

## REVISITANDO O MÉTODO THOR: UMA PESQUISA BIBLIOMÉTRICA

**Fabricio Maione Tenório**

Instituto Militar de Engenharia / Centro Federal de Educação Tecnológica Celso  
Suckow da Fonseca  
Praça General Tibúrcio, nº 80, Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro/RJ  
Rodovia Mário Covas, lote J2, quadra J, Distrito Industrial de Itaguaí, Itaguaí/RJ  
fabriciomte@gmail.com

**Marcos dos Santos**

Centro de Análises de Sistemas Navais / Instituto Militar de Engenharia  
Praça Barão de Ladário s/n, Ilha das Cobras, Rua da Ponte, Ed. 23 do AMRJ,  
Centro, Rio de Janeiro/RJ  
Praça General Tibúrcio, nº 80, Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro/RJ  
marcosdossantos\_doutorado\_uff@yahoo.com.br

**Carlos Francisco Simões Gomes**

Universidade Federal Fluminense  
Rua Passo da Pátria, nº 156, Escola de Engenharia, São Domingos, Niterói/RJ  
cfsg1@bol.com.br

### RESUMO

O THOR foi desenvolvido em 1999, tendo as suas aplicações publicadas em artigos nas bases *ISI*, *Scopus* e *Scielo*, bem como em artigos de simpósio. O método traz como novidade a solução de problemas de ordenação de alternativas em situações nas quais há ausência de um dado na matriz de decisão sem a necessidade de eliminar uma alternativa ou critério. Possibilita a identificação de critérios que, se eliminados, não alterem as ordenações das alternativas. As preferências dos decisores podem ser expressas em escala de razões, de intervalo, entrada ordinal, ou não atribuir pesos. Este artigo apresenta um levantamento bibliográfico das publicações do THOR e uma explanação das suas principais aplicações.

**Palavra-chave:** Revisão de Literatura; Métodos de Decisão Multicritério; THOR; Aplicações.

### ABSTRACT

THOR was developed in 1999 and has been published in *ISI*, *Scopus* and *Scielo* databases, as well as symposium articles. The method brings as an innovation the solution of problems of ordering of alternatives in situations where there is absence of data in the decision matrix without the need to eliminate an alternative or criterion. It allows the

identification of criteria that, if eliminated, do not change the ordering of alternatives. Decision-makers preferences can be expressed in ratio scale, interval scale, ordinal entry, or not weighting. This article presents a bibliographic survey of THOR publications and an explanation of their main applications.

**Keywords:** Literature Review; Multicriteria Decision Methods; THOR; Applications.

**Como Citar:**

TENORIO, Fabricio Maione; SANTOS, Marcos dos; GOMES, Carlos Francisco Simões. Revisitando o método THOR: uma pesquisa bibliométrica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA OPERACIONAL E LOGÍSTICA DA MARINHA, 19., 2019, Rio de Janeiro, RJ. *Anais* [...]. Rio de Janeiro: Centro de Análises de Sistemas Navais, 2019.

## 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) [1]. Segundo Saaty [2], o conhecimento do problema, a necessidade e o propósito da decisão, seus subcritérios, partes interessadas e grupos afetados e as ações alternativas a serem tomadas são elementos necessários para a tomada de decisão.

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 [3].

O THOR (um acrônimo para AlgoriTmo Híbrido de ApoiO MulticritéRio à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas) é um método que busca, por intermédio de um processo de decisão, 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 [4].

O presente artigo tem como objetivo fazer uma revisão das aplicações do método multicritério THOR. Sua estrutura é dividida em 5 seções: a segunda seção apresenta uma breve base conceitual sobre Apoio Multicritério à Decisão (AMD), sendo composta, também, de uma revisão sobre o método THOR, abordada na subseção 2.1. Por sua vez, a terceira seção contempla a metodologia utilizada nesta pesquisa, a quarta seção demonstra as aplicações do THOR em diferentes segmentos de atuação, enquanto a quinta seção abrange as considerações finais do trabalho desenvolvido.

## 2. APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO (AMD)

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 Decision Making* (MODM) e Tomada de Decisão Multiatributo, *Multi-Attribute Decision Making* (MADM) [5]. 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 [6, 7, 8].

Os métodos AMD classificam-se de diferentes maneiras. A classificação de maior relevância é a que subdivide os métodos da Escola Americana ou compensatória e os métodos da Escola Francesa ou não compensatória, também denominada Escola Europeia [9].

A Escola Americana seguiu a tradição da pesquisa operacional (PO) tendo 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 para que possibilite ranquear as suas preferências de formas distintas [10, 11]. Os métodos AHP - *Analytic Hierarchy Process* [12], ANP - *Analytic Network Process* [13], MAUT - *Multiple Attribute Utility Theory* [14], MACBETH - *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* [15], SMART - *Simple Multicriteria Attribute Rating Technique* [16], TODIM - *Tomada de Decisão Interativa Multicritério* [17] e TOPSIS - *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* [18] seguem a filosofia da Escola Americana (compensatória). Já os métodos da Família ELECTRE - *Elimination and Choice Translating Reality for Enrichment Evaluation* [19], PROMETHEE - *Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation* [20] seguem os preceitos da Escola Europeia (não compensatória). Rangel e Gomes [9] 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 [21, 22].

Na tabela 1, encontram-se os principais métodos AMD presentes na literatura distribuídos de acordo com a escola que pertencem.

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

Tabela 1: Distribuição dos métodos AMD

## 2.1. 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 [23]. 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 [24].

De acordo com Gomes [25], as principais contribuições do THOR ao multicritério envolvem:

- apresentar um algoritmo híbrido que engloba conceitos da teoria dos conjuntos aproximativos (TCA), teoria dos conjuntos nebulosos e teoria da utilidade e modelagem de preferências;
- ordenar alternativas discretas em processos decisórios transitivos ou não;
- eliminar critérios redundantes, levando em conta se há dualidade na informação por meio da TCA e se ocorre imprecisão no processo decisório mediante a utilização da teoria dos conjuntos nebulosos
- 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 a tais critérios, consigam trabalhar sem a atribuição de pesos, uma vez que podem fazer uso de um recurso que atribui pesos aos critérios em uma escala ordinal. O THOR permite a entrada de preferências ordinais para os critérios, gerando pesos para 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 [26].

Para Viera et al. [27], o fato de estabelecermos 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 métodos de apoio multicritério à decisão, faz-se necessário quantificar a imprecisão para cada peso e para cada classificação das alternativas. Os decisores devem expressar os níveis de certeza por meio da utilização de índices de pertinência, associando a um elemento do universo um número real do intervalo  $[0,1]$ . Um índice de pertinência igual a 1 corresponde a absoluta certeza, ou seja, o decisor está plenamente seguro do peso atribuído ao critério, enquanto um índice de pertinência igual a zero indica absoluta incerteza. Utilizam-se dois índices de pertinência para refletir o grau de incerteza dos tomadores de decisão, um deles referindo-se aos pesos dos critérios e o outro à classificação das alternativas em cada critério. A retirada de um critério supostamente irrelevante pode conduzir a decisões com altos níveis de imprecisão no caso deste critério possuir 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 [22, 23].

Dadas duas alternativas  $a$  e  $b$ , três situações devem ser consideradas na utilização do THOR: S1, S2 e S3. Na utilização do algoritmo S1, as alternativas só têm 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  $aP_jb$ , levando em conta 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 1, 2 e 3 respectivamente.

$$aPb \leftrightarrow g(a) - g(b) > p \tag{1}$$

$$aIb \leftrightarrow -q \leq |g(a) - g(b)| \leq q \tag{2}$$

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

As equações 4, 5 e 6 refletem as três situações para que uma alternativa seja classificada melhor do que a outra [21].

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

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

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

Na utilização do algoritmo S2, as alternativas têm sua atratividade pontuada em situações onde ocorre  $aP_jb$  e  $aQ_jb$ . Já na utilização do algoritmo S3, as alternativas têm sua atratividade pontuada em situações onde ocorre  $aP_jb$ ,  $aQ_jb$  e  $aI_jb$ . Nos algoritmos S2

e S3, verifica-se um cenário mais flexível, no qual uma menor diferença entre as alternativas permite classificar uma alternativa como melhor que outra [9].

Recomenda-se que o THOR seja utilizado preferencialmente nas situações de pseudo-critério 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 [25, 22].

### 3. METODOLOGIA

Para que o objetivo deste artigo seja atingido, efetuou-se um levantamento buscando artigos em periódicos, para selecionar os trabalhos que reportassem a utilização do método THOR. Para tal, foram consultados os periódicos cadastrados nas bases *Scielo Brasil*, *Web of Science* e *Scopus*. Além das coleções de periódicos cadastradas nas referidas bases, foram consultados os artigos citados nos anais dos principais congressos nacionais da área ENGENHARIAS III. A pesquisa foi limitada aos periódicos cadastrados a partir de 1999, ano em que o método foi elaborado (defesa da Tese de Doutorado que dá origem ao THOR). Para a seleção dos artigos, executou-se uma pesquisa avançada, através da utilização de expressões booleanas, permitindo aumentar a precisão da busca com a utilização de palavras-chave. Foram selecionados 70 artigos para análise, dentre os quais foram excluídos os artigos que abordavam ou mencionavam o método de maneira superficial, distanciando-se do foco da pesquisa em questão. Após a exclusão dos artigos que não se enquadravam nos critérios supracitados, 7 artigos de periódicos e 11 artigos de simpósios foram selecionados para a revisão sistemática de literatura. Os resultados são apresentados na próxima seção.

### 4. APLICAÇÕES DO THOR

O THOR foi criado por Gomes em 1999 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 [23] 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 das necessidades da organização e optar pela alternativa indicada.

Gomes e Maia [4] analisaram e compararam, por meio do 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, retirou-se um critério considerado irrelevante. Por meio de acordo com os decisores, foi alterado o peso de dois critérios.

Gomes et al. [28] 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  $\theta$  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 [26, 29]. 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 et al. [26] utilizaram os métodos THOR e TODIM, para selecionar a melhor alternativa de destinação do gás natural e apoiar o decisor, levando em conta 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 et al. [29] 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 no THOR e inexistente no 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  $\theta$  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. A aplicação de ambos os métodos contribuiu para uma avaliação mais clara, por parte dos profissionais do mercado imobiliário, em relação aos critérios previamente definidos pelos especialistas. Conclui-se que os métodos THOR e TODIM mostraram-se eficientes na análise e solução do problema de avaliação de propriedade, uma vez que os mesmos refletiram em seus resultados as preferências dos agentes de decisão.

Cardoso et al. [24] 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. [22] 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 dos três algoritmos usuais (S1, S2 e S3) com a utilização de pesos, foi utilizada 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 de 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 [30] revisou algumas importantes metodologias analíticas e mostra como utilizá-las com o fim de reduzir possíveis conflitos, diminuindo 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 utilização futura em uma construção. No primeiro estudo, comparou-se os resultados do *software* THOR com as sugestões do ELECTRE-GD (variação do ELECTRE III), PROMETHÉE II, ELECTRE III, e AHP “*ternary*” (variação do AHP). No segundo caso, os mesmos dados foram inseridos em três métodos multicritério distintos (AHP “*ternary*”, ELECTRE III e THOR) originando diferentes ordenações. O estudo ressalta a importância da aplicação de mais de um método para uma escolha mais segura da(s) alternativa(s) dominada(s).

Vieira et al. [27] utilizaram o método multicritério THOR e a técnica de análise conjunta no apoio à análise do processo de escolha portuária e avaliação do potencial de cada porto de concentração de cargas (“*hub ports*”). 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 [25] 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.

As Tabelas 2 e 3 apresentam um resumo das aplicações do THOR.

Referências	Métodos empregados	Aplicação
[25]	THOR, ELECTRE-GD, PROMETHÉE II, ELECTRE III e AHP “TERNARY”	Sistema de tratamento de água de lastro
[30]	THOR	Construção de uma planta energética e seleção de terreno para compra
[22]	THOR	Disposição de resíduos plásticos e de resíduos de construção e demolição
[24]	THOR	Destinação de resíduos plásticos e de troca de material de embalagem
[26]	TODIM e THOR	Destinação de gás natural
[4]	THOR	Tipo de biomassa a ser utilizada na geração de energia renovável
[23]	THOR, ELECTRE I, ELECTRE II, PROMETHÉE II	Tecnologia de cartão de crédito

Tabela 2: Distribuição dos periódicos por método e setor de aplicação

Referências	Métodos empregados	Aplicação
[31]	THOR e ALINA	Seleção de pessoal
[32]	THOR	Disposição de resíduos plásticos e de resíduos de construção e demolição
[33]	THOR	Gestão da construção civil em uma edificação residencial vertical
[34]	THOR	Destinação de resíduos plásticos pós-consumidos
[35]	THOR	Aquisição de um equipamento a laser
[27]	THOR e ANÁLISE CONJUNTA	Escolha portuária e avaliação do potencial de concentração de cargas
[36]	THOR	Tecnologia de telefonia móvel
[37]	THOR	Transporte e acondicionamento de imunobiológicos
[38]	DEA e THOR	Não informada
[29]	TODIM e THOR	Avaliação de imóveis residenciais para aluguel
[28]	TODIM e THOR	Tecnologia para tratamento de água de lastro

Tabela 3: Distribuição dos artigos por método e setor de aplicação

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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, 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.

A disponibilização de um novo *software* em uma plataforma aberta, melhoraria indiscutivelmente a sua difusão, permitindo que os demais pesquisadores pudessem utilizá-lo de forma simples e rápida, comparando os seus resultados com outros métodos de apoio à decisão e, eventualmente, sugerindo melhorias. Para tal, pretende-se, desenvolver uma

versão web do THOR, de interface amigável, intuitiva e de fácil acesso aos usuários.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] STERNBERG, R. J. *Psicologia cognitiva*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 2
- [2] SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 83, 2008. 2
- [3] COSTA, T. C. D.; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. In: *15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA*. São José dos Campos - SP: Instituto Tecnológico da Aeronáutica, 2009. Acesso em 21 de outubro de 2018. Disponível em: <<http://www.bibl.ita.br/xvencita/MEC20.pdf>>. 2
- [4] 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. 2, 6, 9
- [5] 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>>. 3
- [6] KAHRAMAN, C. *Fuzzy multi-criteria decision making : theory and applications with recent developments*. 1. ed. US: Springer, 2008. 590 p. 3
- [7] 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. 3
- [8] TRIANTAPHYLLOU, E. et al. Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach. *Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, v. 15, p. 175–186, 1998. 3
- [9] 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. 3, 6
- [10] VINCKE, P. *Multicriteria Decision Aid*. Bruxelles: John Wiley & Sons, 1992. 3
- [11] 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. 3
- [12] SAATY, T. *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill, 1980. 3
- [13] SAATY, T. L.; VARGAS, L. G. 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. 3
- [14] KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. *Decisions with multiple objectives : preferences and value tradeoffs*. 2. ed. UK: Cambridge University Press, 1993. 569 p. 3

- [15] 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. 3
- [16] EDWARDS, W. How to Use Multiattribute Utility Measurement for Social Decision-making. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, v. 7, n. 5, p. 326–340, 1977. ISSN 0018-9472. 3
- [17] 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. 3
- [18] 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>>. 3
- [19] 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. 3
- [20] 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. 3
- [21] 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. 3, 5
- [22] GOMES, C. F. S. et al. Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil. *Omega*, Pergamon, v. 36, n. 3, p. 395–404, jun 2008. ISSN 0305-0483. 3, 5, 6, 8, 9
- [23] 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. 4, 5, 6, 9
- [24] CARDOSO, R. S. et al. 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. 4, 8, 9
- [25] 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. 4, 6, 9
- [26] 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. 4, 7, 9
- [27] VIEIRA, G. B. B. et al. 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>>. 4, 9, 10

- [28] 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>>. 7, 10
- [29] 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. 7, 10
- [30] GOMES, C. F. S. Modelagem analítica aplicada à negociação e decisão em grupo. *Pesquisa Operacional*, SOBRAPO, v. 26, n. 3, p. 537–566, 2006. 9
- [31] 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>>. 10
- [32] XAVIER, L. H. et al. 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>>. 10
- [33] 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: <<https://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0265.pdf>>. 10
- [34] VALLE, R. et al. 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: Anais do VII SPOLM, 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](https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br/spolm/files/arq0004_2.pdf)>. 10
- [35] 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. 10
- [36] 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>>. 10
- [37] GOMES, C. F. S. et al. 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>>. 10
- [38] 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. 10