Concepção do Método THOR e a necessidade de desenvolvimento de uma plataforma computacional em *Python*: possíveis aplicações ontem e hoje

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 presente artigo tem como objetivo apresentar uma revisão de literatura das aplicações do método THOR em diferentes segmentos de atuação. Para tal, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases *Scielo Brasil*, *Web of Science* e *Scopus*, sendo consultados, também, os artigos dos principais congressos nacionais da área ENGENHARIAS III. Conclui-se que embora o THOR possua grande potencial, tendo sido aplicado nas mais diversas áreas de atuação, o mesmo tem sua utilização restrita a um número limitado de pesquisadores devido à complexidade do método e a descontinuidade no desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão (SAD). O estudo propõe o desenvolvimento de uma plataforma computacional aberta que seja intuitiva e de fácil utilização, permitindo 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.

PALAVRAS CHAVE. Revisão de Literatura, Aplicações, THOR

Tópicos (Sessão Especial 1 (SS1): Poder Marítimo, Defesa e Pesquisa Operacional)

ABSTRACT

This article aims to present a literature review of the applications of the THOR method in different business segments. For this purpose, a bibliographic research of the Scielo Brazil, Web of Science and Scopus databases was carried out, and the articles of the main national congresses

https://proceedings.science/p/106999?lang=pt-br

of the ENGENHARIAS III area were also consulted. It is concluded that although the THOR has great potential, having been applied in the most diverse areas of activity, it has its use restricted to a limited number of researchers due to the complexity of the method and the discontinuity in the development of the Decision Support System (DSS). The study proposes the development of an open computer platform that is intuitive and easy to use, allowing researchers to compare their results with other decision support methods, proposing new applications and possibly suggesting improvements, aiming the growth and diffusion of the method.

KEYWORDS. Literature Review, Applications, THOR

Paper topics (Special Session 1 (SS1): Maritime Power, Defense and Operational Research)

1. Introdução

Segundo Saaty [2008], somos todos tomadores 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 [2014], 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.

Os métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) auxiliam 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 [Figueira et al., 2005]. 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 [Gomes e Maia, 2013].

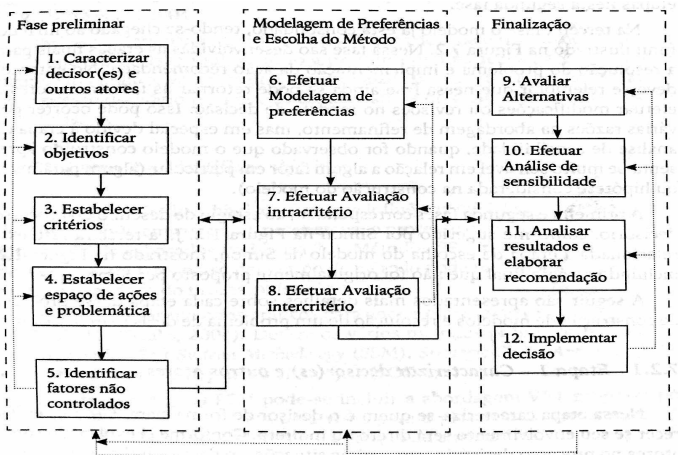
O presente artigo tem como objetivo fazer uma revisão das aplicações do método multicritério THOR. Sua estrutura é dividida em 4 seções: a seção 2 apresenta uma breve base conceitual sobre Apoio Multicritério à Decisão (AMD), sendo composta, também, de uma revisão sobre o método THOR, abordada na subseção 2.1. Por sua vez, a seção 3 contempla a metodologia utilizada nesta pesquisa juntamente com as aplicações do THOR em diferentes segmentos de atuação, enquanto a seção 4 abrange as considerações finais do trabalho desenvolvido.

2. 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, volátil, uma análise multicritério deve ser feita sob múltiplas perspectivas, tanto quantitativas quanto qualitativas. A Figura 1 apresenta um *framework* proposto por Almeida [2013] 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, tem a ver 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 modelos multicritério de apoio à decisão levam em consideração 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 [2018] 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.

Figura 1: *Framework* para a construção de um modelo multicritério



Fonte:Almeida [2013]

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 [Gomes e Costa, 2015]. O uso do THOR permite "analisar mais rápida e eficientemente" as alternativas, considerando o não determinismo do processo de atribuição de pesos e quantificar o não determinismo reaplicando-o no processo de ordenação das alternativas [Cardoso et al., 2009].

De acordo com Gomes [2005], 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 [Gomes et al., 2010].

Para Vieira et al. [2006], 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 [Gomes et al., 2008a; Gomes e Costa, 2015].

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.

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

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

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

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

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

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

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

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 [Rangel e Gomes, 2010].

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 [Gomes, 2005; Gomes et al., 2008a].

3. Aplicações do THOR

Este artigo tem como objetivo apresentar uma visão sistematizada das publicações envolvendo as aplicações do método THOR no período de outubro de 2018 a novembro de 2018. No desenvolvimento deste estudo, foi realizada uma pesquisa bibliográfica nas bases *Scielo Brasil*, *Web of Science* e *Scopus*, sendo consultados, também, os anais dos principais congressos nacionais da área ENGENHARIAS III com o objetivo de fornecer embasamento técnico ao estudo. Foram encontrados 70 registros, sendo selecionados apenas as publicações que abordavam ou mencionavam as aplicações do método em diferentes áreas de atuação. Após a exclusão dos artigos que não se enquadravam nos critérios supracitados, 7 artigos de periódicos e 11 artigos publicados em anais de congressos foram selecionados para a revisão sistemática de literatura. Os resultados serão apresentados a seguir.

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 [2015] 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 [2013] 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. [2011] 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 θ 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 [Gomes et al., 2010, 2008b]. 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. [2010] 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. [2008b] 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 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. 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. [2009] 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. [2008a] 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 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 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 [2006] 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 diferente 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. [2006] 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 [2005] 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 1 e 2 apresentam um resumo das aplicações do THOR.

Tabela 1: Distribuição dos periódicos por método e setor de aplicação

Referências	**Métodos empregados**	**Aplicação**
Gomes [2005]	THOR, ELECTRE-GD, PROMETHÉE II, ELECTRE III e AHP "TERNARY"	Sistema de tratamento de água de lastro
Gomes [2006]	THOR	Construção de uma planta energética e seleção de terreno para compra
Gomes et al. [2008a]	THOR	Disposição de resíduos plásticos e de resíduos de construção e demolição
Cardoso et al. [2009]	THOR	Destinação de resíduos plásticos e de troca de material de embalagem
Gomes et al. [2010]	TODIM e THOR	Destinação de gás natural
Gomes e Maia [2013]	THOR	Tipo de biomassa a ser utilizada na geração de energia renovável
Gomes e Costa [2015]	THOR, ELECTRE I, ELECTRE II, PROMETHÉE II	Tecnologia de cartão de crédito

Fonte: Elaboração própria, 2019.

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

Referências	**Métodos empregados**	**Aplicação**
Gomes et al. [2001]	THOR e ALINA	Seleção de pessoal
Xavier et al. [2004]	THOR	Disposição de resíduos plásticos e de resíduos de construção e demolição
Alencar e Costa [2002]	THOR	Gestão da construção civil em uma edificação residencial vertical
Valle et al. [2004]	THOR	Destinação de resíduos plásticos pós-consumidos
Tostes e Gomes [2005]	THOR	Aquisição de um equipamento a laser
Vieira et al. [2006]	THOR e ANÁLISE CONJUNTA	Escolha portuária e avaliação do potencial de concentração de cargas
Gonçalves e Gomes [2006]	THOR	Tecnologia de telefonia móvel
Gomes et al. [2007]	THOR	Transporte e acondicionamento de imunobiológicos
Torres e Gomes [2008]	DEA e THOR	Não informada
Gomes et al. [2008b]	TODIM e THOR	Avaliação de imóveis residenciais para aluguel
Gomes et al. [2011]	TODIM e THOR	Tecnologia para tratamento de água de lastro

Fonte: Elaboração própria, 2019.

4. 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.

O presente estudo vem sendo desenvolvido por um grupo de pesquisa no Instituto Militar de Engenharia (IME) e será dividido em quatro etapas: (1) realizar uma revisão detalhada e aprofundada com o intuito de entender o método e suas aplicações; (2) comparar o THOR com demais métodos de apoio à decisão; (3) propor uma variação axiomática, feita de forma conjunta com o autor, gerando o THOR 2, contemplando a evolução natural do conhecimento, desde 1999, a ser incorporado neste novo THOR; e (4) implementar o THOR 2 através de uma plataforma computacional desenvolvida em *Python*.

Pretende-se, dessa forma, propor uma ferramenta intuitiva e de fácil utilização. A disponibilização de um novo *software* em uma plataforma aberta 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.

Referências

Alencar, L. H. e Costa, A. P. C. S. (2002). 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. URL `www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0265.pdf`. Acesso em 21 de agosto de 2018.

Almeida, A. T. (2013). *Processo de Decisão nas Organizações: construindo modelos de decisão multicritério*. Editora Atlas, São Paulo, 1ª edition. ISBN 9788522480111.

Cardoso, R. S., Xavier, L. H., Gomes, C. F. S., e Adissi, P. J. (2009). Uso de SAD no apoio à decisão na destinação de resíduos plásticos e gestão de materiais. *Pesquisa Operacional*, 29(1): 67–95. ISSN 0101-7438.

Figueira, J., Greco, S., e Ehrogott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, volume 78 of *International Series in Operations Research & Management Science*. Springer New York, New York, NY. ISBN 978-0-387-23067-2. URL `http://link.springer.com/10.1007/b100605`.

Gomes, C. F. S., Nunes, K. R., Helena Xavier, L., Cardoso, R., e Valle, R. (2008a). Multicriteria decision making applied to waste recycling in Brazil. *Omega*, 36(3):395–404. ISSN 0305-0483.

Gomes, C. F. S. (1999). *THOR - Um Algoritmo Híbrido de Apoio Multicritério à Decisão para Processos Decisórios com Alternativas Discretas*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

Gomes, C. F. S. (2005). Using MCDA methods THOR in an application for outranking the ballast water management options. *Pesquisa Operacional*, 25(1):11–28.

Gomes, C. F. S. (2006). Modelagem analítica aplicada à negociação e decisão em grupo. *Pesquisa Operacional*, 26(3):537–566.

Gomes, C. F. S., Cardoso, R., Adissi, P. J., e Xavier, L. H. (2007). 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. URL `https://www.researchgate.net/publication/265597052`. Acesso em 12 de setembro de 2018.

Gomes, C. F. S. e Costa, H. G. (2015). Aplicação de métodos multicritério ao problema de escolha de modelos de pagamento eletrônico por cartão de crédito. *Production*, 25(1):54–68.

Gomes, C. F. S., Gomes, L. F. A. M., e Maranhão, F. J. C. (2010). Decision analysis for the exploration of gas reserves: merging todim and thor. *Pesquisa Operacional*, 30(3):601–617.

https://proceedings.science/p/106999?lang=pt-br

Gomes, C. F. S. e Maia, A. C. C. (2013). Ordenação de alternativas de biomassa utilizando o apoio multicritério à decisão. *Production*, 23(3):488–499.

Gomes, C. F. S., Gomes, L. F. A. M., e Valle, R. (2001). 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. URL https://www.researchgate.net/publication/264974462. Acesso em 18 de setembro de 2018.

Gomes, L. F. A. M. e Gomes, C. F. S. (2014). *Tomada de Decisão Gerencial*. Editora Atlas, São Paulo, 5ª edition. ISBN 9788522488193.

Gomes, L. F. A. M., Gomes, C. F. S., e Rangel, L. A. D. (2008b). A decision analysis with THOR and TODIM: rental evaluation in Volta Redonda. In *XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, volume 30, p. 7–11, João Pessoa - PB. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. Acesso em 15 de outubro de 2018.

Gomes, L. F. A. M., Gomes, C. F. S., e Rangel, L. A. D. (2011). A comparison of the applications of TODIM and THOR to an important environmental problem. In *XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, p. 3177–3188, Ubatuba - SP. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. URL https://www.researchgate.net/publication/264044569. Acesso em 15 de outubro de 2018.

Gonçalves, E. d. P. e Gomes, C. F. S. (2006). 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. URL http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2006/pdf/arq0220.pdf. Acesso em 08 de setembro de 2018.

Kułakowski, K. (2018). Inconsistency in the ordinal pairwise comparisons method with and without ties. *European Journal of Operational Research*, 270(1):314 – 327. ISSN 0377-2217. URL http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221718302522.

Rangel, L. A. D. e Gomes, L. F. A. M. (2010). O Apoio Multicritério à Decisão na avaliação de candidatos. *Production*, 20(1):92–101.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1):83.

Torres, N. T. e Gomes, C. F. S. (2008). Metodologia Integrada para Tomada de Decisão com o Uso do Apoio Multicritério e a Análise Envoltória de Dados (Dea). In *Xl Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, p. 239–250, João Pessoa - PB. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional.

Tostes, A. M. e Gomes, C. F. S. (2005). 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*, p. 1170–1182, Gramado - RS. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional.

Valle, R., Cardoso, R., Xavier, L. H., e Gomes, C. F. S. (2004). 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. URL https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br.spolm/files/arq0004_2.pdf. Acesso em 14 de setembro de 2018.

Vieira, G. B. B., Pasa, G. S., Gomes, C. F. S., e Santos, C. H. S. (2006). Identificação de hub ports na costa brasileira – uma comparação entre a análise conjunta e o sad-thor. In *XXXVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, p. 984–995, Goiânia, GO. Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional. URL https://www.researchgate.net/publication/264237051. Acesso em 14 de outubro de 2018.

Xavier, L. H., Cardoso, R. S., Gomes, C. F., Nunes, K. R., e Valle, R. (2004). 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. URL https://www.researchgate.net/publication/264974465. Acesso em 20 de outubro de 2018.