de experiência na área, os seguintes critérios:

- **Velocidade Máxima:** Velocidade 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.
- **Raio de Ação:** Distância máxima, em milhas náuticas, que o navio consegue alcançar saindo de sua base, e a ela regressar, sem necessidade de reabastecimento de combustível.
- **Tripulação:** Conjunto de pessoas, hierarquicamente organizadas, que asseguram a operação de uma embarcação. Inclui pessoal de várias carreiras profissionais certificados responsáveis por assegurar o funcionamento de cada um dos departamentos, seções ou serviços. O número de tripulantes vai depender das missões do navio e da tecnologia embarcada, ou seja, do nível de automação adotado. No outro extremo, uma tripulação mais numerosa diminui o conforto e a autonomia do navio no quesito mantimentos (11). Considerou-se, no estudo, que quanto maior a tripulação, pior.
- **Artilharia Principal:** Armamento ou um conjunto de armamentos que confere a principal defesa ao navio.
- **Artilharia Secundária:** Agem em complemento a bateria principal.
- **AsuW (Anti-surface warfare):** Ramo da guerra naval que se refere à supressão de combatentes de superfície. Mais genericamente, são quaisquer armas, sensores ou operações destinadas a atacar ou limitar a eficácia das naves de superfície de um adversário.
- **ASW (Anti-submarine warfare):** Ramo da guerra submarina que utiliza navios de guerra de superfície, aeronaves ou outros submarinos para localizar, rastrear e deter, danificar ou destruir submarinos inimigos.
- **He (helicóptero):** O helicóptero além de contribuir para o valor combatente, é utilizado para transferência de cargas (movimentação de pessoal/material), missões de reconhecimento e esclarecimento, evacuação aeromédica e operações SAR (*Search and Rescue* – Busca e Salvamento), contribuindo para o resgate de outros navios, aviões e vida humana.
- **Custo:** Custo de aquisição do navio.

O critério AAEW (*Anti-air warfare*), embora importante, não foi levado em consideração por conta de os navios em estudo apresentarem características operacionais muito similares. Em relação ao critério custo, não foi encontrado o custo de aquisição dos navios pelo Brasil, portanto considerou-se o o custo de construção do navio no país de origem. Pode-se inferir, no entanto, que o custo de aquisição será proporcional.

A Tabela 10 apresenta as alternativas e critérios utilizados no estudo, na qual a primeira coluna é composta das alternativas, e as nove colunas seguintes, dos critérios. Cada célula corresponde a uma alternativa de navio classificada no seu respectivo critério. A atribuição da classificação das alternativas dos critérios Artilharia Principal, Artilharia Secundária, ASuW, ASW e He se deu por meio de uma escala de intervalos, onde a distância entre os valores das alternativas foi considerada. A classificação das alternativas, pesos, limites de preferência, limites de indiferença e discordância para cada critério foram atribuídos por meio de uma análise conjunta com especialistas da área. O mesmo grupo de especialistas que definiu os critérios utilizados no estudo contribuíram com esta etapa. Os valores foram atribuídos de forma consensual entre os especialistas.

A Tabela 11 e 12 apresentam, respectivamente, os pesos atribuídos e os limiares de preferência e discordância em cada critério. Os pesos foram atribuídos em uma escala de 1 a 6, utilizando um escala que vai de 1 (menos importante) até 6 (mais importante). Já a Tabela 13, apresenta a pertinência atribuída a cada peso e classificação da alternativa em cada critério. Para as pertinências dos critérios Velocidade Máxima, Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro) e Tripulação, por se tratarem de dados reais extraídos das especificações técnicas dos navios, foi atribuído o valor 1, indicando que não existem dúvidas quanto a atribuição dos dados. Já para os critérios Artilharia Principal, Artilharia Secundária, ASuW e He foi atribuído o valor 0,9, uma vez que trata-se de uma análise qualitativa realizada por especialistas com ampla experiência na área, porém, mesmo assim, sendo passível de alguma imprecisão. No que diz respeito ao critério custo, os valores foram atribuídos em virtude do grau de confiabilidade das fontes de onde os custos dos navios foram extraídos.

Tabela 10 – Alternativas e critérios utilizados no estudo

Alternativas/ Critérios	Velocidade Máxima	Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	Tripulação	Artilharia Principal	Artilharia Secundária	ASuW	ASW	He	Custo em milhões (USD)
F-124	29	4000	243	1	1	1	1	4	800
LCF	30	5000	230	3	5	4	1	1	500
F-100	29	4500	250	3	4	4	1	3	600
FREMM	27	6000	145	1	3	2	1	3	745
HORIZON	29	7000	230	1	3	3	1	3	1030
T-45 DARING	29	7000	235	2	4	4	1	2	1500
DDG-51	32	8150	380	3	4	4	3	3	1650
F-125	26	4000	190	3	2	4	2	5	740

Tabela 11 – Pesos Atribuídos aos Critérios

Critérios	Peso atribuído
Velocidade Máxima	2
Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	2
Tripulação	1
Artilharia Principal	3
Artilharia Secundária	3
ASuW	3
ASW	3
He	4
Custo	6

Tabela 12 – Limiares de preferência e discordância dos critérios

Critérios	Valor p	Valor q	Discordância
Velocidade Máxima	3	1	6,32
Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	400	40	4231,5
Tripulação	28	14	238,8
Artilharia Principal	1	0,5	1,53
Artilharia Secundária	1	0,5	5,06
ASuW	1	0,5	3,04
ASW	1	0,5	2,03
He	1	0,5	5,06
Custo	200	50	1166,5

Tabela 13 – Pertinência das alternativas, dos pesos e dos critérios

	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
PESOS	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Alternativas/ Critérios	Velocidade Máxima	Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	Tripulação	Artilharia Principal	Artilharia Secundária	ASuW	ASW	He	Custo em milhões			
F-124	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
LCF	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
F-100	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7			
FREMM	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5			
HORIZON	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,75			
T-45 DARING	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
DDG-51	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
F-125	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5			

5.2 Análise comparativa dos métodos THOR e THOR 2

Mediante a utilização dos dados apresentados nas tabelas 10, 11, 12 e 13, foi possível, por meio do algoritmo dos algoritmos THOR e THOR 2, gerar as ordenações presentes na Tabelas 14 e 15. Para gerar as ordenações foram desenvolvidas ferramentas computacionais denominadas THOR1 e THOR 2. Ambas as ferramentas utilizam a linguagem de programação *Python*.

No resultado gerado pelo THOR, a alternativa LCF obteve a maior pontuação nos três tipos de ordenação (S1, S2 e S3). Pode-se através da análise do resultado delimitar três grupos. O primeiro grupo é composto pelas alternativas LCF, DDG-51 e F-100, conforme demonstrado na tabela 14. Constata-se, dessa forma, uma superioridade dessas alternativas em relação as demais, uma vez que as fragatas ocupam as três primeiras posições nos diferentes tipos de ordenação (S1, S2 e S3). O segundo grupo é composto pelas alternativas T-45, F-125, HORIZON e FREMM. O terceiro grupo é composto pela alternativa F-124, que se mantém na última posição em todos os tipos de ordenação.

No resultado gerado pelo THOR 2, também, constata-se a existência de três grupos. O primeiro grupo é composto pelas mesmas alternativas LCF, DDG-51 e F-100 presentes no THOR, conforme demonstrado na tabela 15. No entanto, diferente do THOR, as três fragatas alternam na primeira posição nos tipos de ordenação S1, S2 e S3. O segundo grupo é composto pelas alternativas T-45, F-125, HORIZON e FREMM, que permutam entre a quarta, quinta, sexta e sétima posição em S1, S2 e S3. O terceiro grupo é composto pela alternativa F-124, que se mantém na última posição em todos os tipos de ordenação.

Analisando os resultados de forma conjunta, foi possível constatar que os dois métodos deram origem aos mesmos grupos, no entanto, com pontuações diferentes para cada alternativa, o que é explicado pela diferenciação na forma de atribuição dos pesos e na quantificação da incerteza presentes na nova modelagem.

No primeiro grupo, a ordenação das alternativas foi a mesma para ambos os métodos em S1. Em S2 e em S3, houve uma mudança na ordenação das duas primeiras posições, não havendo mudança na terceira posição (F-100 em S2 e DDG-51 em S3). No THOR, em S2, a alternativa mais bem pontuada foi a LCF, seguida da DDG-51. No THOR 2, em S2, a alternativa mais bem pontuada foi a DDG-51, seguida da LCF. No THOR, em S3, a alternativa mais bem pontuada foi a LCF, seguida da F-100. No THOR 2, em S3, a alternativa mais bem pontuada foi a F-100, seguida da LCF.

No segundo grupo, o posicionamento das alternativas se manteve inalterado tanto no THOR quanto no THOR 2 em S1 e S2. Contudo, em S3, houve uma mudança na ordenação do grupo. No THOR, a ordenação das alternativas no grupo foi: F-125, HORIZON, T-45 DARING E FREMM. Já no THOR 2, a ordenação das alternativas no grupo foi: F-125, FREMM, HORIZON e T-45 DARING.

No terceiro grupo, a alternativa F-124 se manteve na última posição em todos os tipos de ordenação nos dois algoritmos.

Realizou-se uma análise mais detalhada, mediante a avaliação de um cenário adicional composto apenas pelas alternativas que compõem o primeiro grupo (LCF, DDG-51 e F-100). Para tal, o algoritmo THOR 2 foi utilizado. O resultado pode ser observado na Tabela 16.

No cenário adicional, as alternativas LCF, F-100 e DDG-51 obtiveram a mesma pontuação em S1 e S2, não sendo possível diferenciá-las. O uso apenas de S1 e S2 não indicam ao decisor uma alternativa a ser escolhida, demonstrando que não há uma concordância plena de que uma alternativa seja dominante em relação às demais. O decisor, contudo, necessita fazer uma escolha. O THOR 2, no entanto, permitiu a ordenação das alternativas na situação S3, que, por ser menos rigoroso, permite a ordenação das alternativas. Entretanto, a diferença de pontuação de cada alternativa é muito próxima, demonstrando, pelo uso do método, que a diferença de atratividade é pequena. Conclui-se que a alternativa LCF deve ser escolhida, por ser ligeiramente mais indicada que as demais.

Tabela 14 – Ordenação das alternativas - THOR

S1		S2		S3	
LCF	3,849	LCF	4,106	LCF	5,058
DDG-51	3,551	DDG-51	3,962	F-100	4,746
F-100	3,500	F-100	3,699	DDG-51	4,543
T-45 DARING	3,500	F-125	3,350	F-125	3,717
F-125	3,034	T-45 DARING	1,506	HORIZON	1,842
HORIZON	2,500	HORIZON	1,500	T-45 DARING	1,705
FREMM	2,500	FREMM	1,116	FREMM	1,417
F-124	2,500	F-124	1,000	F-124	1,186

Tabela 15 – Ordenação das alternativas - THOR 2

S1		S2		S3	
LCF	3,812	DDG-51	4,154	F-100	5,366
DDG-51	3,558	LCF	4,026	LCF	5,036
F-100	3,500	F-100	3,673	DDG-51	4,787
T-45 DARING	3,500	F-125	3,408	F-125	4,370
F-125	3,027	T-45 DARING	1,512	FREMM	1,977
HORIZON	3,000	HORIZON	1,500	HORIZON	1,841
FREMM	2,500	FREMM	1,116	T-45 DARING	1,751
F-124	2,500	F-124	1,000	F-124	1,167

Tabela 16 – Ordenação das alternativas - THOR 2 (Cenário Adicional)

S1		S2		S3	
LCF	1,0	LCF	1,0	LCF	1,352
F-100	1,0	F-100	1,0	F-100	1,293
DDG-51	1,0	DDG-51	1,0	DDG-51	1,276

5.2.1 Validação da função de pertinência do método THOR 2

Com a finalidade de validar a função de pertinência proposta para o THOR 2, realizou-se uma análise da ordenação das alternativas em diferentes cenários. Simulou-se, dessa forma, três cenários distintos nos quais haviam ausência de dados na matriz original de decisão. A análise teve por objetivo comparar o resultado das ordenações das alternativas quando há ausência de dados com a situação que a matriz de decisão encontra-se completa (todos os dados encontram-se disponíveis), observando o impacto na ordenação das alternativas.

Em cada um dos cenários, dois dados da matriz original de decisão, foram, aleatoriamente, desconsiderados. Utilizou-se, para tal, uma função de geração de números aleatórios para determinar o posicionamento da linha (alternativa) e coluna (critério) dos dados a serem descartados.

A função aleatória contemplou apenas a classificação das alternativas nos critérios Velocidade Máxima, Raio de Ação e Tripulação, por se tratarem dos dados extraídos diretamente das especificações técnicas dos navios, possuindo, dessa forma, o valor da pertinência igual a 1 (um) em todas as alternativas.

Em cada cenário, descartaram-se dois valores da matriz original de decisão e estimaram-se novos valores por meio de uma função de geração de números aleatórios. Os

valores foram estimados dentro de um intervalo considerado factível pelos especialistas, sendo atribuídas pertinências de acordo com a segurança na atribuição dos valores do respectivo intervalo. Comparou-se, posteriormente, em cada um dos cenários, a diferença na ordenação das alternativas em S1, S2 e S3.

Cenário 01: Os dados da Velocidade Máxima da alternativa F-124 e da tripulação da alternativa FREMM foram desconsiderados. Para a Velocidade Máxima atribuiu-se um intervalo entre 27 a 31 kts pelos especialistas, sendo atribuída uma pertinência de valor 0,8. Já para a tripulação, foi atribuído um intervalo entre 140 a 200 tripulantes utilizando uma pertinência de 0,8. O gerador de números aleatórios resultou nos valores de Velocidade Máxima de 30 kts para o navio F-124 e de uma tripulação de 198 tripulantes no navio FREMM. As alterações podem ser observadas nas tabelas 17 e 18.

Cenário 02: Os dados do Raio de Ação da alternativa HORIZON e da tripulação da alternativa F-124 foram desconsiderados. Para o Raio de Ação atribuiu-se um intervalo entre 6500 a 7500 milhas pelos especialistas, sendo atribuída uma pertinência de valor 0,75. Já para a tripulação, foi atribuído um intervalo entre 200 a 250 tripulantes utilizando uma pertinência de 0,75. O gerador de números aleatórios resultou nos valores de Raio de Ação de 7281 milhas para o navio HORIZON e de uma tripulação de 237 tripulantes no navio F-124. As alterações podem ser observadas no apêndice A (tabelas 31 e 32).

Cenário 03: Os dados da Velocidade Máxima da alternativa F-125 e o Raio de Ação da alternativa LCF foram desconsiderados. Para a Velocidade Máxima atribuiu-se um intervalo entre 23 a 26 kts pelos especialistas, sendo atribuída uma pertinência de valor 0,7. Já para o Raio de Ação, foi atribuído um intervalo entre 4000 a 7000 utilizando uma pertinência de 0,7. O gerador de números aleatórios resultou nos valores de Velocidade Máxima de 26 kts para o navio F-125 e de um Raio de Ação de 5513 no navio LCF. As alterações podem ser observadas no apêndice A (tabelas 33 e 34).

Tabela 17 – Alternativas e critérios utilizados no cenário 01

Alternativas/ Critérios	Velocidade Máxima	Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	Tripulação	Artilharia Principal	Artilharia Secundária	ASuW	ASW	He	Custo em milhões (USD)
F-124	30	4000	243	1	1	1	1	4	800
LCF	30	5000	230	3	5	4	1	1	500
F-100	29	4500	250	3	4	4	1	3	600
FREMM	27	6000	198	1	3	2	1	3	745
HORIZON	29	7000	230	1	3	3	1	3	1030
T-45 DARING	29	7000	235	2	4	4	1	2	1500
DDG-51	32	8150	380	3	4	4	3	3	1650
F-125	26	4000	190	3	2	4	2	5	740

Tabela 18 – Pertinência das alternativas e dos critérios no cenário 01

PESOS	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Alternativas/ Critérios	Velocidade Máxima	Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	Tripulação	Artilharia Principal	Artilharia Secundária	ASuW	ASW	He	Custo em milhões			
F-124	0,8	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
LCF	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
F-100	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7			
FREMM	1	1	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5			
HORIZON	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,75			
T-45 DARING	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
DDG-51	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
F-125	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5			

Os resultados do método THOR 2 para as ordenações S1, S2 e S3 na situação original e em cada um dos cenários encontram-se nas tabelas 19, 20 e 21.

Tabela 19 – THOR 2: Ordenação S1

S1							
Situação Inicial		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03	
LCF	3,812	LCF	3,814	LCF	3,817	LCF	3,810
DDG-51	3,558	DDG-51	3,568	DDG-51	3,562	DDG-51	3,550
F-100	3,500	F-100	3,500	F-100	3,500	F-100	3,500
T-45 DARING	3,500	T-45 DARING	3,500	T-45 DARING	3,500	T-45 DARING	3,500
F-125	3,027	F-125	3,029	F-125	3,026	F-125	3,032
HORIZON	3,000	HORIZON	3,000	HORIZON	3,000	HORIZON	3,000
FREMM	2,500	FREMM	2,500	FREMM	2,500	FREMM	2,500
F-124	2,500	F-124	2,500	F-124	2,500	F-124	2,500

Tabela 20 – THOR 2: Ordenação S2

S2							
Situação Inicial		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03	
DDG-51	4,154	DDG-51	4,138	DDG-51	4,182	DDG-51	4,140
LCF	4,026	LCF	4,029	LCF	4,163	LCF	4,035
F-100	3,673	F-100	3,674	F-100	4,033	F-100	4,185
F-125	3,408	F-125	3,393	F-125	3,410	F-125	3,432
T-45 DARING	1,512	T-45 DARING	1,510	T-45 DARING	1,514	T-45 DARING	1,508
HORIZON	1,500	HORIZON	1,500	HORIZON	1,500	HORIZON	1,500
FREMM	1,116	FREMM	1,102	FREMM	1,114	FREMM	1,112
F-124	1,000	F-124	1,000	F-124	1,000	F-124	1,000

Tabela 21 – THOR 2: Ordenação S3

S3							
Situação Inicial		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03	
F-100	5,366	F-100	5,362	F-100	5,378	F-100	5,404
LCF	5,036	LCF	5,030	LCF	5,036	LCF	5,055
DDG-51	4,787	DDG-51	4,767	DDG-51	4,806	DDG-51	4,766
F-125	4,370	F-125	4,383	F-125	4,367	F-125	4,402
FREMM	1,977	FREMM	1,960	FREMM	1,973	FREMM	1,986
HORIZON	1,841	HORIZON	1,838	HORIZON	1,856	HORIZON	1,832
T-45 DARING	1,751	T-45 DARING	1,746	T-45 DARING	1,728	T-45 DARING	1,742
F-124	1,167	F-124	1,165	F-124	1,165	F-124	1,178

A partir do resultado das ordenações em S1, S2 e S3 nos três diferentes cenários, verificou-se, que apesar da mudança na pontuação, a ordenação das alternativas permaneceu inalterada em todas os cenários simulados.

Propõe-se uma nova análise na qual a situação inicial é comparada com a situação de eliminação dos critérios. A partir daí levanta-se a seguinte problema de pesquisa: “No caso de não dispor de todos os dados necessários, configura-se como uma melhor prática a eliminação da alternativa ou do critério ou a atribuição de uma estimativa condicionada a um valor de pertinência?”

Conforme expresso na Tabela 22, houve mudanças, em S1, na ordenação das alternativas F-100 e T-45 e das alternativas HORIZON, FREMM e F-124 quando se compara a situação inicial com a situação de eliminação dos critérios Velocidade Máxima e Tripulação. Na situação original, as alternativas F-100 e T-45 apresentam empate, no entanto, após a eliminação dos critérios, F-100 apresenta uma pontuação maior, alterando a ordenação das alternativas. As alternativas HORIZON e FREMM apresentam pontuações distintas na situação original, porém, após a eliminação dos critérios, indicam a mesma pontuação, demonstrando uma alteração na ordem das alternativas. A alternativa F-124 apresenta empate com a alternativa FREMM na situação inicial, já na situação de eliminação de critérios mantém-se isolada na última posição.

Ordenação de S1 (Situação Inicial): LCF > DDG-51 > (F-100 e T-45) > F-125 > HORIZON > (FREMM e F-124).

Ordenação de S1 (Após eliminação dos critérios Velocidade Máxima e Tripulação): LCF > DDG-51 > F-100 > T-45 > F-125 > (HORIZON e FREMM) > F-124

Em S2, houve mudança na ordenação das quatro primeiras alternativas (DDG-51, LCF, F-100 e F-125) no que tange a situação na qual os critérios foram eliminados. Já em S3, as alternativas da quinta, sexta e sétima posição (FREMM, HORIZON e T-45 DARING) tiveram a sua ordenação alterada na mesma situação.

Tabela 22 – THOR 2: Ordenação após eliminação dos critérios Velocidade Máxima e Tripulação

S1				S2				S3			
Situação Inicial		Eliminação dos critérios		Situação Inicial		Eliminação dos critérios		Situação Inicial		Eliminação dos critérios	
LCF	3,812	LCF	3,946	DDG-51	4,154	LCF	4,149	F-100	5,366	F-100	5,457
DDG-51	3,558	DDG-51	3,610	LCF	4,026	DDG-51	4,051	LCF	5,036	LCF	4,959
F-100	3,500	F-100	3,502	F-100	3,673	F-125	4,051	DDG-51	4,787	DDG-51	4,828
T-45	3,500	T-45	3,500	F-125	3,408	F-100	3,833	F-125	4,370	F-125	4,541
F-125	3,027	F-125	3,030	T-45	1,512	T-45	1,504	FREMM	1,977	HORIZON	1,789
HORIZON	3,000	HORIZON	2,500	HORIZON	1,500	HORIZON	1,500	HORIZON	1,841	T-45	1,686
FREMM	2,500	FREMM	2,500	FREMM	1,116	FREMM	1,112	T-45	1,751	FREMM	1,479
F-124	2,500	F-124	2,000	F-124	1,000	F-124	0,500	F-124	1,167	F-124	0,607

Tabela 23 – THOR 2: Ordenação após eliminação dos critérios Raio de Ação e Tripulação

S1		S2				S3					
Situação Inicial	Eliminação dos critérios	Situação Inicial	Eliminação dos critérios	Situação Inicial	Eliminação dos critérios	Situação Inicial	Eliminação dos critérios				
LCF	3,812	LCF	3,909	DDG-51	4,154	F-100	4,455	F-100	5,366	F-100	5,963
DDG-51	3,558	DDG-51	3,519	LCF	4,026	LCF	4,236	LCF	5,036	LCF	5,259
F-100	3,500	F-100	3,500	F-100	3,673	DDG-51	4,157	DDG-51	4,787	DDG-51	4,817
T-45	3,500	T-45	3,500	F-125	3,408	F-125	4,157	F-125	4,370	F-125	4,704
F-125	3,027	F-125	3,059	T-45	1,512	FREMM	1,541	FREMM	1,977	FREMM	2,034
HORIZON	3,000	HORIZON	2,500	HORIZON	1,500	T-45	1,500	HORIZON	1,841	F-124	1,825
F-124	2,500	F-124	2,500	FREMM	1,116	HORIZON	1,500	T-45	1,751	HORIZON	1,753
FREMM	2,500	FREMM	2,000	F-124	1,000	F-124	1,000	F-124	1,167	T-45	1,655

Houve mudanças na ordenação das alternativas, em S1, em comparação a situação inicial quando eliminados os critérios Raio de Ação e Tripulação (tabela 23). As alternativas HORIZON e F-124 possuem pontuações distintas na situação original, porém, após a eliminação dos critérios, empatam em pontuação, alterando a ordenação. A alternativa FREEM apresenta empate com a alternativa F-124 na situação inicial, já na situação de eliminação de critérios mantém-se isolada na última posição.

Ordenação de S1 (Situação Inicial): LCF > DDG-51 > (F-100 e T-45) > F-125 > HORIZON > (F-124 e FREMM).

Ordenação de S1 (Após eliminação dos critérios Raio de Ação e Tripulação): LCF > DDG-51 > (F-100 e T-45) > F-125 > (HORIZON e F-124) > FREMM.

Em S2, houve mudança na ordenação da primeira, terceira, quinta, sexta e sétima alternativa (DDG-51, F-100, T-45, HORIZON e FREMM) no que tange a situação na qual os critérios foram eliminados. Já em S3, as alternativas das três últimas posições (HORIZON, T-45 DARING e F-124) tiveram a sua ordenação alterada na mesma situação.

Já na tabela 24, quando retirados os critérios Velocidade Máxima e Raio de Ação, houve mudanças na ordenação da segunda, quarta e quinta posição (DDG-51, T-45 DARING e F-125) em comparação a situação inicial em S1. As alternativas HORIZON e FREMM apresentam pontuações distintas na situação original, porém, após a eliminação dos critérios, indicam a mesma pontuação, demonstrando uma alteração na ordem das alternativas.

Ordenação de S1 (Situação Inicial): LCF > DDG-51 > (F-100 e T-45) > F-125 > HORIZON > (F-124 e FREMM).

Ordenação de S1 (Após eliminação dos critérios Raio de Ação e Tripulação): LCF > F-125 > F-100 > DDG-51 > T-45 > (HORIZON, FREMM e F-124).

Em S2, houve mudança na primeira e nas cinco últimas posições (DDG-51, F-125, T-45 DARING, HORIZON, FREMM e F-124). Já em S3, houve mudança na ordenação

da segunda, terceira e quarta posição (LCF, DDG-51 e F-124) além das três últimas (HORIZON, T-45 DARING e F-124).

Tabela 24 – THOR 2: Ordenação após eliminação dos critérios Velocidade Máxima e Raio de Ação

S1		S2				S3					
Situação Inicial	Eliminação dos critérios	Situação Inicial	Eliminação dos critérios	Situação Inicial	Eliminação dos critérios	Situação Inicial	Eliminação dos critérios	Situação Inicial	Eliminação dos critérios		
LCF	3,812	LCF	3,957	DDG-51	4,154	F-125	4,896	F-100	5,366	F-100	5,744
DDG-51	3,558	F-125	3,651	LCF	4,026	LCF	4,208	LCF	5,036	F-125	5,525
F-100	3,500	F-100	3,500	F-100	3,673	F-100	3,940	DDG-51	4,787	LCF	5,146
T-45	3,500	DDG-51	3,030	F-125	3,408	DDG-51	3,359	F-125	4,370	DDG-51	3,851
F-125	3,027	T-45	3,000	T-45	1,512	FREMM	1,590	FREMM	1,977	FREMM	2,152
HORIZON	3,000	HORIZON	2,500	HORIZON	1,500	F-124	1,001	HORIZON	1,841	F-124	1,249
FREMM	2,500	FREMM	2,500	FREMM	1,116	T-45	1,000	T-45	1,751	HORIZON	1,152
F-124	2,500	F-124	2,500	F-124	1,000	HORIZON	1,000	F-124	1,167	T-45	1,072

Em todos os cenários que utilizaram-se dados estimados em conjunto com a função de pertinência, a ordenação se manteve em consonância com a ordenação na situação inicial. No entanto, quando optou-se por excluir os critérios, a ordenação se diferenciou da ordenação na situação de origem.

A utilização de dados estimados no THOR 2 mostrou-se um eficiente instrumento em situações que ocorre incerteza ou falta de dados, uma vez que não é necessário eliminar o critério ou alternativa em questão. O estudo, dessa forma, preenche uma lacuna presente em problemas decisórios nos quais faltam dados na matriz de decisão, uma vez que não se faz necessário eliminar a alternativa ou critério.

Repetindo-se o mesmo procedimento para o THOR, a eliminação dos critérios resultou na alteração na ordenação das alternativas, em todos os cenários propostos, quando comparados com as situações de origem.

Os resultados do método THOR para as ordenações S1, S2 e S3 na situação original e em cada um dos cenários encontram-se nas tabelas 25, 26 e 27.

A partir do resultado das ordenações do THOR, verificou-se, que no cenário 02, as ordenações em S2 e S3 diferiram da situação original. Para as demais situações, a ordenação das alternativas se manteve.

No THOR 2, a utilização dos dados estimados gerou a mesma ordenação, em S1, S2 e S3, que a situação original em todos os cenários. O fato de no THOR 2 o índice nebuloso-aproximativo ser multiplicado pelo valor do peso em todas as situações (aP_jb , aQ_jb e aI_jb) faz com que toda a incerteza do modelo seja contemplada. Como no THOR o índice nebuloso-aproximativo é multiplicado pelo valor do peso apenas em aQ_jb , a incerteza é tratada parcialmente. Com isso, o THOR 2 mostra-se mais consistente na aplicação de modelos com incerteza.

Tabela 25 – THOR: Ordenação S1

S1							
Situação Inicial		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03	
LCF	3,849	LCF	3,852	LCF	3,849	LCF	3,849
DDG-51	3,551	DDG-51	3,553	DDG-51	3,551	DDG-51	3,551
F-100	3,500	F-100	3,500	F-100	3,500	F-100	3,500
T-45 DARING	3,500	T-45 DARING	3,500	T-45 DARING	3,500	T-45 DARING	3,500
F-125	3,034	F-125	3,037	F-125	3,034	F-125	3,034
HORIZON	2,500	HORIZON	2,500	HORIZON	2,500	HORIZON	2,500
FREMM	2,500	FREMM	2,500	FREMM	2,500	FREMM	2,500
F-124	2,500	F-124	2,500	F-124	2,500	F-124	2,500

Tabela 26 – THOR: Ordenação S2

S2							
Situação Inicial		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03	
LCF	4,106	LCF	4,104	LCF	4,104	LCF	4,106
DDG-51	3,962	DDG-51	3,956	DDG-51	3,962	DDG-51	3,962
F-100	3,699	F-100	3,694	F-100	3,703	F-100	3,699
F-125	3,350	F-125	3,368	F-125	3,350	F-125	3,350
T-45 DARING	1,506	T-45 DARING	1,503	HORIZON	1,508	T-45 DARING	1,506
HORIZON	1,500	HORIZON	1,500	FREMM	1,116	HORIZON	1,500
FREMM	1,116	FREMM	1,120	T-45	1,006	FREMM	1,116
F-124	1,000	F-124	1,000	F-124	1,000	F-124	1,000

Tabela 27 – THOR: Ordenação S3

S3							
Situação Inicial		Cenário 01		Cenário 02		Cenário 03	
LCF	5,058	LCF	5,060	LCF	5,057	LCF	5,058
F-100	4,746	F-100	4,747	F-100	4,754	F-100	4,746
DDG-51	4,543	DDG-51	4,533	DDG-51	4,543	DDG-51	4,543
F-125	3,717	F-125	3,764	F-125	3,717	F-125	3,717
HORIZON	1,842	HORIZON	1,839	HORIZON	1,857	HORIZON	1,842
T-45 DARING	1,705	T-45 DARING	1,703	FREMM	1,417	T-45 DARING	1,705
FREMM	1,417	FREMM	1,426	F-124	1,186	FREMM	1,417
F-124	1,186	F-124	1,186	T-45 DARING	1,146	F-124	1,186

5.2.2 Aplicação do TCA

Por meio da Teoria dos Conjuntos Aproximados (TCA), é possível inferir se um determinado critério é suficiente ou irrelevante no que tange a ordenação das alternativas. Entende-se como irrelevante, o critério ou conjunto de critérios que, se retirado, não altera a ordenação original das alternativas, na qual todos os critérios são utilizados. Tal resultado decorre de uma classificação muito próxima para estes critérios, associado aos pesos atribuídos aos critérios pelo decisor, o que evidencia a irrelevância desses critérios no processo (31).

Para tal, comparou-se a ordenação original, utilizando todos os critérios, com a ordenação oriunda da retirada de cada um dos critérios. Retirou-se, inicialmente, o critério de menor peso (Tripulação) verificando se houve alteração na ordenação das alternativas.

Na utilização do software THOR1, a ordenação S1 indica a eliminação do critério Tripulação. Verifica-se, com a retirada do critério Tripulação, que apesar das alternativas possuírem pontuações distintas, permanecem com a ordem inalterada. Por este motivo, há sugestão da retirada do critério em S1, uma vez que a retirada do critério não influencia na ordenação, mostrando-se irrelevante por estar em igualdade de importância.

Em seguida, são analisadas as ordenações em S1, retirando os critérios Tripulação (já retirado anteriormente) e o segundo critério de menor peso, Velocidade Máxima. Em nosso estudo de caso, os critérios Velocidade Máxima e Raio de Ação possuem o mesmo peso. Para fins de algoritmo, convencionou-se que, em caso de empate dos pesos, o critério a ser escolhido é o de ordem de inserção no *software*. Como as alternativas apresentaram ordenações diferentes quando comparadas com o caso original, a retirada dos critérios Tripulação e Velocidade Máxima não é recomendada, devido a relevância dos critérios em conjunto. Em sequência, foram analisadas as ordenações em S1, retirando os critérios Tripulação e Raio de Ação. Como as alternativas apresentaram ordenações diferentes quando comparadas com o caso original, a retirada dos critérios Tripulação e Raio de Ação não é recomendada, devido a relevância conjunta dos critérios. A análise permanece para os critérios artilharia principal, artilharia secundária, ASUW, ASW, He e custo, respectivamente. Como as alternativas apresentaram ordenações diferentes em S1 após a retirada dos critérios, não recomenda-se a retirada de outros critérios. Desta forma, o único critério que pode ser retirado em S1 é Tripulação.

Em S2, assim como em S1, a TCA indica que o critério Tripulação pode ser eliminado em S2 por não implicar alterações na ordenação original. Analisando-se a retirada dos critérios: Tripulação e Velocidade Máxima, Tripulação e Raio de Ação, Tripulação e Artilharia Principal, Tripulação e Artilharia Secundária, Tripulação e ASUW, Tripulação e ASW, Tripulação e He, Tripulação e Custo, todas as combinações apresentadas geram ordenações distintas da ordenação original em S2. Desta forma, recomenda-se a retirada

apenas do critério Tripulação.

Em S3, assim como em S2 e S3, a TCA indica a retirada do critério Tripulação por não influenciar na ordenação das alternativas. Dessa forma, analisa-se a retirada dos seguintes critérios: Tripulação e Velocidade Máxima, Tripulação e Raio de Ação, Tripulação e Artilharia Principal, Tripulação e Artilharia Secundária, Tripulação e ASUW. Todos os casos relatados acima apresentaram ordenações diferentes do que quando comparadas com a situação original. No entanto, quando analisa-se Tripulação e ASW, a ordenação manteve-se igual a situação original. Desta forma, indica-se a retirada do critério ASW também. Uma vez que os critérios Tripulação e ASW são retirados, analisa-se, agora, a retirada de Tripulação, ASW, He e Tripulação, ASW e Custo. Como as duas ordenações mantiveram-se diferentes da situação original, não recomenda-se a retirada dos critérios He e Custo. Desta forma, recomenda-se a retirada dos critérios Tripulação e ASW em S3.

A Tabela 28 apresenta a comparação da situação inicial com a situação de eliminação do critério Tripulação (S1 e S2) e dos critérios Tripulação e ASW (S3). Percebe-se que apesar da diferença de pontuação, as alternativas mantiveram-se nas mesmas posições, não tendo sua ordem alterada.

No apêndice B, são apresentados, de forma detalhada, os resultados relativos ao TCA no método THOR para o estudo do caso.

Tabela 28 – TCA Software THOR1 - Ordenação original x Após retirada de critérios

S1		S2				S3					
Situação Inicial	Eliminação do critério Tripulação	Situação Inicial	Eliminação do critério Tripulação	Situação Inicial	Eliminação dos critérios Tripulação e ASW	Situação Inicial	Eliminação dos critérios Tripulação e ASW				
LCF	3,849	LCF	3,923	LCF	4,106	LCF	4,173	LCF	5,058	LCF	5,165
DDG-51	3,551	DDG-51	3,593	DDG-51	3,962	DDG-51	4,068	F-100	4,746	F-100	5,059
F-100	3,500	F-100	3,500	F-100	3,699	F-100	3,831	DDG-51	4,543	DDG-51	3,907
T-45 DARING	3,500	T-45 DARING	3,500	F-125	3,350	F-125	3,346	F-125	3,717	F-125	3,674
F-125	3,034	F-125	3,016	T-45 DARING	1,506	T-45 DARING	1,528	HORIZON	1,842	HORIZON	1,768
HORIZON	2,500	HORIZON	2,500	HORIZON	1,500	HORIZON	1,500	T-45 DARING	1,705	T-45 DARING	1,618
FREMM	2,500	FREMM	2,500	FREMM	1,116	FREMM	1,098	FREMM	1,417	FREMM	1,339
F-124	2,500	F-124	2,500	F-124	1,000	F-124	1,000	F-124	1,186	F-124	1,109

Na utilização do módulo da TCA no THOR 2, bem como no software THOR1, a eliminação do critério Tripulação é indicada em S1. Analisa-se, então, o comportamento das ordenações após a retirada dos critérios: Tripulação e Velocidade Máxima, Tripulação e Raio de Ação, Tripulação e Artilharia Principal, Tripulação e Artilharia Secundária, Tripulação e ASuW, Tripulação e ASW, Tripulação e He, Tripulação e Custo. Como as alternativas apresentaram ordenações diferentes em S1 após a retirada dos critérios citados, não recomenda-se a retirada de outros critérios. Desta forma, o único critério que pode ser retirado em S1 é Tripulação.

Em S2, comparou-se a situação original com a retirada do critério Tripulação, como

este apresentou uma ordenação diferente, não deve ser desconsiderado. Dando continuidade, foi retirado o critério Velocidade, apresentando também ordenação distinta. O resultado se repetiu para os demais critérios. Desta forma, a TCA em S2 indica que nenhum critério deve ser retirado.

Em S3, a lógica se mantém. O resultado da TCA aponta que nenhum critério pode ser retirado. A tabela 29 apresenta a comparação da situação inicial com a situação de eliminação do critério Tripulação em S1, S2 e S3. Percebe-se que, apenas em S1, a ordenação manteve-se a mesma nos dois cenários. Em S2 e S3, a retirada do critério tripulação resultou ordenações diferentes.

Tabela 29 – TCA THOR 2 - Ordenação original x Após retirada do critério Tripulação

S1		S2				S3					
Situação Inicial	Eliminação do critério Tripulação	Situação Inicial	Eliminação do critério Tripulação	Situação Inicial	Eliminação do critério Tripulação	Situação Inicial	Eliminação do critério Tripulação				
LCF	3,812	LCF	3,878	DDG-51	4,154	F-100	4,290	F-100	5,366	F-100	5,506
DDG-51	3,558	DDG-51	3,604	LCF	4,026	DDG-51	4,280	LCF	5,036	LCF	5,051
F-100	3,500	F-100	3,500	F-100	3,673	LCF	4,123	DDG-51	4,787	DDG-51	5,024
T-45 DARING	3,500	T-45 DARING	3,500	F-125	3,408	F-125	3,406	F-125	4,370	F-125	4,337
F-125	3,027	F-125	3,007	T-45 DARING	1,512	T-45 DARING	1,535	FREMM	1,977	HORIZON	1,860
HORIZON	3,000	HORIZON	3,000	HORIZON	1,500	HORIZON	1,500	HORIZON	1,841	T-45 DARING	1,756
FREMM	2,500	FREMM	2,500	FREMM	1,116	FREMM	1,094	T-45 DARING	1,751	FREMM	1,436
F-124	2,500	F-124	2,500	F-124	1,000	F-124	1,000	F-124	1,167	F-124	1,147

O quadro 4 sintetiza as sugestões de retirada de critérios discutidas nesta subseção.

Quadro 4 – Sugestão de retirada - TCA

	THOR 1	THOR 2
S1	Tripulação	Tripulação
S2	Tripulação	-
S3	Tripulação e ASW	-

O resultado detalhado da utilização do TCA no método THOR 2 encontra-se exposto no Apêndice C.

5.2.3 Aplicação TCA Nebulosa

Na TCA Nebulosa, alia-se a Teoria dos Conjuntos Aproximados com a Teoria dos Conjuntos Nebulosos (TCN), no sentido de verificar se ocorre elevação da imprecisão do processo de decisão. Os valores da TCA Nebulosa são compostos pela média das pertinências das alternativas. As alternativas, também, são analisadas conjuntamente com os critérios (Alt e Crit). Alt e Crit, desta forma, constitui-se da média da média dos valores das pertinências das alternativas com a média do conjunto de critérios (média da pertinência dos pesos). No que diz respeito a nebulosidade do conjunto de critérios, não houve, alteração, permanecendo o valor de 0,95 (Tabela 13).

Como pode ser observado na Tabela 30, a aplicação da TCA nebulosa não sugere a retirada do critério Tripulação, pois com a retirada do critério, todas as alternativas tornaram-se mais imprecisas tanto na análise individual quanto naquela realizada em conjunto com os critérios. Considerando a nebulosidade, o critério Tripulação não deve ser retirado do processo decisório. A TCA nebulosa também não sugere a retirada do critério ASW, uma vez que a retirada do critério implica em um aumento da imprecisão das alternativas FREMM e F-125.

Tabela 30 – TCA NEBULOSA - Ordenação original x Após retirada dos critérios

Alternativas	Ordenação Original		Ordenação após retirada do critério Tripulação		Ordenação após retirada do critério ASW	
	Valores	Alt & Crit	Valores	Alt & Crit	Valores	Alt & Crit
F-124	0,92222	0,93611	0,91250	0,93125	0,92500	0,93750
LCF	0,92222	0,93611	0,91250	0,93125	0,92500	0,93750
F-100	0,91111	0,93056	0,90000	0,92500	0,91250	0,93125
FREMM	0,88889	0,91944	0,87500	0,91250	0,88750	0,91875
HORIZON	0,91667	0,93333	0,90625	0,92813	0,91875	0,93438
T-45 DARING	0,92222	0,93611	0,91250	0,93125	0,92500	0,93750
DDG-51	0,92222	0,93611	0,91250	0,93125	0,92500	0,93750
F-125	0,88889	0,91944	0,87500	0,91250	0,88750	0,91875

É importante ressaltar que a análise de retirada ou não do critério é função do decisor. O *software* apoia e esclarece o decisor, no entanto, a decisão final é do tomadora pelo decisor.

6 CONCLUSÃO

A presente dissertação teve como objetivo propor uma evolução do método de apoio à tomada de decisão multicritério THOR. A evolução apresentou uma variação axiomática do método THOR, denominada THOR 2. Após uma análise do método THOR, foram realizadas modificações na distinção dos pesos no somatório das pontuações para os cenários de preferência fraca e indiferença. Além disso, incluiu-se a multiplicação do peso do critério pelo índice nebuloso-aproximativo nas situações de preferência forte e indiferença, de forma a degradar a comparação em função do grau de segurança do dado. Essas modificações propiciaram uma melhor distribuição dos pesos na função de agregação não transitiva e permitiram contemplar a incerteza do modelo integralmente, uma vez que todos os pesos são multiplicados pelos seus respectivos índices nebulosos-aproximativos.

De modo ampliar e difundir a utilização dos métodos pela comunidade científica, foram desenvolvidos *softwares* para os métodos THOR e THOR 2. O desenvolvimento dos *softwares* auxiliou na comparação dos resultados dos métodos, contribuindo, também, para a aplicação em problemas de maior complexidade, nos quais utilizam-se um maior número de critérios e alternativas.

Por meio do estudo de caso, foi possível escolher uma fragata para a Marinha do Brasil a ser adquirida mediante compra de oportunidade. No resultado gerado pelo THOR, a alternativa LCF obteve a maior pontuação em S1, S2 e S3. Já no THOR 2, diferente do THOR, os navios LCF, DDG-51 e F-100 alternaram nas primeiras posições em S1, S2 e S3. Dessa forma, foi proposto um cenário adicional, utilizando apenas estas alternativas. Neste cenário, a alternativa LCF apresentou a maior pontuação, apresentando-se como alternativa a ser selecionada.

Propôs-se, também, a validação da função de pertinência para o THOR 2. No caso de não se dispor de todos os dados necessários, a atribuição de uma estimativa condicionada ao valor de pertinência apresentou um melhor resultado do que a eliminação da alternativa ou do critério. Em todas as situações simuladas, a ordenação das alternativas manteve-se em consonância com a ordenação original. No entanto, quando se optou por excluir os critérios, a ordenação obteve um resultado diferente. Desta forma, o THOR 2 mostrou-se um instrumento eficaz para lidar com situações de incerteza e falta de dados, não sendo necessário eliminar alternativa ou critério.

6.1 Trabalhos futuros

A pesquisa está prosseguindo no sentido da fuzzificação do método THOR 2. Dessa forma, utiliza-se uma função de pertinência trapezoidal para a fuzzificação do peso das alternativas, enquanto utilizam-se funções de pertinência triangulares e trapezoidais para a classificação das alternativas. Com isso, na comparação com o THOR 2, apresentado nesta dissertação, não se faz necessária a inserção das pertinências para a classificação das alternativas e para os pesos. Conseqüentemente, a utilização da TCA Nebulosa deixa de existir. A entrada de dados se dá por meio de atribuição direta, não sendo empregadas escalas de intervalos e razões, conforme ocorre nos métodos THOR e THOR 2.

A fuzzificação do THOR 2 não invalida a utilização do mesmo, uma vez que tratam-se de métodos complementares, cada um com suas devidas particularidades. A figura 3 apresenta um fluxograma introdutório sobre o modelo THOR 2 FUZZY.

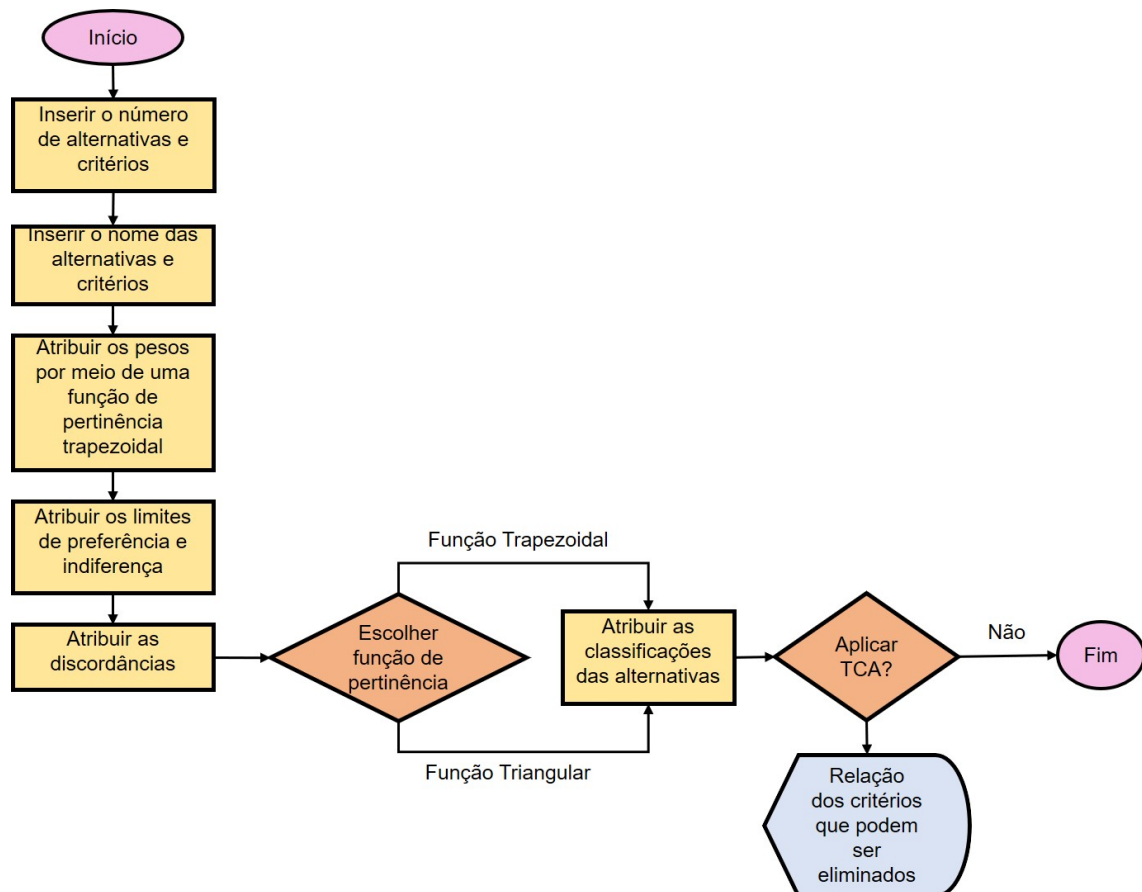


Figura 3 – Fluxograma THOR 2 FUZZY

REFERÊNCIAS

- 1 ALMEIDA, A. T. *Processo de Decisão nas Organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. 1^a. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2013. 256 p. ISBN 9788522480111. 9, 22, 23
- 2 PAWLAK, Z. *Rough sets: theoretical aspects of reasoning about data*. 1^a. ed. London: Springer Netherlands, 1991. 231 p. ISBN 9780792314721. 9, 28, 31
- 3 STERNBERG, R. J. *Psicologia cognitiva*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 18
- 4 SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 83, 2008. 18
- 5 GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. *Tomada de Decisão Gerencial*. 5^a. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2014. 400 p. ISBN 9788522488193. 18, 28, 32
- 6 COSTA, T. C. D.; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. In: *15^o Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA*. São José dos Campos - SP: Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 2009. Outubro de 2018. Disponível em: <<http://www.bibl.ita.br/xvencita/MEC20.pdf>>. 18
- 7 SANTOS, M. dos. *Proposta de modelagem atuarial aplicada ao setor militar considerando influências econômicas e biométricas*. 237 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2018. 18
- 8 FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. New York, NY: Springer New York, 2005. v. 78. (International Series in Operations Research & Management Science, v. 78). ISBN 978-0-387-23067-2. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/b100605>>. 18
- 9 GOMES, C. F. S.; MAIA, A. C. C. Ordenação de alternativas de biomassa utilizando o apoio multicritério à decisão. *Production*, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, v. 23, n. 3, p. 488–499, 2013. 19, 33, 37
- 10 GOMES, C. F. S. *THOR - Um Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas*. Tese (Tese de doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1999. 19, 24, 26, 33
- 11 VOGT, R. Novo estudo de um escolta para a marinha do brasil. *Revista Marítima Brasileira*, v. 138, n. 01/03, p. 47–74, 2018. 20, 53
- 12 KUŁAKOWSKI, K. Inconsistency in the ordinal pairwise comparisons method with and without ties. *European Journal of Operational Research*, v. 270, n. 1, p. 314 – 327, 2018. ISSN 0377-2217. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221718302522>>. 22
- 13 CLÍMACO, J. (Ed.). *Multicriteria Analysis*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1997. ISBN 978-3-642-64500-6. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-60667-0>>. 23

- 14 KAHRAMAN, C. *Fuzzy multi-criteria decision making : theory and applications with recent developments*. 1. ed. US: Springer, 2008. 590 p. 23
- 15 POHEKAR, S.; RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Pergamon, v. 8, n. 4, p. 365–381, 2004. 23
- 16 TRIANTAPHYLLOU, E.; SHU, B.; Nieto Sanchez, S.; RAY, T. Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach. *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, v. 15, p. 175–186, 1998. 23
- 17 RANGEL, L. A. D.; GOMES, L. F. A. M. O Apoio Multicritério à Decisão na avaliação de candidatos. *Production*, Associação Brasileira de Engenharia de Produção, v. 20, n. 1, p. 92–101, 2010. 23, 24, 26
- 18 VINCKE, P. *Multicriteria Decision Aid*. Bruxelles: John Wiley & Sons, 1992. 23
- 19 ROY, B.; VANDERPOOTEN, D. The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, Wiley-Blackwell, v. 5, n. 1, p. 22–38, mar 1996. ISSN 10579214. 23
- 20 SAATY, T. L. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980. 23
- 21 SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. *Decision making with the analytic network process : economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks*. 95. ed. New York: Springer, 2006. 278 p. 23
- 22 KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decisions with multiple objectives : preferences and value tradeoffs*. 2. ed. UK: Cambridge University Press, 1993. 569 p. 23
- 23 BANA E COSTA, C. A.; VANSNICK, J.-C. MACBETH - An Interactive Path Towards the Construction of Cardinal Value Functions. *International Transactions in Operational Research*, v. 1, n. 4, p. 489–500, 1994. 24
- 24 EDWARDS, W. How to Use Multiattribute Utility Measurement for Social Decisionmaking. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, v. 7, n. 5, p. 326–340, 1977. ISSN 0018-9472. 24
- 25 GOMES, L. F. A. M. Comparing two methods for multicriteria ranking of urban transportation system alternatives. *Journal of Advanced Transportation*, Wiley-Blackwell, v. 23, n. 2-3, p. 217–219, 1989. 24
- 26 HWANG, C.-L.; YOON, K. *Multiple Attribute Decision Making*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1981. v. 186. (Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, v. 186). Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-48318-9>>. 24
- 27 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. 24
- 28 BRANS, J. P.; VINCKE, P. H. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method for MCDM. *Management Science*, v. 31, n. 6, p. 647–656, 1985. 24

- 29 GOMES, C. F. S.; NUNES, K. R.; XAVIER, L. H.; CARDOSO, R.; VALLE, R. Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil. *Omega*, Pergamon, v. 36, n. 3, p. 395–404, jun 2008. ISSN 0305-0483. 24, 26, 27, 35, 37
- 30 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. 24, 26, 28, 33, 37
- 31 CARDOSO, R. S.; 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, apr 2009. ISSN 0101-7438. 24, 35, 37, 69
- 32 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. 24, 27, 36, 37
- 33 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*, SOBRAPO, v. 30, n. 3, p. 601–617, 2010. 25, 34, 37
- 34 VIEIRA, G. B. B.; PASA, G. S.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, C. H. S. Identificação de hub ports na costa brasileira – uma comparação entre a análise conjunta e o sad-thor. In: *XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Goiânia, GO: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2006. p. 984–995. Acesso em 14 de outubro de 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/264237051>>. 25, 36, 38
- 35 GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. *Princípios e Métodos para Tomada de Decisão Enfoque Multicritério*. 6ª. ed. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 2019. 360 p. ISBN 9788597018462. 27
- 36 FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P. *Manual de Análise de Dados - Estatística e Modelagem Multivariada com Excel, SPSS e Stata*. 1ª. ed. Brasil: GEN LTC, 2017. 1216 p. ISBN 9788535270877. 27
- 37 PAWLAK, Z. Rough sets. *International Journal of Computer and information Sciences*, p. 341–356, 1982. 28
- 38 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. Acesso em 21 de agosto de 2018. Disponível em: <www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arc0265.pdf>. 28, 32, 38
- 39 SHAFER, G. *A Mathematical Theory of Evidence*. 1ª. ed. NJ: Princeton University Press, 1976. 297 p. ISBN 9780691100425. 28
- 40 JOYCE, J. Bayes' theorem. In: ZALTA, E. N. (Ed.). *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*. Spring 2019. [S.l.]: Metaphysics Research Lab, Stanford University, 2019. 28
- 41 ZADEH, L. A. Fuzzy sets. *Information and Control*, p. 338–353, 1965. 28

- 42 GOMES, C. F. S.; CARDOSO, R.; ADISSI, P. J.; XAVIER, L. H. 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. Acesso em 12 de setembro de 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/265597052>>. 28, 38
- 43 SASSI, R. J. Aplicação dos conceitos da teoria dos conjuntos aproximados no tratamento da indiscernibilidade. *Exacta*, v. 8, n. 01, p. 89–98, 2010. 30
- 44 GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; RANGEL, L. A. D. A comparison of the applications of TODIM and THOR to an important environmental problem. In: *XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Ubatuba - SP: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2011. p. 3177–3188. Acesso em 15 de outubro de 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/264044569>>. 33, 38
- 45 GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; RANGEL, L. A. D. A decision analysis with THOR and TODIM: rental evaluation in Volta Redonda. In: *XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. João Pessoa - PB: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2008. v. 30, n. 1, p. 7–11. Acesso em 15 de outubro de 2018. 34, 38
- 46 GOMES, C. F. S. Modelagem analítica aplicada à negociação e decisão em grupo. *Pesquisa Operacional*, SOBRAPO, v. 26, n. 3, p. 537–566, 2006. 36, 37
- 47 GOMES, C. F. S.; GOMES, L. F. A. M.; VALLE, R. Nova Proposta de Aplicação do Apoio Multicritério à Decisão (Algoritmo THOR) em Ordenação de Alternativas. In: *XI Encontro Nacional dos Estudantes de Engenharia de Produção*. Salvador - BA: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2001. Acesso em 18 de setembro de 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/264974462>>. 38, 41
- 48 XAVIER, L. H.; CARDOSO, R. S.; GOMES, C. F.; NUNES, K. R.; VALLE, R. Multiple criteria decision making and environmental management through thor system assessment: Plastic material waste destination and performance evaluation of brazilian construction and demolition waste recycling facilities – case studies. In: *XXXVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. São João del Rei - MG: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2004. Acesso em 20 de outubro de 2018. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/264974465>>. 38
- 49 VALLE, R.; CARDOSO, R.; XAVIER, L. H.; GOMES, C. F. S. Sistema de apoio à decisão multicritério thor aplicado na avaliação das alternativas de destinação de resíduo plástico. In: *VII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha*. Rio de Janeiro: [s.n.], 2004. Acesso em 14 de setembro de 2018. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br/spolm/files/arq0004_2.pdf>. 38
- 50 TOSTES, A. M.; GOMES, C. F. S. Sistema de apoio à decisão multicritério THOR aplicado na avaliação das alternativas de aquisição de equipamentos de laser. In: *XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Gramado - RS: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2005. p. 1170–1182. 38
- 51 GONÇALVES, E. d. P.; GOMES, C. F. S. Aplicação do apoio multicritério à decisão na ordenação de preferências nas alternativas de tecnologia de telefonia móvel. In: *XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Goiânia: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2006. Acesso em 08 de setembro de 2018. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2006/pdf/arq0220.pdf>>. 38

- 52 TORRES, N. T.; GOMES, C. F. S. Metodologia Integrada para Tomada de Decisão com o Uso do Apoio Multicritério e a Análise Envoltória de Dados (Dea). In: *XI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. João Pessoa - PB: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2008. p. 239–250. 38
- 53 BRASIL. *Estratégia Nacional de Defesa (END)*. 2012. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.defesa.gov.br/arquivos/2012/mes07/end.pdf>>. 48
- 54 BRASIL. *Missão e Visão de Futuro da Marinha*. 2019. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/content/missao-e-visao-de-futuro-da-marinha>>. 48
- 55 FUOCO, T. *Marinha fará licitação de US 1,6 bi em navios de guerra no 1T19*. 2018. Junho de 2019. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/bloomberg/2018/11/12/marinha-fara-licitacao-de-u-16-bi-em-navios-de-guerra-no-1t19.htm?cmpid=copiaecola>>. 48
- 56 SANTOS, M.; GOMES, C. F. S.; OLIVEIRA, A. S.; COSTA, H. G. Uma abordagem multicritério para seleção de um navio de guerra de médio porte a ser construído no Brasil. In: *XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Vitória: Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional, 2016. Junho de 2019. Disponível em: <<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2016/pdf/156619.pdf>>. 49
- 57 GALANTE, A. *Esquadra Brasileira deve perder mais seis navios de escolta até 2025*. 2018. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2018/09/27/esquadra-brasileira-deve-perder-mais-seis-navios-de-escolta-ate-2025/>>. 49
- 58 NAVAL, P. *Finalmente, a corveta Barroso*. 2008. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2008/08/19/finalmente-a-barroso/>>. 49
- 59 NAVAL, P. *Candidata à nova escolta da MB: De Zeven Provinciën*. 2008. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2008/08/27/candidata-a-nova-fragata-da-mb-de-zeven-provincien/>>. 50
- 60 NAVAL, P. *Candidata à nova escolta da MB: fragata espanhola F-100*. 2008. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2008/08/29/candidata-a-nova-escolta-da-mbfragata-espanhola-f100/>>. 50
- 61 NAVAL, P. *Itália oferece fragatas FREMM ao Brasil*. 2019. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2019/01/30/italia-oferece-fragatas-fremm-ao-brasil/>>. 50
- 62 WARFARE. *FRAGATA CLASSE HORIZON Novos horizontes na cooperação naval europeia*. 2016. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.warfareblog.com.br/2016/01/fragata-classe-horizon-novos-horizontes.html/>>. 50
- 63 NAVAL, P. *Batizada a primeira fragata F125 alemã, a ‘Baden-Württemberg’*. 2013. Junho de 2019. Disponível em: <<https://www.naval.com.br/blog/2013/12/22/batizada-a-primeira-fragata-f125-alema-a-baden-wurttemberg/>>. 51

APÊNDICE A – TABELAS DO ESTUDO DE CASO -
CAPÍTULO 5

Tabela 31 – Alternativas e critérios utilizados no cenário 02

Alternativas/ Critérios	Velocidade Máxima	Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	Tripulação	Artilharia Principal	Artilharia Secundária	ASuW	ASW	He	Custo em milhões (USD)
F-124	29	4000	237	1	1	1	1	4	800
LCF	30	5000	230	3	5	4	1	1	500
F-100	29	4500	250	3	4	4	1	3	600
FREMM	27	6000	145	1	3	2	1	3	745
HORIZON	29	7281	230	1	3	3	1	3	1030
T-45 DARING	29	7000	235	2	4	4	1	2	1500
DDG-51	32	8150	380	3	4	4	3	3	1650
F-125	26	4000	190	3	2	4	2	5	740

Tabela 33 – Alternativas e critérios utilizados no cenário 03

Alternativas/ Critérios	Velocidade Máxima	Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	Tripulação	Artilharia Principal	Artilharia Secundária	ASuW	ASW	He	Custo em milhões (USD)
F-124	29	4000	243	1	1	1	1	4	800
LCF	30	5513	230	3	5	4	1	1	500
F-100	29	4500	250	3	4	4	1	3	600
FREMM	27	6000	145	1	3	2	1	3	745
HORIZON	29	7000	230	1	3	3	1	3	1030
T-45 DARING	29	7000	235	2	4	4	1	2	1500
DDG-51	32	8150	380	3	4	4	3	3	1650
F-125	26	4000	190	3	2	4	2	5	740

Tabela 34 – Pertinência das alternativas e dos critérios no cenário 03

PESOS	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Alternativas/ Critérios	Velocidade Máxima	Raio de Ação (na velocidade de cruzeiro)	Tripulação	Artilharia Principal	Artilharia Secundária	ASuW	ASW	He	Custo em milhões			
F-124	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
LCF	1	0,7	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
F-100	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7			
FREMM	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5			
HORIZON	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,75			
T-45 DARING	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
DDG-51	1	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8			
F-125	0,7	1	1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5			

APÊNDICE B – APLICAÇÃO TCA - THOR1 - ESTUDO DE CASO

[2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

LCF: 0.708 | 0.0 | 0.5 | 0.589 | 0.505 | 0.5 | 0.5 | 0.547 | Soma: 3.849

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.526 | 0.5 | 0.5 | 0.525 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.551

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.534 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.034

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON - Original.

Analisando o critério TRIPULAÇÃO : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

LCF: 0.723 | 0.0 | 0.5 | 0.613 | 0.516 | 0.5 | 0.5 | 0.571 | Soma: 3.923

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.546 | 0.5 | 0.5 | 0.547 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.593

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.516 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.016

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON - Original.

Criterio TRIPULAÇÃO pode ser retirado.

Analisando o criterio VEL MAX : [0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.0

LCF: 0.756 | 0.0 | 0.5 | 0.667 | 0.539 | 0.5 | 0.5 | 0.53 | Soma: 3.992

F-100: 0.517 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.517

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.592 | 0.5 | 0.5 | 0.506 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.598

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.559 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.059

LCF > DDG-51 > F-100 > T-45 > F-125 > FREMM = HORIZON > F-124 -

Sem o criterio.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -

Original.

Analisando o criterio RAI0 DE AÇÃO : [2.0, 0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

LCF: 0.698 | 0.0 | 0.5 | 0.668 | 0.565 | 0.5 | 0.5 | 0.53 | Soma: 3.961

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.0

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.508 | 0.5 | 0.5 | 0.506 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.514

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.513 | 0.56 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.073

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = HORIZON > FREMM -

Sem o criterio.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -

Original.

Analisando o critério ARTILHARIA PRINCIPAL : [2.0, 2.0, 0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

LCF: 0.683 | 0.0 | 0.5 | 0.559 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.612 | Soma: 3.854

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

HORIZON: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.5

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.0

LCF > F-100 = HORIZON = T-45 = DDG-51 > F-124 = FREMM = F-125 -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -
Original.

Analisando o critério ARTILHARIA SECUNDÁRIA : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

LCF: 0.683 | 0.0 | 0.5 | 0.559 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.506 | Soma: 3.748

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.0

HORIZON: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.0

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.619 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.119

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.533 | 0.579 | 0.5 | 0.506 | 0.0 | Soma: 3.118

LCF > F-100 = T-45 > DDG-51 > F-125 > F-124 = HORIZON > FREMM -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -
Original.

Analisando o critério ASUW : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

LCF: 0.683 | 0.0 | 0.5 | 0.559 | 0.585 | 0.5 | 0.5 | 0.612 | Soma: 3.939

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.5

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.579 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.079

LCF > F-100 = T-45 = DDG-51 > F-125 > F-124 = FREMM > HORIZON -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -
Original.

Analisando o critério ASW : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 2.5

LCF: 0.773 | 0.0 | 0.5 | 0.653 | 0.552 | 0.5 | 0.5 | 0.65 | Soma: 4.128

F-100: 0.53 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.53

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.5

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.533 | 0.579 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.112

LCF > F-100 > T-45 = DDG-51 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -
Original.

Analisando o critério HE : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.0

LCF: 0.872 | 0.0 | 0.5 | 0.733 | 0.623 | 0.5 | 0.5 | 0.693 | Soma: 4.421

F-100: 0.591 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.591

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.637 | 0.5 | 0.5 | 0.598 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.735

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.0

LCF > DDG-51 > F-100 > T-45 > HORIZON = F-125 > FREMM > F-124 -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -
Original.

Analisando o critério CUSTO : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 1.5

LCF: 0.629 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.129

F-100: 0.641 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.641

FREMM: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.511 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.511

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.713 | 0.538 | 0.5 | 0.732 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.983

F-125: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.541 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.541

DDG-51 > F-100 > F-125 > HORIZON > T-45 > LCF > FREMM > F-124 -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON -
Original.

Resultado do TCA para S1:

O critério que pode ser retirado e: TRIPULAÇÃO

[2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.708 | 0.0 | 0.533 | 0.666 | 0.621 | 0.531 | 0.5 | 0.547 | Soma: 4.106

F-100: 0.707 | 0.0 | 0.0 | 0.709 | 0.66 | 0.594 | 0.5 | 0.529 | Soma: 3.699

FREMM: 0.616 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.116

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.506 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.506

DDG-51: 0.599 | 0.5 | 0.5 | 0.636 | 0.632 | 0.595 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.962

F-125: 0.878 | 0.0 | 0.0 | 0.567 | 0.744 | 0.661 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.35

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o criterio TRIPULAÇÃO : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.723 | 0.0 | 0.509 | 0.693 | 0.634 | 0.543 | 0.5 | 0.571 | Soma: 4.173

F-100: 0.723 | 0.0 | 0.0 | 0.742 | 0.69 | 0.623 | 0.5 | 0.553 | Soma: 3.831

FREMM: 0.598 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.098

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.528 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.528

DDG-51: 0.623 | 0.5 | 0.5 | 0.663 | 0.659 | 0.623 | 0.0 | 0.5 | Soma: 4.068

F-125: 0.872 | 0.0 | 0.0 | 0.593 | 0.734 | 0.647 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.346

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Sem o criterio.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Original.

Criterio TRIPULAÇÃO pode ser retirado.

Analisando o criterio VEL MAX : [0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.756 | 0.0 | 0.537 | 0.667 | 0.663 | 0.57 | 0.5 | 0.53 | Soma: 4.223

F-100: 0.757 | 0.0 | 0.0 | 0.716 | 0.725 | 0.656 | 0.5 | 0.509 | Soma: 3.863

FREMM: 0.658 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.658

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

DDG-51: 0.592 | 0.5 | 0.5 | 0.632 | 0.628 | 0.585 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.937

F-125: 0.953 | 0.0 | 0.0 | 0.622 | 0.796 | 0.705 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.576

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > FREMM > HORIZON = T-45 > F-124 -

Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -

Original.

Analisando o critério RAIIO DE AÇÃO : [2.0, 0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.698 | 0.0 | 0.5 | 0.755 | 0.694 | 0.6 | 0.5 | 0.53 | Soma: 4.277

F-100: 0.696 | 0.5 | 0.0 | 0.819 | 0.763 | 0.693 | 0.5 | 0.508 | Soma: 4.479

FREMM: 0.557 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.557

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

DDG-51: 0.591 | 0.5 | 0.5 | 0.632 | 0.627 | 0.584 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.934

F-125: 0.912 | 0.0 | 0.0 | 0.654 | 0.797 | 0.706 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.569

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON = T-45 > F-124 -

Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -

Original.

Analisando o critério ARTILHARIA PRINCIPAL : [2.0, 2.0, 0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.683 | 0.0 | 0.552 | 0.651 | 0.58 | 0.5 | 0.0 | 0.612 | Soma: 3.578

F-100: 0.68 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.639 | 0.563 | 0.5 | 0.594 | Soma: 3.676

FREMM: 0.643 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.643

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.518 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.518

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

DDG-51: 0.573 | 0.517 | 0.5 | 0.614 | 0.609 | 0.568 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.881

F-125: 0.853 | 0.0 | 0.0 | 0.527 | 0.698 | 0.601 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.179

DDG-51 > F-100 > LCF > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 > F-124 -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério ARTILHARIA SECUNDÁRIA : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.518 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.018

LCF: 0.683 | 0.0 | 0.5 | 0.651 | 0.58 | 0.5 | 0.0 | 0.506 | Soma: 3.42

F-100: 0.68 | 0.5 | 0.0 | 0.704 | 0.644 | 0.674 | 0.5 | 0.5 | Soma: 4.202

FREMM: 0.533 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.533

HORIZON: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.518 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.018

T-45: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

DDG-51: 0.573 | 0.549 | 0.5 | 0.619 | 0.614 | 0.67 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.525

F-125: 0.855 | 0.0 | 0.5 | 0.68 | 0.823 | 0.739 | 0.506 | 0.0 | Soma: 4.103

F-100 > F-125 > DDG-51 > LCF > FREMM > T-45 > F-124 = HORIZON -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério ASUW : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.518 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.018

LCF: 0.683 | 0.0 | 0.552 | 0.651 | 0.585 | 0.585 | 0.0 | 0.612 | Soma: 3.668

F-100: 0.68 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.644 | 0.674 | 0.5 | 0.594 | Soma: 3.792

FREMM: 0.539 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.539

HORIZON: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.518 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.018

T-45: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

DDG-51: 0.573 | 0.517 | 0.5 | 0.614 | 0.614 | 0.67 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.988

F-125: 0.853 | 0.0 | 0.0 | 0.527 | 0.701 | 0.69 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.271

DDG-51 > F-100 > LCF > F-125 > FREMM > F-124 = HORIZON > T-45 -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério ASW : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.773 | 0.0 | 0.552 | 0.739 | 0.678 | 0.585 | 0.5 | 0.65 | Soma: 4.477

F-100: 0.775 | 0.0 | 0.0 | 0.798 | 0.744 | 0.674 | 0.5 | 0.633 | Soma: 4.124

FREMM: 0.643 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.143

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.563 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.563

DDG-51: 0.573 | 0.5 | 0.5 | 0.614 | 0.609 | 0.562 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.858

F-125: 0.855 | 0.0 | 0.0 | 0.533 | 0.701 | 0.601 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.19

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério HE : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.5

LCF: 0.872 | 0.0 | 0.642 | 0.829 | 0.766 | 0.657 | 0.5 | 0.693 | Soma: 4.959

F-100: 0.866 | 0.0 | 0.0 | 0.819 | 0.763 | 0.538 | 0.5 | 0.677 | Soma: 4.163

FREMM: 0.721 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | Soma: 1.721

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45: 0.558 | 0.0 | 0.0 | 0.624 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.682

DDG-51: 0.727 | 0.5 | 0.5 | 0.724 | 0.72 | 0.545 | 0.0 | 0.52 | Soma: 4.236

F-125: 0.848 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.683 | 0.576 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.607

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > FREMM > T-45 > HORIZON > F-124 -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério CUSTO : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.5

LCF: 0.629 | 0.0 | 0.5 | 0.594 | 0.507 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.23

F-100: 0.641 | 0.5 | 0.0 | 0.661 | 0.567 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.369

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.5

HORIZON: 0.511 | 0.0 | 0.0 | 0.508 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.019

T-45: 0.623 | 0.5 | 0.5 | 0.707 | 0.535 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.865

DDG-51: 0.813 | 0.656 | 0.517 | 0.887 | 0.885 | 0.817 | 0.0 | 0.582 | Soma: 5.157

F-125: 0.836 | 0.5 | 0.5 | 0.689 | 0.65 | 0.529 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.704

DDG-51 > F-125 > F-100 > LCF > T-45 > HORIZON > F-124 = FREMM -
Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 > F-125 > T-45 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Original.

Resultado do TCA para S2:

O critério que pode ser retirado e: TRIPULAÇÃO

[2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.639 | 0.547 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.186

LCF: 0.833 | 0.0 | 0.803 | 0.725 | 0.747 | 0.738 | 0.538 | 0.674 | Soma: 5.058

F-100: 0.839 | 0.0 | 0.0 | 0.866 | 0.864 | 0.857 | 0.66 | 0.66 | Soma: 4.746

FREMM: 0.749 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.668 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.417

HORIZON: 0.564 | 0.0 | 0.0 | 0.654 | 0.0 | 0.624 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.842

T-45: 0.579 | 0.0 | 0.0 | 0.567 | 0.559 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.705

DDG-51: 0.599 | 0.589 | 0.658 | 0.717 | 0.714 | 0.729 | 0.0 | 0.537 | Soma: 4.543

F-125: 0.919 | 0.0 | 0.0 | 0.744 | 0.744 | 0.721 | 0.589 | 0.0 | Soma: 3.717

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o criterio TRIPULAÇÃO : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.631 | 0.538 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.169

LCF: 0.83 | 0.0 | 0.793 | 0.755 | 0.742 | 0.732 | 0.517 | 0.703 | Soma: 5.072

F-100: 0.835 | 0.0 | 0.0 | 0.906 | 0.905 | 0.9 | 0.642 | 0.691 | Soma: 4.879

FREMM: 0.738 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.65 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.388

HORIZON: 0.554 | 0.0 | 0.0 | 0.688 | 0.0 | 0.615 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.857

T-45: 0.57 | 0.0 | 0.0 | 0.591 | 0.549 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.71

DDG-51: 0.623 | 0.615 | 0.692 | 0.747 | 0.744 | 0.763 | 0.0 | 0.56 | Soma: 4.744

F-125: 0.915 | 0.0 | 0.0 | 0.779 | 0.734 | 0.709 | 0.571 | 0.0 | Soma: 3.708

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Sem o criterio.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Criterio TRIPULAÇÃO pode ser retirado.

Analisando o criterio VEL MAX : [0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.613 | 0.517 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.13

LCF: 0.822 | 0.0 | 0.782 | 0.733 | 0.73 | 0.719 | 0.566 | 0.675 | Soma: 5.027

F-100: 0.828 | 0.0 | 0.0 | 0.897 | 0.9 | 0.894 | 0.714 | 0.66 | Soma: 4.893

FREMM: 0.812 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.725 | 0.515 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.052

HORIZON: 0.532 | 0.0 | 0.0 | 0.652 | 0.0 | 0.596 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.78

T-45: 0.551 | 0.0 | 0.0 | 0.554 | 0.527 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.632

DDG-51: 0.592 | 0.578 | 0.657 | 0.724 | 0.721 | 0.739 | 0.0 | 0.518 | Soma: 4.529

F-125: 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.768 | 0.796 | 0.773 | 0.627 | 0.0 | Soma: 3.964

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 > F-124 -
Sem o critério.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério RAIIO DE AÇÃO : [2.0, 0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.695 | 0.588 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.283

LCF: 0.814 | 0.0 | 0.769 | 0.822 | 0.812 | 0.809 | 0.567 | 0.675 | Soma: 5.268

F-100: 0.819 | 0.548 | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.716 | 0.659 | Soma: 5.742

FREMM: 0.711 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.726 | 0.516 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.953

HORIZON: 0.508 | 0.0 | 0.0 | 0.652 | 0.0 | 0.596 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.756

T-45: 0.529 | 0.0 | 0.0 | 0.553 | 0.527 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.609

DDG-51: 0.591 | 0.578 | 0.656 | 0.724 | 0.72 | 0.738 | 0.0 | 0.518 | Soma: 4.525

F-125: 0.912 | 0.0 | 0.0 | 0.859 | 0.797 | 0.774 | 0.627 | 0.0 | Soma: 3.969

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 > F-124 -
Sem o critério.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério ARTILHARIA PRINCIPAL : [2.0, 2.0, 0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0,
6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.603 | 0.61 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.213

LCF: 0.805 | 0.0 | 0.776 | 0.72 | 0.704 | 0.692 | 0.0 | 0.682 | Soma: 4.379

F-100: 0.81 | 0.0 | 0.0 | 0.891 | 0.889 | 0.883 | 0.612 | 0.668 | Soma: 4.753

FREMM: 0.718 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.621 | 0.535 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.874

HORIZON: 0.521 | 0.0 | 0.0 | 0.661 | 0.0 | 0.705 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.887

T-45: 0.512 | 0.525 | 0.0 | 0.537 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.574

DDG-51: 0.573 | 0.588 | 0.666 | 0.711 | 0.707 | 0.728 | 0.0 | 0.529 | Soma: 4.502

F-125: 0.903 | 0.0 | 0.0 | 0.743 | 0.698 | 0.672 | 0.541 | 0.0 | Soma: 3.557

F-100 > DDG-51 > LCF > F-125 > HORIZON > FREMM > T-45 > F-124 -
Sem o critério.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério ARTILHARIA SECUNDÁRIA : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.732 | 0.617 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.349

LCF: 0.805 | 0.0 | 0.759 | 0.72 | 0.704 | 0.692 | 0.0 | 0.658 | Soma: 4.338

F-100: 0.81 | 0.572 | 0.0 | 0.892 | 0.89 | 0.891 | 0.612 | 0.641 | Soma: 5.308

FREMM: 0.695 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.621 | 0.535 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.851

HORIZON: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.661 | 0.0 | 0.705 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.366

T-45: 0.506 | 0.525 | 0.0 | 0.537 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.568

DDG-51: 0.573 | 0.699 | 0.666 | 0.714 | 0.71 | 0.745 | 0.0 | 0.0 | Soma: 4.107

F-125: 0.904 | 0.0 | 0.518 | 0.893 | 0.823 | 0.811 | 0.658 | 0.0 | Soma: 4.607

F-100 > F-125 > LCF > DDG-51 > FREMM > T-45 > HORIZON > F-124 -
Sem o critério.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério ASUW : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.732 | 0.617 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.349

LCF: 0.805 | 0.0 | 0.776 | 0.72 | 0.707 | 0.712 | 0.0 | 0.682 | Soma: 4.402

F-100: 0.81 | 0.0 | 0.0 | 0.891 | 0.89 | 0.891 | 0.612 | 0.668 | Soma: 4.762

FREMM: 0.699 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.759 | 0.541 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.999

HORIZON: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.636 | 0.0 | 0.705 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.341

T-45: 0.506 | 0.0 | 0.0 | 0.532 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.038

DDG-51: 0.573 | 0.588 | 0.666 | 0.711 | 0.71 | 0.745 | 0.0 | 0.529 | Soma: 4.522

F-125: 0.903 | 0.0 | 0.0 | 0.743 | 0.701 | 0.69 | 0.541 | 0.0 | Soma: 3.578

F-100 > DDG-51 > LCF > F-125 > FREMM > F-124 > HORIZON > T-45 -
Sem o critério.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério ASW : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.603 | 0.506 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.109

LCF: 0.818 | 0.0 | 0.776 | 0.739 | 0.724 | 0.712 | 0.596 | 0.8 | Soma: 5.165

F-100: 0.823 | 0.0 | 0.0 | 0.899 | 0.897 | 0.891 | 0.759 | 0.79 | Soma: 5.059

FREMM: 0.718 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.621 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.339

HORIZON: 0.521 | 0.0 | 0.0 | 0.661 | 0.0 | 0.586 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.768

T-45: 0.54 | 0.0 | 0.0 | 0.563 | 0.515 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.618

DDG-51: 0.573 | 0.556 | 0.636 | 0.711 | 0.707 | 0.724 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.907

F-125: 0.904 | 0.0 | 0.0 | 0.747 | 0.701 | 0.672 | 0.65 | 0.0 | Soma: 3.674

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Sem o critério.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Critério ASW pode ser retirado.

Analisando o critério HE : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.515 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.515

LCF: 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.895 | 0.887 | 0.875 | 0.748 | 1.0 | Soma: 6.405

F-100: 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.888 | 0.886 | 0.864 | 0.726 | 1.0 | Soma: 5.364

FREMM: 0.879 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.573 | 0.0 | 0.0 | 0.593 | Soma: 2.045

HORIZON: 0.636 | 0.0 | 0.0 | 0.618 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.254

T-45: 0.662 | 0.0 | 0.0 | 0.675 | 0.631 | 0.0 | 0.547 | 0.0 | Soma: 2.515

DDG-51: 0.684 | 0.0 | 0.585 | 0.68 | 0.675 | 0.656 | 0.0 | 0.625 | Soma: 3.905

F-125: 0.883 | 0.0 | 0.0 | 0.678 | 0.636 | 0.595 | 0.562 | 0.0 | Soma: 3.354

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > T-45 > FREMM > HORIZON > F-124 -
Sem o critério.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Analisando o critério CUSTO : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 4.0, 0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.0

LCF: 0.75 | 0.0 | 0.686 | 0.646 | 0.619 | 0.585 | 0.0 | 0.714 | Soma: 4.0

F-100: 0.766 | 0.627 | 0.0 | 0.864 | 0.852 | 0.839 | 0.621 | 0.714 | Soma: 5.283

FREMM: 0.622 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.622

HORIZON: 0.741 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.741

T-45: 0.746 | 0.598 | 0.0 | 0.773 | 0.737 | 0.0 | 0.0 | 0.556 | Soma: 3.41

DDG-51: 0.78 | 0.8 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 0.714 | Soma: 6.294

F-125: 0.872 | 0.0 | 0.501 | 0.698 | 0.592 | 0.542 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.205

DDG-51 > F-100 > LCF > T-45 > F-125 > HORIZON > FREMM > F-124 -
Sem o critério.

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 > FREMM > F-124 -
Original.

Resultado do TCA para S3:

Os criterios que podem ser retirados sao: TRIPULAÇÃO, ASW

APÊNDICE C – APLICAÇÃO TCA - THOR2 - ESTUDO DE CASO

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

LCF: 0.702 | 0.0 | 0.5 | 0.573 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.537 | Soma: 3.812

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.0

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.525 | 0.5 | 0.5 | 0.533 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.558

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.527 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.027

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Analisando o critério Tripulação : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

LCF: 0.718 | 0.0 | 0.5 | 0.598 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.562 | Soma: 3.878

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.0

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.547 | 0.5 | 0.5 | 0.557 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.604

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.507 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.007

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

critério Tripulação pode ser retirado.

Analisando o critério Velocidade Máxima : [0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.0

LCF: 0.752 | 0.0 | 0.5 | 0.656 | 0.521 | 0.5 | 0.5 | 0.517 | Soma: 3.946

F-100: 0.502 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.502

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.597 | 0.5 | 0.5 | 0.513 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.61

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.53 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.03

LCF > DDG-51 > F-100 > T-45 DARING > F-125 > FREMM = HORIZON > F-124 - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Analisando o critério Raio de Ação : [2.0, 0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

LCF: 0.689 | 0.0 | 0.5 | 0.656 | 0.547 | 0.5 | 0.5 | 0.517 | Soma: 3.909

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.0

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.506 | 0.5 | 0.5 | 0.513 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.519

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.504 | 0.555 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.059

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > F-124 = HORIZON > FREMM - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Analisando o critério Artilharia Principal : [2.0, 2.0, 0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

LCF: 0.676 | 0.0 | 0.5 | 0.542 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.602 | Soma: 3.82

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

HORIZON: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.5

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.0

LCF > F-100 = HORIZON = T-45 DARING = DDG-51 > F-124 = FREMM = F-125 - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Analisando o critério Artilharia Secundária : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

LCF: 0.676 | 0.0 | 0.5 | 0.542 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.718

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.0

HORIZON: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.0

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.637 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.637

F-125: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.526 | 0.577 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.603

LCF > DDG-51 > F-125 > F-100 = T-45 DARING > F-124 = HORIZON > FREMM - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Analisando o critério ASuW : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 0, 3.0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

LCF: 0.676 | 0.0 | 0.5 | 0.542 | 0.57 | 0.5 | 0.5 | 0.602 | Soma: 3.89

F-100: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.5

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.577 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.077

LCF > F-100 = T-45 DARING = DDG-51 > F-125 > F-124 = FREMM > HORIZON - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Analisando o critério ASW : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 4.0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 2.5

LCF: 0.767 | 0.0 | 0.5 | 0.637 | 0.531 | 0.5 | 0.5 | 0.647 | Soma: 4.082

F-100: 0.512 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.512

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 2.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.5

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.526 | 0.577 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.103

LCF > F-100 > T-45 DARING = DDG-51 > F-125 > F-124 = FREMM = HORIZON - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Analisando o critério He : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 6.0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.0

LCF: 0.867 | 0.0 | 0.5 | 0.715 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.682 | Soma: 4.364

F-100: 0.578 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.578

FREMM: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.0

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.647 | 0.5 | 0.5 | 0.608 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.755

F-125: 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.0

LCF > DDG-51 > F-100 > T-45 DARING > HORIZON = F-125 > FREMM > F-124 - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Analisando o critério Custo em milhões : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 0]

S1

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 1.5

LCF: 0.629 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.129

F-100: 0.629 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.629

FREMM: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.5

HORIZON: 0.502 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.502

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.5

DDG-51: 0.697 | 0.546 | 0.5 | 0.727 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.97

F-125: 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.52 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.52

DDG-51 > F-100 > F-125 > HORIZON > T-45 DARING > LCF > FREMM > F-124 - Sem o critério.

LCF > DDG-51 > F-100 = T-45 DARING > F-125 > HORIZON > F-124 = FREMM - Original.

Resultado do TCA para S1:

O critério que pode ser retirado e: Tripulação

[2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.702 | 0.0 | 0.501 | 0.657 | 0.611 | 0.518 | 0.5 | 0.537 | Soma: 4.026

F-100: 0.702 | 0.0 | 0.0 | 0.693 | 0.661 | 0.602 | 0.5 | 0.515 | Soma: 3.673

FREMM: 0.616 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.116
 HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5
 T-45 DARING: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.512 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.512
 DDG-51: 0.605 | 0.5 | 0.5 | 0.654 | 0.654 | 0.741 | 0.0 | 0.5 | Soma: 4.154
 F-125: 0.903 | 0.0 | 0.0 | 0.563 | 0.759 | 0.683 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.408
 DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM >
 F-124 - Original.

Analisando o critério Tripulação : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0
 LCF: 0.718 | 0.0 | 0.5 | 0.686 | 0.626 | 0.531 | 0.5 | 0.562 | Soma: 4.123
 F-100: 0.718 | 0.5 | 0.0 | 0.729 | 0.684 | 0.619 | 0.5 | 0.54 | Soma: 4.29
 FREMM: 0.594 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.094
 HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5
 T-45 DARING: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.535 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.535
 DDG-51: 0.63 | 0.5 | 0.5 | 0.683 | 0.683 | 0.784 | 0.0 | 0.5 | Soma: 4.28
 F-125: 0.898 | 0.0 | 0.0 | 0.591 | 0.749 | 0.668 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.406
 F-100 > DDG-51 > LCF > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM >
 F-124 - Sem o critério.
 DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 -
 Original.

Analisando o critério Velocidade Máxima : [0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0
 LCF: 0.735 | 0.0 | 0.531 | 0.626 | 0.64 | 0.544 | 0.5 | 0.5 | Soma: 4.076
 F-100: 0.735 | 0.0 | 0.0 | 0.668 | 0.694 | 0.635 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.732
 FREMM: 0.633 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.633
 HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5
 T-45 DARING: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

DDG-51: 0.571 | 0.5 | 0.5 | 0.621 | 0.621 | 0.708 | 0.0 | 0.5 | Soma: 4.021

F-125: 0.949 | 0.5 | 0.5 | 0.591 | 0.792 | 0.715 | 0.5 | 0.0 | Soma: 4.547

F-125 > LCF > DDG-51 > F-100 > FREMM > HORIZON = T-45 DARING > F-124 - Sem o critério.

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Original.

Analisando o critério Raio de Ação : [2.0, 0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.672 | 0.0 | 0.5 | 0.718 | 0.672 | 0.573 | 0.5 | 0.5 | Soma: 4.135

F-100: 0.672 | 0.5 | 0.0 | 0.768 | 0.732 | 0.671 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.843

FREMM: 0.569 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.569

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

DDG-51: 0.571 | 0.5 | 0.5 | 0.621 | 0.621 | 0.708 | 0.0 | 0.5 | Soma: 4.021

F-125: 0.949 | 0.5 | 0.508 | 0.621 | 0.828 | 0.749 | 0.5 | 0.0 | Soma: 4.655

F-125 > LCF > DDG-51 > F-100 > FREMM > HORIZON = T-45 DARING > F-124 - Sem o critério.

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Original.

Analisando o critério Artilharia Principal : [2.0, 2.0, 1.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.659 | 0.0 | 0.544 | 0.611 | 0.555 | 0.5 | 0.5 | 0.573 | Soma: 3.942

F-100: 0.659 | 0.0 | 0.0 | 0.644 | 0.607 | 0.536 | 0.5 | 0.551 | Soma: 3.497

FREMM: 0.667 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.511 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.178

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

DDG-51: 0.555 | 0.5 | 0.5 | 0.606 | 0.606 | 0.693 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.96

F-125: 0.888 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.728 | 0.639 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.255

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > FREMM > HORIZON = T-45 DARING > F-124 - Sem o critério.

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Original.

Analisando o critério Artilharia Secundária : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.659 | 0.0 | 0.5 | 0.611 | 0.555 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.325

F-100: 0.659 | 0.5 | 0.0 | 0.644 | 0.607 | 0.649 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.559

FREMM: 0.547 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.511 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.558

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

DDG-51: 0.555 | 0.527 | 0.5 | 0.606 | 0.606 | 0.803 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.597

F-125: 0.888 | 0.5 | 0.537 | 0.648 | 0.859 | 0.779 | 0.508 | 0.0 | Soma: 4.719

F-125 > DDG-51 > F-100 > LCF > FREMM > HORIZON = T-45 DARING > F-124 - Sem o critério.

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Original.

Analisando o critério ASuW : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 0, 3.0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.659 | 0.0 | 0.544 | 0.611 | 0.555 | 0.555 | 0.5 | 0.573 | Soma: 3.997

F-100: 0.659 | 0.0 | 0.0 | 0.644 | 0.607 | 0.649 | 0.5 | 0.551 | Soma: 3.61

FREMM: 0.547 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.511 | 0.0 | 0.5 | Soma: 2.058

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

DDG-51: 0.555 | 0.5 | 0.5 | 0.606 | 0.606 | 0.803 | 0.0 | 0.5 | Soma: 4.07

F-125: 0.888 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.728 | 0.728 | 0.5 | 0.0 | Soma: 3.344

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > FREMM > HORIZON > F-124 = T-45 DARING - Sem o critério.

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Original.

Analisando o critério ASW : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 4.0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.0

LCF: 0.749 | 0.0 | 0.544 | 0.698 | 0.653 | 0.555 | 0.5 | 0.614 | Soma: 4.313

F-100: 0.749 | 0.0 | 0.0 | 0.744 | 0.709 | 0.649 | 0.5 | 0.593 | Soma: 3.944

FREMM: 0.667 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | Soma: 1.667

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45 DARING: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.545 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.545

DDG-51: 0.555 | 0.5 | 0.5 | 0.606 | 0.606 | 0.693 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.46

F-125: 0.888 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.728 | 0.639 | 0.508 | 0.0 | Soma: 3.263

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > FREMM > T-45 DARING > HORIZON > F-124 - Sem o critério.

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Original.

Analisando o critério He : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 6.0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.5

LCF: 0.843 | 0.0 | 0.633 | 0.78 | 0.735 | 0.631 | 0.526 | 0.645 | Soma: 4.793

F-100: 0.843 | 0.0 | 0.0 | 0.763 | 0.726 | 0.508 | 0.5 | 0.624 | Soma: 3.964

FREMM: 0.774 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | Soma: 1.774

HORIZON: 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45 DARING: 0.562 | 0.0 | 0.0 | 0.611 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.673

DDG-51: 0.711 | 0.0 | 0.5 | 0.711 | 0.711 | 0.673 | 0.0 | 0.516 | Soma: 3.822

F-125: 0.882 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.715 | 0.621 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.718

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > FREMM > T-45 DARING > HORIZON > F-124 - Sem o critério.

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Original.

Analisando o critério Custo em milhões : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 0]

S2

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.5

LCF: 0.611 | 0.0 | 0.5 | 0.561 | 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | Soma: 3.172

F-100: 0.611 | 0.5 | 0.0 | 0.612 | 0.546 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | Soma: 3.769

FREMM: 0.55 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.05

HORIZON: 0.5 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.5

T-45 DARING: 0.611 | 0.5 | 0.5 | 0.66 | 0.524 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.795

DDG-51: 0.763 | 0.603 | 0.5 | 0.841 | 0.841 | 0.778 | 0.0 | 0.56 | Soma: 4.886

F-125: 0.888 | 0.5 | 0.5 | 0.641 | 0.694 | 0.589 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.812

DDG-51 > F-125 > F-100 > LCF > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Sem o critério.

DDG-51 > LCF > F-100 > F-125 > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Original.

Resultado do TCA para S2:

Nenhum critério pode ser retirado.

[2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.635 | 0.532 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.167

LCF: 0.832 | 0.0 | 0.792 | 0.716 | 0.742 | 0.725 | 0.566 | 0.663 | Soma: 5.036

F-100: 0.832 | 0.618 | 0.0 | 0.853 | 0.868 | 0.87 | 0.679 | 0.646 | Soma: 5.366

FREMM: 0.769 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.698 | 0.51 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.977

HORIZON: 0.571 | 0.0 | 0.0 | 0.666 | 0.0 | 0.604 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.841

T-45 DARING: 0.598 | 0.0 | 0.0 | 0.573 | 0.58 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.751

DDG-51: 0.605 | 0.588 | 0.675 | 0.734 | 0.734 | 0.896 | 0.0 | 0.555 | Soma: 4.787

F-125: 0.952 | 0.0 | 0.614 | 0.73 | 0.759 | 0.745 | 0.57 | 0.0 | Soma: 4.37

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério Tripulação : [2.0, 2.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.626 | 0.521 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.147

LCF: 0.828 | 0.0 | 0.783 | 0.748 | 0.736 | 0.718 | 0.544 | 0.694 | Soma: 5.051

F-100: 0.828 | 0.65 | 0.0 | 0.897 | 0.899 | 0.894 | 0.66 | 0.678 | Soma: 5.506

FREMM: 0.756 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.68 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.436

HORIZON: 0.561 | 0.0 | 0.0 | 0.704 | 0.0 | 0.595 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.86

T-45 DARING: 0.589 | 0.0 | 0.0 | 0.598 | 0.569 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.756

DDG-51: 0.63 | 0.616 | 0.713 | 0.767 | 0.767 | 0.949 | 0.0 | 0.582 | Soma: 5.024

F-125: 0.949 | 0.0 | 0.59 | 0.766 | 0.749 | 0.733 | 0.55 | 0.0 | Soma: 4.337

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > HORIZON > T-45 DARING > FREMM > F-124 - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério Velocidade Máxima : [0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.617 | 0.51 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.127

LCF: 0.824 | 0.0 | 0.779 | 0.69 | 0.73 | 0.711 | 0.58 | 0.629 | Soma: 4.943

F-100: 0.824 | 0.59 | 0.0 | 0.841 | 0.861 | 0.863 | 0.719 | 0.609 | Soma: 5.307

FREMM: 0.79 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.719 | 0.521 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.03

HORIZON: 0.55 | 0.0 | 0.0 | 0.637 | 0.0 | 0.585 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.772

T-45 DARING: 0.58 | 0.0 | 0.0 | 0.543 | 0.559 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.682

DDG-51: 0.571 | 0.558 | 0.637 | 0.709 | 0.709 | 0.883 | 0.0 | 0.512 | Soma: 4.579

F-125: 1.0 | 0.508 | 0.653 | 0.717 | 0.792 | 0.779 | 0.626 | 0.0 | Soma: 5.075

F-100 > F-125 > LCF > DDG-51 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério Raio de Ação : [2.0, 0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.521 | 0.703 | 0.585 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.809

LCF: 0.815 | 0.0 | 0.765 | 0.782 | 0.815 | 0.802 | 0.626 | 0.629 | Soma: 5.234

F-100: 0.815 | 0.718 | 0.0 | 0.946 | 0.962 | 0.969 | 0.763 | 0.609 | Soma: 5.782

FREMM: 0.741 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.788 | 0.56 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.089

HORIZON: 0.526 | 0.0 | 0.0 | 0.626 | 0.0 | 0.585 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.737

T-45 DARING: 0.559 | 0.0 | 0.0 | 0.532 | 0.559 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.65

DDG-51: 0.571 | 0.546 | 0.637 | 0.709 | 0.709 | 0.883 | 0.0 | 0.512 | Soma: 4.567

F-125: 0.949 | 0.508 | 0.697 | 0.805 | 0.828 | 0.817 | 0.626 | 0.0 | Soma: 5.23

F-100 > LCF > F-125 > DDG-51 > FREMM > F-124 > HORIZON > T-45 DARING - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério Artilharia Principal : [2.0, 2.0, 1.0, 0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.609 | 0.609 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.218

LCF: 0.808 | 0.0 | 0.774 | 0.678 | 0.705 | 0.682 | 0.535 | 0.64 | Soma: 4.822

F-100: 0.808 | 0.577 | 0.0 | 0.829 | 0.847 | 0.848 | 0.652 | 0.621 | Soma: 5.182

FREMM: 0.75 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.672 | 0.583 | 0.0 | 0.502 | Soma: 2.507

HORIZON: 0.541 | 0.0 | 0.0 | 0.639 | 0.0 | 0.696 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.876

T-45 DARING: 0.541 | 0.557 | 0.0 | 0.514 | 0.516 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.128

DDG-51: 0.555 | 0.56 | 0.649 | 0.697 | 0.697 | 0.877 | 0.0 | 0.526 | Soma: 4.561

F-125: 0.944 | 0.0 | 0.579 | 0.69 | 0.728 | 0.709 | 0.541 | 0.0 | Soma: 4.191

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > T-45 DARING > HORIZON > F-124 - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério Artilharia Secundária : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 0, 3.0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.55 | 0.734 | 0.609 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.893

LCF: 0.808 | 0.0 | 0.753 | 0.678 | 0.705 | 0.682 | 0.0 | 0.614 | Soma: 4.24

F-100: 0.808 | 0.767 | 0.0 | 0.829 | 0.847 | 0.859 | 0.652 | 0.593 | Soma: 5.355

FREMM: 0.727 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.672 | 0.583 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.982

HORIZON: 0.505 | 0.0 | 0.0 | 0.639 | 0.0 | 0.696 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.84

T-45 DARING: 0.541 | 0.557 | 0.0 | 0.514 | 0.516 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.128

DDG-51: 0.555 | 0.675 | 0.649 | 0.697 | 0.697 | 0.888 | 0.0 | 0.0 | Soma: 4.161

F-125: 0.944 | 0.529 | 0.737 | 0.84 | 0.859 | 0.849 | 0.652 | 0.0 | Soma: 5.41

F-125 > F-100 > LCF > DDG-51 > T-45 DARING > FREMM > F-124 > HORIZON - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério ASuW : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 0, 3.0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.55 | 0.734 | 0.609 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.893

LCF: 0.808 | 0.0 | 0.774 | 0.678 | 0.705 | 0.705 | 0.535 | 0.64 | Soma: 4.845

F-100: 0.808 | 0.577 | 0.0 | 0.829 | 0.847 | 0.859 | 0.652 | 0.621 | Soma: 5.193

FREMM: 0.727 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.83 | 0.583 | 0.0 | 0.502 | Soma: 2.642

HORIZON: 0.505 | 0.0 | 0.0 | 0.607 | 0.0 | 0.696 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.808

T-45 DARING: 0.541 | 0.0 | 0.0 | 0.514 | 0.516 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.571

DDG-51: 0.555 | 0.56 | 0.649 | 0.697 | 0.697 | 0.888 | 0.0 | 0.526 | Soma: 4.572

F-125: 0.944 | 0.0 | 0.579 | 0.69 | 0.728 | 0.728 | 0.541 | 0.0 | Soma: 4.21

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > F-124 > HORIZON > T-45 DARING - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério ASW : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 4.0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.609 | 0.501 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.11

LCF: 0.821 | 0.0 | 0.774 | 0.698 | 0.725 | 0.705 | 0.654 | 0.758 | Soma: 5.135

F-100: 0.821 | 0.577 | 0.0 | 0.842 | 0.858 | 0.859 | 0.803 | 0.744 | Soma: 5.504

FREMM: 0.75 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.672 | 0.0 | 0.0 | 0.502 | Soma: 1.924

HORIZON: 0.541 | 0.0 | 0.0 | 0.639 | 0.0 | 0.576 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.756

T-45 DARING: 0.571 | 0.0 | 0.0 | 0.545 | 0.55 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.666

DDG-51: 0.555 | 0.527 | 0.619 | 0.697 | 0.697 | 0.877 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.972

F-125: 0.944 | 0.0 | 0.537 | 0.69 | 0.728 | 0.709 | 0.652 | 0.0 | Soma: 4.26

F-100 > LCF > F-125 > DDG-51 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério He : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 0, 6.0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.555 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.555

LCF: 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.85 | 0.892 | 0.883 | 0.69 | 0.796 | Soma: 6.111

F-100: 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.838 | 0.855 | 0.839 | 0.642 | 0.784 | Soma: 4.958

FREMM: 0.966 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.662 | 0.0 | 0.0 | 0.528 | Soma: 2.156

HORIZON: 0.696 | 0.0 | 0.0 | 0.629 | 0.0 | 0.52 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.845

T-45 DARING: 0.719 | 0.0 | 0.0 | 0.682 | 0.703 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.104

DDG-51: 0.711 | 0.503 | 0.64 | 0.711 | 0.711 | 0.869 | 0.0 | 0.667 | Soma: 4.812

F-125: 0.941 | 0.0 | 0.504 | 0.674 | 0.715 | 0.695 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.529

LCF > F-100 > DDG-51 > F-125 > FREMM > T-45 DARING > HORIZON > F-124 - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Analisando o critério Custo em milhões : [2.0, 2.0, 1.0, 3.0, 3.0, 3.0, 3.0, 4.0, 0]

S3

F-124: 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.514 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 0.514

LCF: 0.781 | 0.0 | 0.742 | 0.637 | 0.663 | 0.633 | 0.0 | 0.56 | Soma: 4.016

F-100: 0.781 | 0.618 | 0.0 | 0.814 | 0.823 | 0.822 | 0.549 | 0.56 | Soma: 4.967

FREMM: 0.729 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.571 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 1.3

HORIZON: 0.761 | 0.507 | 0.0 | 0.925 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 2.193

T-45 DARING: 0.781 | 0.642 | 0.542 | 0.738 | 0.767 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | Soma: 3.47

DDG-51: 0.763 | 0.772 | 0.928 | 0.945 | 0.945 | 0.942 | 0.0 | 0.724 | Soma: 6.019

F-125: 0.944 | 0.603 | 0.64 | 0.694 | 0.694 | 0.669 | 0.0 | 0.0 | Soma: 4.244

DDG-51 > F-100 > F-125 > LCF > T-45 DARING > HORIZON > FREMM > F-124 - Sem o critério.

F-100 > LCF > DDG-51 > F-125 > FREMM > HORIZON > T-45 DARING > F-124 - Original.

Resultado do TCA para S3:

Nenhum critério pode ser retirado.

APÊNDICE D – CONTRIBUIÇÕES PARA A PESQUISA

- Desenvolvimento de ferramentas computacionais para os métodos THOR e THOR 2;
- Apresentação do artigo “Concepção do Método THOR e a necessidade de desenvolvimento de uma plataforma computacional em Python: possíveis aplicações ontem e hoje” no Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional (SBPO). No artigo, foi feita uma revisão bibliográfica sobre o método e foi proposto o desenvolvimento de uma plataforma computacional para o THOR, permitindo a comparação de seus resultados com outros métodos de apoio à decisão, proposição de novas aplicações e sugestão de melhorias;
- Apresentação do artigo “Revisitando o Método THOR: Uma Pesquisa Bibliométrica” no Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha (SPOLM). No artigo, foi feito um levantamento bibliográfico das publicações do THOR e uma explanação das suas principais aplicações;
- Apresentação do artigo “Estratégia para compra de oportunidade de uma fragata para a Marinha do Brasil a partir do método multicritério THOR” no Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (SEGeT). O artigo teve como objetivo fundamentar a escolha de um navio para a MB a partir do método THOR. O trabalho foi premiado entre os vinte melhores artigos do evento;
- Publicação do artigo “Estratégia para compra de oportunidade de uma fragata para a Marinha do Brasil a partir do método multicritério THOR” na Revista *Valore* (QUALIS A3). O artigo teve como objetivo fundamentar a escolha de um navio para a MB a partir do método THOR.
- Aprovação do artigo “Navy warship selection and multicriteria analysis: The THOR method supporting decision making” no *International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IJCIEOM)*. Os *proceedings* do IJCIEOM serão publicados pela *Springer* e indexados na base de dados *Scopus*. No artigo, utilizou-se a função de pertinência do THOR para quantificar as incertezas no processo de tomada de decisão na escolha de um navio para a MB. Desta forma, foi possível incluir o critério custo, considerando o grau de credibilidade das fontes de onde os dados foram extraídos.
- Publicação do capítulo de livro “Aplicação do Método THOR ao problema de seleção de um Enterprise Resource Planning (ERP) para uma fábrica de tortas” *Gestão da Produção em Foco - Volume 42*. 1ed.: Editora Poisson, 2020, v. 42, p. 96-105.

- Publicação do artigo “Revisitando o Método THOR: Uma Pesquisa Aplicação do Método THOR para escolha de um modelo de treinamento em um laboratório de metrologia” no Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha (SPOLM). No artigo, utilizou-se o método THOR para a seleção de um modelo de treinamento em um laboratório de metrologia.
- Submissão do artigo “Aplicação do Método THOR para a seleção de um software ERP para uma empresa de compra e venda de materiais de construção” no Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). O presente artigo tem como objetivo selecionar, por meio do método THOR, um sistema ERP para uma empresa de médio porte no ramo da construção civil.
- Foi ministrado o minicurso “Métodos Multicritério de Apoio à Decisão: THOR e SAPEVO-M” no SPOLM apresentando a parte axiomática do método THOR, bem como a ferramenta computacional THOR1 desenvolvida no Instituto Militar de Engenharia.
- Utilização da ferramenta computacional THOR1 em uma dissertação de mestrado na Universidade Federal Fluminense. No estudo, foi utilizado o método THOR para a escolha da forma de implantação de um HIS (*Hospital Information System*) na MB.
- Palestra sobre o método THOR e a ferramenta computacional THOR1 no Corpo de Fuzileiros Navais.
- Aula sobre o método THOR e a ferramenta computacional THOR1 na disciplina “Desenvolvimento de Plataformas Computacionais de Apoio à Tomada de Decisões” para os alunos do mestrado em Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia.
- Aula sobre o método THOR e a ferramenta computacional THOR1 no Programa Acadêmico de Pós Graduação (Mestrado e Doutorado) em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense.