

DESENVOLVIMENTO DE UMA TECNOLOGIA COMPUTACIONAL PARA TOMADA DE DECISÃO DE ALTO NÍVEL: UMA CONTRIBUIÇÃO DA MARINHA DO BRASIL PARA SELEÇÃO DE AUTOCLAVES NO COMBATE À COVID-19

Developing a computational technology for high-level making decision: a contribution of the Brazilian Navy to selecting autoclaves in the fight against COVID-19

Natália Oliveira Barbosa de Paula¹, Igor Pinheiro de Araújo Costa²,
Marcos Alexandre Pinto de Castro Junior³, Luiz Frederico Horácio de
Souza de Barros Teixeira⁴, Carlos Francisco Simões Gomes⁵, Marcos dos Santos⁶

Resumo: Este artigo teve por objetivo propor e apresentar à comunidade científica e à sociedade um novo método de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) – o ELECTRE-MOR. O método consiste em uma proposta de classificação de múltiplos critérios com entrada de pesos ordinal, que inclui múltiplos tomadores de decisão e distribui as alternativas em categorias predefinidas. Visando facilitar a difusão e utilização pela sociedade em geral, a axiomática do ELECTRE-MOR foi implementada em uma ferramenta computacional *on-line* simples e intuitiva, a qual também é apresentada neste artigo. Para ilustrar a aplicação, foi realizado, com especialistas em saúde pública, um estudo de caso real para seleção de autoclaves a serem utilizadas na produção da vacina contra o novo coronavírus. Como resultado, foi selecionado o modelo Finnaqua como o que apresenta maior custo-benefício dentre as alternativas analisadas. Este artigo buscou solucionar um problema de extrema relevância para a academia e a sociedade, pois propõe a aplicação de um novo método de AMD para contribuir com a solução de um problema que afeta milhões de pessoas no Brasil e no mundo. Ressalta-se que o modelo apresentado pode ser expandido e aplicado a diversos tipos de problemas táticos, operacionais e estratégicos nos meios civil e militar, ou seja, possui forte característica dual. Portanto, consiste em um método de grande utilidade voltado para a contribuição da tomada de decisão de alto nível.

Palavras-chave: Marinha do Brasil. ELECTRE-MOR. COVID-19. Autoclave. Vacina.

Abstract: This paper aimed to propose and present to the scientific community and to society a new method of Multicriteria Decision Support (MDS) – ELECTRE-MOR. The method consists of a proposal for classification of multiple criteria with input of ordinal weights, which includes multiple alternative decision makers and distribution in predefined categories. In order to facilitate the dissemination and use by society in general, the axiomatics of ELECTRE-MOR was implemented in a simple and intuitive online computational tool, which is also presented in this article. To illustrate the application, a real case study was conducted with public health experts for the selection of autoclaves to be used in the production of the vaccine against the new coronavirus. As a result, the Finnaqua model was selected as the one with the highest cost-benefit among the analyzed alternatives. This article seeks to solve a problem of extreme relevance to academia and society, as it proposes the application of a new MDS method to contribute to the solution of a problem that affects millions of people in Brazil and worldwide. It is emphasized that the model presented can be expanded and applied in several types of tactical, operational and strategic problems in the civil and military environments, thus being a great method focused on the contribution of high-level decision-making.

Keywords: Brazilian Navy. ELECTRE-MOR. COVID-19. Autoclave. Vaccine.

1. Mestranda em Sistemas e Computação no Instituto Militar de Engenharia (IME) – Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: nobarbosa@ime.ub.br

2. Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Pesquisador do Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) – Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: igor.pinheiro@marinha.mil.br

3. Pós-Graduado em Ciência de Dados pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio). Encarregado de Divisão do Centro de Controle Interno da Marinha (CCIMAR) – Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: alexandre.castro@marinha.mil.br

4. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Gerente de Projeto do Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) – Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: luiz.frederico@marinha.mil.br

5. Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Professor Associado no Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF). Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (TPP/UFF) – Niterói, RJ – Brasil. E-mail: cfsgl@bol.com.br

6. Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Gerente de Projetos e Analista de Estudos Complexos do Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV). Professor do Programa de Pós-graduação em Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia (IME) – Rio de Janeiro, RJ – Brasil. E-mail: marcos.santos@marinha.mil.br

1. INTRODUÇÃO

O surto da doença causada pelo novo coronavírus (COVID-19) constitui uma Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional — o mais alto nível de alerta da Organização Mundial da Saúde (OMS), conforme previsto no Regulamento Sanitário Internacional. Em 11 de março de 2020, a COVID-19 foi caracterizada pela OMS como uma pandemia (OPAS BRASIL, 2020).

Existe um grande número de laboratórios em estudos e testes para a criação da vacina que irá combater o avanço da pandemia. No entanto, esse processo requer, além de tempo, muitos recursos que, para alguns países, são bastante escassos. Existem os riscos atrelados aos resultados desses testes que podem levar a perdas significativas; portanto, faz-se mister a utilização de ferramentas eficientes tanto para a estruturação e modelagem do problema a ser analisado quanto para a definição e ordenação de estratégias (alternativas) de solução. Dentre os aparelhos necessários para a produção da vacina, pode-se destacar a autoclave, um equipamento para laboratório indispensável, pois garante a esterilização de todos os produtos que serão utilizados nos trabalhos, garantindo eficácia contra qualquer contaminação microbiana (MAX LABOR, 2015), sobretudo na pesquisa e produção de vacinas. A escolha do equipamento ideal não é algo tão simples, visto que envolve uma grande quantidade de variáveis.

Nesse contexto, no processo para a tomada da decisão, a Engenharia de Produção se torna um mecanismo fundamental no assessoramento dos gestores (SANTOS *et al.*, 2019). Dentro dessa grande área da Engenharia, a Pesquisa Operacional (PO) é o campo abrangente e multidisciplinar que emprega modelos matemáticos e analíticos para a solução de problemas complexos do cotidiano (TEIXEIRA *et al.*, 2019). No vasto campo da PO, o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) apresenta relevância ímpar, proporcionando um embasamento técnico e científico, e apoiando o decisor na escolha pela alternativa que supra as necessidades e os anseios de forma a atender as preferências do decisor.

Os métodos de AMD vem sendo largamente utilizados para encontrar soluções no combate à pandemia, como em Albahri *et al.* (2020), no auxílio à tomada de decisão sobre estruturas para a transfusão do melhor plasma convalescente para os pacientes mais críticos; em metodologia de *benchmarking*, para seleção do modelo ideal de diagnóstico da COVID-19 (MOHAMMED *et al.*, 2020); em novas abordagens de

topografia, para identificar o fator de risco mais significativo e o monitoramento contínuo das mortes causadas pelo novo coronavírus (MAJUMDER; BISWAS; MAJUMDER, 2020); e na seleção de um Navio de Assistência Hospitalar da Marinha do Brasil a ser empregado no combate à pandemia em Manaus (COSTA *et al.*, 2020a).

Diante da situação extremamente grave que o país e o mundo enfrentam, visando reduzir custos e buscar uma solução mais assertiva, este artigo teve por objetivo selecionar o modelo de autoclave mais indicado a ser adquirido para auxiliar na produção da vacina contra o novo coronavírus. Para a análise das alternativas e apoio à tomada de decisão, foi proposto e utilizado o método ELECTRE-MOr, por se tratar de um novo método de AMD ordinal não compensatório, para multidecisor, que facilita a expressão das relações de preferência pelos decisores. O artigo é dividido em cinco seções: “Introdução”, “Referencial teórico”, “Metodologia”, “Resultados” e “Conclusão”.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os métodos da família ELECTRE baseiam-se na lógica não compensatória para estabelecer relações de sobreclassificação entre pares de alternativas (NEPOMUCENO; COSTA, 2015). Uma alternativa “a” supera uma alternativa “b” (aSb) se a é pelo menos tão boa quanto b no critério em questão, e esta é a principal ideia expressa pelo conceito de sobreclassificação (ALMEIDA-DIAS; FIGUEIRA; ROY, 2012).

A modelagem das relações de preferência considera relações de indiferença (q), preferência estrita (p) e incompatibilidade (FIGUEIRA; MOUSSEAU; ROY, 2005), e a relação de sobreclassificação é submetida a níveis de corte estabelecidos por níveis de concordância mínima e discordância máxima (GOMES; COSTA, 2015). A Tabela 1 apresenta um resumo das propriedades dos métodos ELECTRE.

Todos os métodos ELECTRE são cardinais e não compensatórios, e verificou-se a inexistência de métodos ELECTRE com entrada de dados de forma ordinal e para multiagentes de decisão; portanto, este artigo visa preencher essa lacuna, implementando o ELECTRE-MOr. A proposta de elicitação ordinal permite a obtenção dos pesos por diversos decisores, mediante preferências não cardinais, que são posteriormente transformadas em números cardinais, tornando o processo decisório mais intuitivo e transparente.

2.1. O MÉTODO ELECTRE-MOR

O ELECTRE-MOR é uma proposta de classificação de múltiplos critérios com entrada de preferências ordinal, que inclui diversos tomadores de decisão e distribui as alternativas em categorias predefinidas. Os procedimentos do ELECTRE-MOR são desenvolvidos em duas etapas:

- » Transformar preferências ordinais de critérios em um vetor de pesos de critérios.
- » Integrar os critérios vetoriais de diferentes tomadores de decisão.

No procedimento de construção das relações de superação, o ELECTRE-MOR utiliza uma adaptação dos métodos *Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors* (SAPEVO) (GOMES; MURY; GOMES, 1997) e SAPEVO-M (GOMES *et al.*, 2020), incrementada para gerar os pesos dos critérios. A diferença dessa adaptação é que o ELECTRE-MOR utiliza uma escala de cinco pontos, variando de -2 a +2, ao passo que os métodos originais utilizam uma escala de sete pontos (de -3 a +3).

A partir do estudo dos métodos da família ELECTRE, foram desenvolvidos os índices de concordância, discordância e credibilidade. Uma das principais diferenças do ELECTRE-MOR em relação aos demais métodos da família ELECTRE é o estabelecimento dos perfis de classes, que apresenta duas formas de obtenção — b_h e b_n (Equações 1 e 2):

$$b_h = g^- + h * k \quad (1)$$

Em que,

$$k = \frac{g^* - g^-}{h + 1}; g^* = \max_j g_{ij}; g^- = \min_j g_{ij}; h \text{ é o número de perfis ou classes.}$$

$$b_n = g[(h + 1 - n) * L] \quad (2)$$

Em que,

$$L = \frac{j}{h + 1}; n \text{ é o índice do perfil; } j \text{ é o número de alternativas; } h \text{ é o número de classes.}$$

A afirmação aSb_h significa que “a alternativa a não tem desempenho pior do que o perfil b_h ”. Na validação da afirmação aSb_h , calcula-se um índice de credibilidade $\sigma(a, b_h)$, o qual expressa o grau de confiança da declaração “a não é pior que b_h ”. Para definir a relação de sobreclassificação, é adotado o nível de corte λ (Equação 3).

$$aSb_h \leftrightarrow \sigma(a, b_h) \geq \lambda \quad (3)$$

A distribuição é realizada por meio de dois procedimentos:

- » Otimista: consiste em comparar a alternativa sucessivamente à alternativa b, a partir do último perfil (categoria, classe).
- » Pessimista: consiste em comparar a alternativa a sucessivamente à alternativa b, partindo do primeiro perfil (categoria, classe), sendo esta a classificação mais exigente.

Tabela 1. Principais propriedades dos métodos ELECTRE.

Métodos	Tipo de problema	Critério	Pesos
Electre I	Escolha	Verdadeiro	Sim
Electre IS	Escolha	Pseudo	Sim
Electre II	Ranking	Verdadeiro	Sim
Electre III, ELECTRE-GD	Ranking	Pseudo	Sim
Electre IV e IV-H	Ranking	Pseudo	Não
Electre TRI, TRI-B, TRI-C, TRI-nB, TRI-nC, TRI-Rc, ME	Distribuição	Pseudo	Sim
Electre INTERCLASS	Distribuição	Pseudo	Sim
ELECTRE-SORT	Distribuição	Pseudo	Sim
Electre-CBR	Data mining*	Pseudo	Sim
ELECTRE ^{GKMS} , Hierarchical ELECTRE ^{GKMS}	Escolha/Ranking	Pseudo	Sim

*O método ELECTRE-CBR é um modelo híbrido que utiliza as propriedades da família ELECTRE para resolver problemas de data mining.

Com a implementação das duas formas de obtenção dos limiares de classes predefinidas (b_h e b_n), o ELECTRE-MOR abrange diversos tipos de distribuições de valores das alternativas em determinado critério, uma vez que b_h divide o intervalo compreendido entre os valores máximo e mínimo em intervalos iguais, levando em consideração o número de classes definido pelo decisor, ao passo que a forma b_n aloca números iguais de alternativas em cada classe de determinado critério. Essas duas formas visam fornecer maior confiabilidade à distribuição das alternativas em classes predefinidas. Além disso, o resultado apresenta duas ordenações das alternativas nas distribuições pessimista e otimista, o que, segundo Souza, Gomes e Barros (2018), permite uma análise de sensibilidade do resultado, conferindo maior transparência e robustez ao processo decisório.

2.2. SOFTWARE ELECTRE-MOR

Para facilitar a utilização do método pela sociedade em geral, foi realizada a implementação computacional do método. O *software* ELECTRE-MOR (COSTA *et al.*, 2020b) foi desenvolvido a partir de uma parceria entre o corpo técnico do Centro de Análise de Sistemas Navais (CASNAV), um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense (UFF) e um grupo de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia (IME). Será efetuado registro do *software* no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) via Núcleo de Inovação Tecnológica da Marinha, sediado na Diretoria-Geral de Desenvolvimento Nuclear e Tecnológico da Marinha (DGDNTM).

3. METODOLOGIA

Para viabilizar o presente estudo, foi realizada pesquisa de opinião e coleta de dados com três especialistas do Instituto de Tecnologia em Imunobiológicos (Bio-Manguinhos), unidade da Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ) responsável pelo desenvolvimento tecnológico de vacinas e fármacos, vinculada ao Ministério da Saúde, a respeito dos tipos de autoclaves utilizadas, sua utilização, importância e forma de aquisição, e manutenção dos equipamentos.

As autoclaves para esse tipo de atividade requerem um porte robusto e se diferem de equipamentos comuns de fácil acesso no mercado pela necessidade de personalização mediante

um projeto de construção que dura em média de dois a três anos. Foram levados em conta a capacidade-padrão para todas as alternativas apresentadas de 800 L e o tempo de garantia após o comissionamento de dois anos para todas as marcas. Os valores dos demais critérios tomaram por base equipamentos com características similares presentes na instituição para o propósito de desenvolvimento de vacinas dos laboratórios.

» Critérios quantitativos:

- I. Custo: Valor total para aquisição do projeto e instalação do equipamento.
- II. Tempo de secagem: Tempo médio para completar todo o ciclo de esterilização.
- III. Custo de manutenção: Custo médio anual com mão de obra técnica, compra de sobressalentes e materiais de consumo para as manutenções preventivas e corretivas.

» Critérios qualitativos:

- I. Assistência técnica: Avalia a facilidade de se conseguir peças de reposição, bem como localidade e custo avaliado por um viés de prazo, distância e quantidade de fornecedores.
- II. Integração de dados: Aplicabilidade do equipamento que permite a integração com computadores para registrar dados das atividades realizadas de forma digital e programada, visando cumprir requisito legal para fins de auditorias.
- III. Qualidade/durabilidade dos materiais: Pela percepção dos especialistas de manutenção e pesquisadores do laboratório, esse critério denota o melhor desempenho em relação à demora de desgaste dos materiais de composição e a quantidade de vezes que o equipamento apresentou falhas ou defeitos.

3.1. APLICAÇÃO DO MÉTODO ELECTRE-MOR

Para a aplicação do método, será ilustrada a utilização do *software* ELECTRE-MOR. Primeiramente, deve-se cadastrar o projeto, os decisores, os critérios e as alternativas que compõem o problema (Figura 1).

Em seguida, é feita a análise par a par dos critérios por cada decisor, mediante utilização da barra de rolagem ilustrada na Figura 2. A barra deve ser deslizada na direção do critério mais importante.

Em seguida, são inseridos limiares de preferência forte (p), preferência fraca (q) e veto (v), os quais foram obtidos mediante consenso entre os decisores (especialistas da FIOCRUZ) (Figura 3).

A Tabela 2 relaciona as alternativas de modelos, critérios, classes e pesos dos critérios. Ressalta-se que os pesos foram obtidos após análise paritária ilustrada na Figura 2, enquanto os limiares de classes b_h e b_n foram obtidos mediante aplicação das Equações 1 e 2, com os cálculos efetuados automaticamente pela ferramenta computacional. A Tabela 2 estabelece o relacionamento entre alternativas de modelos hoje utilizados na Instituição, critérios, classes e pesos dos critérios.

Os critérios “custo”, “tempo de secagem” e “custo de manutenção” foram considerados como monotônicos de prejuízo ou custo, ou seja, quanto menor, melhor. Por essa razão, são representados por valores negativos.

4. RESULTADOS

Após a aplicação de todas as etapas do ELECTRE-MOR, geram-se as ordenações pessimistas e otimistas nos dois cenários (utilizando b_h e b_n), com nível de corte $\lambda = 0,75$. (Tabela 3).

Analisando a Tabela 3, pode-se observar que a alternativa Finnaqua apresenta classificação A (melhor avaliação) em ambas as formas de obtenção de classes (b_h e b_n) e, ainda, em ambos os cenários — otimista e pessimista. Como uma opção secundária, a alternativa Hogner apresenta boa classificação em ambas as ordenações e formas de obtenção de limiares de classes. Da mesma forma, utilizando os critérios e dados coletados para essa avaliação, as opções Subtilcrepeux e Tutinauer apresentaram as piores classificações perante as demais alternativas.

Verificam-se os seguintes grupos de alternativas, e sua relação de preferências:

» Grupo 1 = Finnaqua.

» Grupo 2 = Hogner.

» Grupo 3 = Getinge, Getinge.

» Grupo 4 = Fedegari.

» Grupo 5 = Subtilcrepeux, Tutinauer.

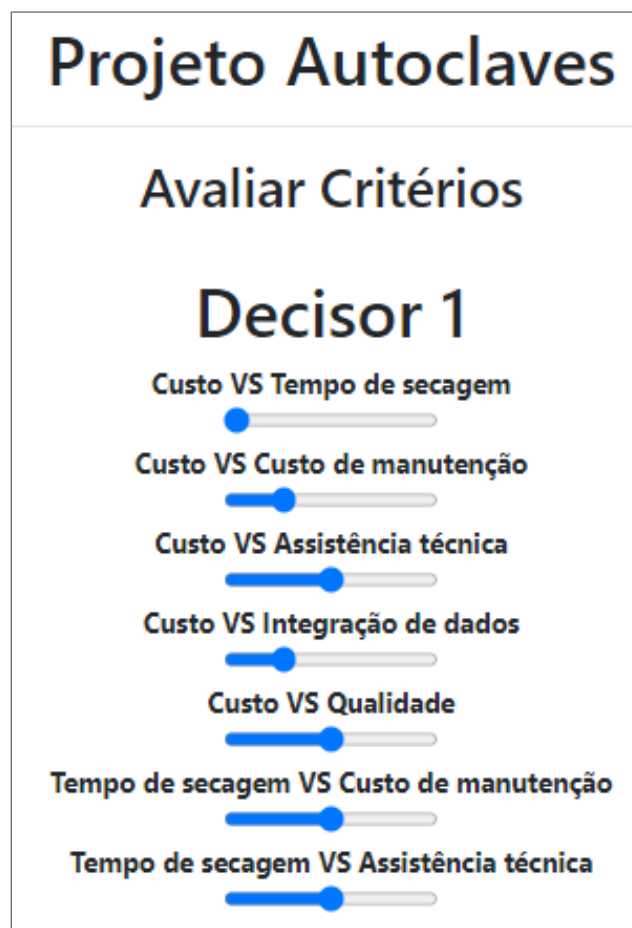


Figura 2. Avaliação paritária dos critérios.

Figura 1. Interface do software ELECTRE-MOR.

Tomando por base os resultados apresentados, o modelo Finnaqua pode ser considerado o mais indicado a ser adquirido, pois foi a única autoclave que apresentou classificação A em todos os cenários avaliados. Os fatores que levam essa alternativa a ser classificada como a melhor dentre os modelos avaliados são os bons desempenhos nos critérios tempo de secagem, facilidade de integração de dados e qualidade. Esse modelo destacou-se também pela regularidade nos critérios, o que justifica sua escolha. Os outros modelos destacam-se em determinados critérios, porém não apresentam bons desempenhos nos demais atributos avaliados.

Uma característica importante do método é a possibilidade de efetuar uma análise de sensibilidade, para verificar a robustez da solução encontrada. Essa análise é recomendada para casos em que mais de uma alternativa

seja classificada na maior classe, visando aumentar o nível de exigência em busca de um número menor de alternativas indicadas.

5. CONCLUSÃO

O objetivo deste estudo foi atingido, uma vez que se conseguiu obter uma análise para a escolha de modelos de autoclaves embasada na avaliação qualitativa e quantitativa de dados realistas e coerentes com o cenário atual. Embora as alternativas que apresentaram melhor classificação não possuam melhor custo de compra, apresentam melhor avaliação em outros critérios importantes, que resultam em melhor eficiência, durabilidade e economia em custos de manutenção (custos indiretos).

Parâmetros do projeto

Critério	P	Q	V
Custo	20000	10000	500000
Tempo de secagem	5	3	30
Custo de manutenção	20000	10000	50000
Assistência técnica	2	1	5
Integração de dados	2	1	5
Qualidade	1	0,5	4

[Avaliar Projeto](#)



CASNAV IME UFF

Figura 3. Inserção dos parâmetros do projeto.

Tabela 2. Matriz de decisão.

Autoclaves		Quantitativos			Qualitativos		
		Custo (R\$ Mi)	Tempo de Secagem (min)	Custo de manutenção (R\$)	Facilidade de assistência técnica	Facilidade de integração de dados	Qualidade/durabilidade do material
Fedegari		-960.000	-30	-50.000	1	4	4
Finnaqua		-1.080.000	-35	-30.000	2	3	4
Getinge		-1.320.000	-30	-40.000	3	2	2
Baumer		-864.000	-30	-40.000	3	3	2
Subtilcrepeux		-650.000	-45	-10.000	0	0	4
Tutinauer		-550.000	-50	-8.000	0	0	4
Hogner		-768.000	-40	-20.000	2	2	4
Pesos		0,064935065	0,194805195	0,142857143	0,207792208	0,155844156	0,233766234
b _n	b ₃	-742.500	-35,0	-18.500	2,3	3,0	3,5
	b ₂	-935.000	-40,0	-29.000	1,5	2,0	3,0
	b ₁	-1.127.500	-45,0	-39.500	0,8	1,0	2,5
b _n	b ₃	-650.000	-30,0	-10.000	3,0	3,0	4,0
	b ₂	-864.000	-35	-30.000	2	2	4
	b ₁	-960.000	-40	-40.000	1	2	4
Decisores (Consenso)	q	50	5	2000	0,5	0,5	0,5
	p	200	10	10000	1	1	1
	v	1000	40	50000	4	4	4

Tabela 3. Matriz de resultados.

Alternativas	$\lambda = 0,75$			
	b _n		b _n	
	Pessimista	Otimista	Pessimista	Otimista
Fedegari	C	B	B	B
Finnaqua	A	A	A	A
Getinge	B	B	B	B
Baumer	B	B	B	B
Subtilcrepeux	D	C	D	D
Tutinauer	D	C	D	D
Hogner	A	A	B	B

Dessa forma, é possível avaliar futuramente a substituição de equipamentos de marcas obsoletas no mercado por alternativas mais bem avaliadas, buscando a padronização de modelos, sendo possível a redução de desperdícios como estoque excessivo de sobressalentes variados, variabilidade de preço de peças, fornecedores absolutos, tempo de compra de multiplicidade de itens, entre outros.

Ressalta-se que o método ELECTRE-MOr se mostrou eficiente para a análise proposta, possibilitando entrada de pesos ordinais, levando em consideração a opinião de múltiplos decisores tanto na obtenção dos pesos quanto na eliciação dos limiares de preferência, veto e limites das classes predefinidas. A apresentação de duas ordenações permite verificar o comportamento das alternativas em cenários mais

exigentes, o que torna a análise muito mais rica, robusta e transparente, tornando o método extremamente útil para resolução de problemas reais dos mais diversos tipos — táticos, operacionais e estratégicos —, sendo assim um método de grande utilidade voltado para a contribuição da tomada de decisão de alto nível. Além disso, a implementação dos cálculos em um *software* torna a utilização mais fácil, flexível, confiável e rápida.

Por fim, sugere-se que esse modelo de distribuição em classes predefinidas de alternativas usando o ELECTRE-MOr pode ser expandido em outras aplicações duais, tanto no setor civil quanto militar, visando auxiliar o processo de tomada de decisão no combate à pandemia e em demais problemas enfrentados pela sociedade.

REFERÊNCIAS

ALBAHRI, O.S. *et al.* Helping doctors hasten COVID-19 treatment: Towards a rescue framework for the transfusion of best convalescent plasma to the most critical patients based on biological requirements via ml and novel MCDM methods. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, v. 196, 105617, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2020.105617>

ALMEIDA-DIAS, J.; FIGUEIRA, J.R.; ROY, B. A multiple criteria sorting method where each category is characterized by several reference actions: The Electre Tri-nC method. *European Journal of Operational Research*, v. 217, n. 3, p. 567-579, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.047>

COSTA, I.P.A. *et al.* Choosing a hospital assistance ship to fight the covid-19 pandemic. *Revista de Saúde Pública*, v. 54, p. 79, 2020a. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054002792>

COSTA, I.P.A. *et al.* ELECTRE-MOr Software. Disponível em: <https://electre-mor.herokuapp.com/>. Acesso em: 14 set. 2020b.

FIGUEIRA, J.; MOUSSEAU, V.; ROY, B. ELECTRE methods. In: GRECO, S. (org.). *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*. [s.l.]: Springer, 2005. p. 133-153.

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. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132013005000068>

GOMES, C.F.S. *et al.* SAPEVO-M: a group multicriteria ordinal ranking method. *Pesquisa Operacional*, v. 40, 2020.

GOMES, L.; MURY, A.-R.; GOMES, C.F.S. Multicriteria ranking with ordinal data. *Systems Analysis-Modelling-Simulation*, v. 27, n. 2, p. 139-146, 1997.

MAJUMDER, P.; BISWAS, P.; MAJUMDER, S. Application of new topsis approach to identify the most significant risk factor and continuous monitoring of death of COVID-19. *Electronic Journal of General Medicine*, v. 17, n. 6, 2020. <https://doi.org/10.29333/ejgm/7904>

MAX LABOR. *Autoclave e sua importância em laboratórios*. Max Labor, 2015. Disponível em: <https://www.maxlabor.com.br/blog/autoclave-e-sua-importancia-em-laboratorios/#:~:text=Por%20esse%20motivo%2C%20a%20autoclave,cotidianamente%2C%20garantindo%20qualquer%20contamina%C3%A7%C3%A3o%20microbiana.> Acesso em: 14 set. 2020.

MOHAMMED, M.A. *et al.* Benchmarking Methodology for Selection of Optimal COVID-19 Diagnostic Model Based on Entropy and TOPSIS Methods. *IEEE Access*, v. 8, p. 99115-99131, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2995597>

NEPOMUCENO, L.D.O.; COSTA, H.G. Analyzing perceptions about the influence of a master course over the professional skills of its alumni: A multicriteria approach. *Pesquisa Operacional*, v. 35, n. 1, p. 187-211, 2015. <https://doi.org/10.1590/0101-7438.2015.035.01.0187>

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS BRASIL). *COVID-19 (doença causada pelo novo coronavírus)*. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=6101:covid19&Itemid=875. Acesso em: 14 set. 2020.

SANTOS, M. *et al.* Utilização do algoritmo Branch and Bound na otimização da produção de uma indústria de produtos plásticos. *Revista de Trabalhos Acadêmicos Lusófona*, v. 2, n. 2, p. 218, 2019.

SOUZA, L.P.; GOMES, C.F.S.; BARROS, A.P. Implementation of new hybrid AHP-TOPSIS-2N method in sorting and prioritizing of an it CAPEX project portfolio. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, v. 17, n. 4, p. 977-1005, 2018. <https://doi.org/10.1142/S0219622018500207>

TEIXEIRA, L.F.H.S.B. *et al.* Utilização do método SAPEVO-M com parâmetros do modelo SCOR 12.0 para ranqueamento dos fornecedores em uma cadeia de suprimentos de material hospitalar da Marinha do Brasil. *Revista Pesquisa Naval*, n. 31, p. 1-13, 2019.