

ESTRUTURAÇÃO E MODELAGEM DE PROBLEMAS COMPLEXOS USANDO OS MÉTODOS VALUE-FOCUSED THINKING (VFT) E ELECTRE-MOR: CLASSIFICAÇÃO DE PRODUTOS EM UM ARMAZÉM DE BEBIDAS

Lucas Vitorino¹ – lucasvitorino.ep@gmail.com

Marcos dos Santos² – marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br

Carlos Francisco Simões Gomes¹ – cfsg1@bol.com.br

Igor Pinheiro De Araújo Costa¹ – costa_igor@id.uff.br

¹ Universidade Federal Fluminense – Niterói, RJ, Brasil

² Instituto Militar De Engenharia – Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo. O armazém é um elemento fundamental da logística, que necessita de formas eficientes de classificação e atribuição de local de armazenamento. O problema de atribuição de local de armazenamento (SLAP - Storage Location Assignment Problem), pode ser tratado como um problema de múltiplos critérios por meio de métodos de tomada de decisão que estabelecem a classificação das unidades de estoque (SKUs - Stock-Keeping Units) influenciadas pela opinião do tomador de decisão. Este artigo teve como objetivo aplicar os métodos Value-Focused Thinking (VFT) e ELECTRE-MOR para subsidiar o processo estratégico de tomada de decisão na classificação de unidades de estoque por meio de múltiplos critérios, em um armazém de uma empresa distribuidora de bebidas. Os resultados encontrados mostraram que, dentre 100 SKUs, 8% foram alocados na classe a de maior prioridade, 19% na classe b de prioridade intermediária e 73% dos SKUs, a grande maioria, foram atribuídos a classe c de menor priorização.

Palavras-chaves: Análise Multicritério; Atribuição De Local de Armazenamento; ELECTRE-MOR; SLAP; VFT

1. INTRODUÇÃO

O problema de atribuição de local de armazenamento (SLAP - Storage Location Assignment Problem) visa atribuir os produtos no local correto de armazenamento, por meio de uma classificação eficiente dos produtos. A classificação e alocação de cada unidade de estoque (SKU - Stock-Keeping Unit) no armazém, é uma estratégia operacional que está ligada diretamente com a eficiência dos indicadores do armazém, e não é viável projetar uma política de gestão de estoque para cada SKU (CHEN *et al.* 2008).

Neste sentido, o SLAP pode ser entendido como um problema de multicritério de tomada de decisão, de modo a avaliar as alternativas selecionadas por meio de múltiplos critérios, objetivando a classificação e alocação eficiente dos produtos no armazém, levando em consideração a opinião do tomador de decisão (DM – Decision Maker) (FONTANA; CAVALCANTE, 2013; 2014; DA SILVA *et al.*, 2015; FONTANA; NEPOMUCENO, 2017).

Devido à complexidade do problema de classificação e alocação de produtos em armazéns, faz se importante a utilização de ferramentas eficientes, para a estruturação e modelagem do problema por meio de múltiplos critérios. Desta forma, neste artigo é aplicado

o método de estruturação, muito utilizado em problemas de decisão, denominado *Value-Focused Thinking* (VFT), que possibilita entendimento da situação problemática, visando definir os objetivos, alternativas, critérios e escolha do método de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) a ser utilizado na classificação das alternativas.

Portanto, o objetivo deste estudo é propor, por meio da aplicação do método VFT para estruturação do problema e o método de AMD *ELECTRE-MOr*, uma nova modelagem capaz de apoiar o processo estratégico de classificação de SKUs por meio de múltiplos critérios, em um armazém de uma empresa distribuidora de bebidas.

Este estudo, corrobora com a difusão do método não só da forma acadêmica, mas também de forma técnica (organizacional), uma vez que apresenta a aplicação do método em uma organização real e que pode ser utilizado em diversas situações e por diversas organizações.

2. ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica buscou compreender e identificar estudos na área de Apoio Multicritério à Decisão, atrelados a temática de atribuição de produtos em local de armazenamento. Para isso, o seguinte encadeamento de palavras foi proposto, para investigação por meio da base de dados Scopus, acessado a partir do portal Capes (www.capes.gov.br), em Julho de 2021: *TITLE-ABS-KEY ("Warehouse" AND Storage Location Assgnmente" OR "SLAP" AND multi-criteria OR multicriteria)*, obtendo um número reduzido de 7 artigos. Demonstrando assim, uma lacuna relevante a ser explorada por novos estudos. Com o apoio do software de análise bibliométrica VOSviewer, a Fig. 1 apresenta a análise da cronologia dos clusters de co-autoria entre os artigos.

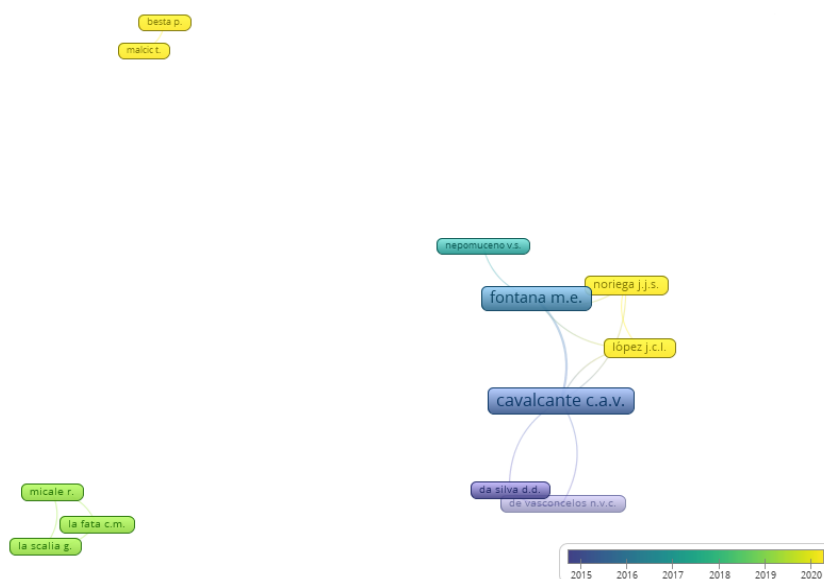


Figura 1 - Análise de Co-autoria com VOSviewer.

A análise apresenta uma divisão em 3 *clusters*, com estudos entre 2013 a 2020. O estudo de Fontana e Cavalcante (2013) propõe adoção do método multicritério *ELECTRE TRI*, para classificar e realizar a localização física de produtos em no armazém simulado, por meio de múltiplos critérios; em novo estudo, Fontana e Cavalcante (2014) fazem o uso do método *PROMETHEE* para classificar os produtos e determinar a melhor alternativa para atribuição de local de armazenamento em um armazém; Da Silva *et al.* (2015) definem a natureza do

SLAP como sendo de multicritério, e para sua solução aplicam os métodos SMARTER e lexicográfico; Fontana e Nepomuceno (2017) aplicaram o método *ELECTRE TRI* e *ELECTRE III* para realizar a classificação dos produtos e para resolver o SLAP em um sistema de armazenamento de alto nível; já Micale *et al.* (2019) combinam uma abordagem com os métodos *ELECTRE TRI* e *TOPSIS* para resolver o SLAP; Malčić e Besta (2020) propõem a uma classificação multicritério de inventário em um armazém de expedição de uma empresa da indústria metalúrgica; Fontana *et al.* (2020) propõe uma abordagem de atribuição multicritério, baseada em classes, para resolver o SLAP.

3. JUSTIFICATIVA TEÓRICA

3.1 Value-Focused Thinking (VFT)

A busca por eficientes estratégias que facilitem o entendimento do problema, sua modelagem, e possam auxiliar na estruturação de problemas complexos, tem se tornado cada vez mais importante e difundidas na AMD. De acordo com Keeney (1992), o VFT é uma filosofia para estruturação de problemas, que busca a identificação dos valores que irão nortear o decisor para balizar o processo de tomada de decisão.

Por sua característica eficiente para lidar com problemas complexos, podemos encontrar vários estudos que utilizam do método VFT: De Andrade *et al.* (2017) usaram o método VFT para estruturar e apoiar uma abordagem de decisão em comitês de bacias hidrográficas; Abuabara *et al.* (2019) aplicam o método em uma nova proposta de promover a economia circular voltado a uma análise do consumidor brasileiro de café em capsulas.

Este estudo utilizou da abordagem de estruturação de problemas VFT baseada no processo de tomada de decisão, onde o problema foi dividido em duas fases: Divergente e Convergente (FRANCO E MONTIBELLER, 2010), conforme apresentado na Fig. 2:

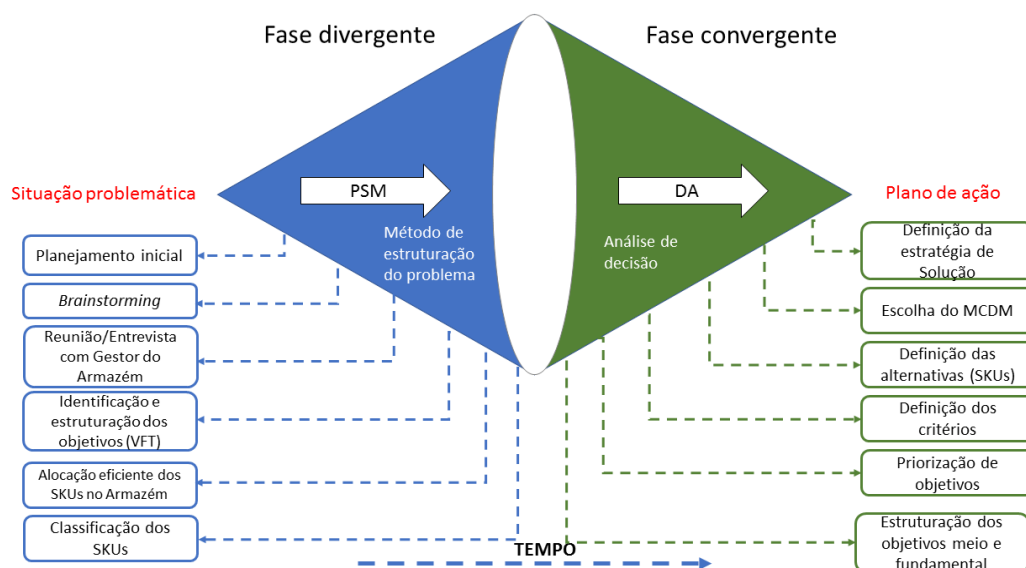


Figura 2 - Estruturação do problema – Fases Divergente e Convergente.

Para entender a situação problema (fase divergente), partiu-se de um planejamento inicial onde foram realizadas reunião, entrevista e brainstorming com o DM, neste caso, o Gerente do Armazém, que possui total entendimento do procedimento adotado, e é responsável por tomar as decisões.

Continuando na fase divergente, foi verificada a necessidade de identificação e estruturação dos objetivos para a resolução do problema, chegando a problemática de que é preciso classificar e alocar os SKUs no armazém de forma eficiente, a fim de reduzir distâncias, custos de operações e identificar prioridades de produtos por meio de uma classificação, estabelecendo uma rede de objetivos de meios e fins. Esta fase tem grande importância, pois alimenta a segunda fase do processo.

Na fase convergente, é resgatado os valores, informações e conhecimentos adquiridos na fase divergente, para assim estabelecer os objetivos meios e fundamental, que serão utilizados para definir os critérios e alternativas que farão parte do modelo, visando definir as estratégias da solução do problema (COSTA *et al.*, 2021).

Seguindo as etapas do Pensamento Focado no Valor (KEENEY, 1992), com os valores, conceitos e conhecimentos adquiridos na fase divergente e na fase convergente, foram estabelecidos os objetivos meios e fundamental, conforme apresentado na rede de objetivos (Figura 3):

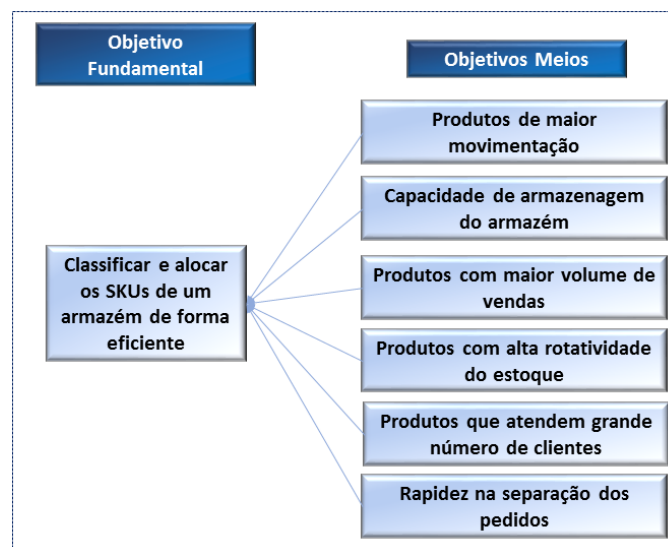


Figura 3 - Rede de objetivos – meios e fundamental.

Com os objetivos estabelecidos, foi consultado novamente o DM em busca de obter as alternativas e possíveis critérios, este também foi estabelecido com base na revisão da literatura, possibilitando uma análise mais específica sobre o problema de classificação e alocação de produtos em armazéns. Visando uma melhor análise do conjunto de alternativas viáveis (inicialmente 127 SKUs), e como proposto por Keeny (1992) no processo de aperfeiçoamento e análise do conjunto de alternativas, foi aplicado um critério de triagem (screening criteria) que possibilita eliminar alternativas (SKUs) que não correspondem aos critérios mínimos: venda do produto nos últimos 2 meses e que possuam dados de todos os critérios. Resultando em um conjunto de 100 SKUs a serem analisados.

Existe uma grande variedade de métodos multicritérios, entretanto são de menor quantidade os métodos que trabalham com a problemática de classificação. Este estudo aplica o novo método de AMD para classificação de alternativas, o *ELECTRE-MOR* por possibilitar a entrada de pesos ordinal, de um ou mais decisores, e possibilita a distribui as alternativas em classes predefinidas. (COSTA *et al.*, 2021a).

3.2 O Método *ELECTRE-MOR*

O *ELECTRE-MOr* (Elimination Et Choice Traduisant la Realité - Multicriteria Sorting Method with Ordinal Weight Input and Multiple Decision Makers) proposto por Costa *et al.* (2021a), é um novo método da família ELECTRE que surge da inexistência de métodos desta família com entrada de dados de forma ordinal, sendo assim, o método vem preencher esta lacuna na literatura. “O *ELECTRE-MOr* é 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.” (COSTA *et al.* 2021a, p.1101).

O método estabelece três situações fundamentais de comparação entre as alternativas e os limites de classes predefinidas: Preferência Fraca (q); Preferência estrita (p); e Veto (v) (COSTA *et al.* 2021a).

No procedimento de construção das relações de superação, o *ELECTRE-MOr* utiliza uma adaptação do método Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors (SAPEVO) (GOMES *et al.*, 2020; GOMES; MURY; GOMES, 1997) para gerar os pesos. Esta primeira etapa reúne dois passos:

- Passo 1: a relação está associada à seguinte escala de cinco pontos, variando de -2 a 2, conforme a Tabela 1:

Tabela 1 - Relação e escala.

Relação	Escala
<< é muito menos importante que	-2
< é menos importante que	-1
≈ é tão importante quanto	0
> é mais importante que	1
>> é muito mais importante que	2

Fonte: Costa *et al.* (2021a).

- Passo 2: essa relação associada a uma escala permite transformar a matriz $D_k = [\delta_{ij}]$, onde k = tomadores de decisão, em um vetor coluna $[v_i]$, de tal forma que (1):

$$\sum_{j=1}^m (c_i), \text{ para } i = 1, \dots, m \text{ e } k = 1, \dots, n \quad (1)$$

Onde c_i representa os graus atribuídos na avaliação paritária dos critérios, de acordo com a escala da Tabela 1. Terminado o processo de integração da matriz, é feita a normalização do vetor resultante, que garante a geração de valores não negativos (2):

$$\bar{c}_i = \left(\frac{a_{ij} - \min a_{ij}}{\max a_{ij} - \min a_{ij}} \right) \quad (2)$$

Já, para a obtenção da distribuição das alternativas em classes, o método verifica as relações de sobreclassificação entre as alternativas e os limites de classes predefinidas, a partir de limiares de concordância e discordância mínimas. Essa parte da axiomática é semelhante aos métodos ELECTRE TRI e TRI-ME, e pode ser encontrada no artigo de proposição do método (COSTA *et al.*, 2021a).

Entretanto, o *ELECTRE-MOr* possui o diferencial de permitir duas maneiras de estabelecer os limiares de classes – bh (3) e bn (4) (COSTA *et al.*, 2021a):

$$bh_i = g_j^- + i * h_j; \quad (3)$$

$$h_j = \frac{g_j^* - g_j^-}{p+1}$$

Onde $g^* = \max_j g_{ij}$; $g^- = \min_j g_{ij}$; p é o número de perfis ou classes.

$$bn = g[(h + 1 - n) * L] \quad (4)$$

Onde $L=n/(p+1)$; n é o índice do perfil; j é o número de alternativas e p representa o número de limites das classes.

Por conter duas maneiras de apresentação dos limiares de classe (bh e bn) o método estabelece duas ordenações para cada alternativas, que são distribuídas em: Otimista e Pessimista, possibilitando uma grande quantidade de informações para o decisor. O método dispõe de um software de acesso web, *ELECTRE-MOr* WEB, para resolução de sua axiomática (COSTA *et al.*, 2021b).

Mesmo se tratando de um método recente, o *ELECTRE-MOr* vem sendo empregado para apoiar o processo de tomada de decisão em diversos aspectos da sociedade, destacando os estudos de: Costa *et al.* (2021c) que realizam a classificação para a formação de carteira de cursos de treinamento e desenvolvimento; Drumond *et al.* (2020) utilizam do método *ELECTRE-MOr* para classificar modelos de impressora 3D do tipo Fused Deposition Modeling (FDM); Costa *et al.* (2020) apresentam uma aplicação voltada a classificação de lanchas a serem adquiridas pela Marinha do Brasil no combate à COVID-19 no Amazonas.

4. METODOLOGIA

4.1 Descrição dos Critérios

Seguindo a abordagem Value-Focused Thinking - VFT, com base nos valores identificados, os autores junto com o Gestor do Armazém, e atrelado a pesquisa na literatura em busca de critérios utilizados na classificação e alocação de produtos em armazéns, estabeleceram quatro critérios para este estudo de caso, conforme descrito:

a) C1 – Volume de Negócio/Demanda: corresponde a quantidade de produtos expedidos durante um determinado período de tempo. Produtos com maior número demanda, é preferível serem alocados próximos dos locais estratégicos de I / O (entrada / saída) e/ou da baía de carga e descarga de veículos, conhecido como Redzone em uma operação de armazém de bebidas, local restrito a operação de empilhadeiras, caminhões e carretas. (FONTANA; CAVALCANTE, 2013; FONTANA; NEPOMUCENO, 2017);

b) C2 – População: atributo quantitativo que expressa o número médio de consumidores atendidos por cada produto em um período mensal; (DA SILVA *et al.*, 2015; FONTANA *et al.*, 2020);

c) C3 – Volume/espço (paletes): atributo quantitativo referente ao tamanho ou espaço reservado para cada produto, neste caso, dado em paletes; Produtos que precisam de um maior número de paletes, é preferível estar próximos a baía de carga e descarga de veículos (FONTANA; CAVALCANTE, 2013; 2014; DA SILVA *et al.*, 2015);

d) C4 – Dias em Estoque: atributo quantitativo referente a quantidade média de dias que o produto permanece no armazém. Este critério está diretamente ligado ao giro de estoque, quanto menor o tempo que o produto permanecer estocado, melhor será.

5. ESTUDO DE CASO

5.1 Obtenção dos pesos dos critérios

Para obtenção dos pesos dos critérios, foi apresentado ao decisor a escala de relacionamento (Tabela 1) para que ele atribuisse a relação de preferência comparando, de forma paritária, os critérios. O cálculo dos pesos foi realizado com o auxílio da ferramenta computacional, *ELECTRE-MOr* WEB (COSTA *et al.* 2021b). Assim, considerando a opinião do gerente do armazém, foram obtidos os seguintes pesos para os critérios (Tabela 2).

Tabela 2 - Pesos dos critérios, obtidos pelo *ELECTRE-MOr* WEB.

Critério	Pesos
C1 – Volume de Negócio/Demanda	1,00
C2 – População	0,0025
C3 – Volume/espaco (paletes)	0,25
C4 – Dias em Estoque	0,75

Observa-se que o critério com maior peso foi o Volume de Negócio/Demanda, seguido de Dias em Estoque e Volume/espaco. O critério População foi considerado como o menos importante.

5.2 Avaliação das alternativas

Partindo do problema de decisão apresentado e dos critérios de avaliação escolhidos através da aplicação do método VFT, como foi apresentado anteriormente, foi proposto o conjunto de alternativas (100 SKUs). A Tabela 3 apresenta a matriz de performance, contendo as alternativas, critérios, limiares de preferência, veto e os pesos dos critérios utilizados nesta análise.

Tabela 3: Matriz de performance.

MAX					MAX					MAX				
MAX	MAX	MAX	MIN		MAX	MAX	MAX	MIN		MAX	MAX	MAX	MIN	
SKU	C1	C2	C3	C4	SKU	C1	C2	C3	C4	SKU	C1	C2	C3	C4
1	87,84	102,00	0,95	-8,00	35	18,36	1,00	0,05	-5,00	69	559,07	194,00	8,41	-6,00
2	7,16	72,00	0,01	-10,00	36	94,74	99,00	0,05	-12,00	70	53,62	41,00	2,86	-8,00
3	707,16	404,00	1,67	-8,00	37	362,70	173,00	0,02	-6,00	71	1889,24	767,00	12,10	-10,00
4	585,12	336,00	1,81	-8,00	38	12,99	71,00	0,73	-12,00	72	335,94	353,00	12,51	-10,00
5	55,08	1,00	0,10	-5,00	39	220,90	322,00	3,70	-10,00	73	555,70	796,00	1,79	0,00
6	23,70	2,00	0,03	-8,00	40	35,42	100,00	1,13	-10,00	74	2145,49	384,00	19,32	-6,00
7	310,00	5,00	0,30	-8,00	41	294,78	374,00	1,00	-8,00	75	1507,82	249,00	23,56	-6,00
8	1355,90	305,00	14,55	-6,00	42	6321,01	1195,00	35,90	-6,00	76	373,44	566,00	1,55	-8,00
9	101,09	43,00	3,37	-6,00	43	106,01	179,00	1,01	-8,00	77	137,86	324,00	0,27	-8,00
10	214,90	108,00	4,00	-6,00	44	7664,52	1056,00	24,98	-6,00	78	177,98	394,00	0,51	-8,00
11	60,72	21,00	0,05	-8,00	45	272,96	562,00	3,69	-10,00	79	120,89	218,00	0,10	-4,00
12	575,64	269,00	6,46	-6,00	46	36,25	107,00	0,32	-10,00	80	42,00	36,00	1,17	-6,00
13	528,48	143,00	2,14	-6,00	47	28,73	121,00	0,93	-10,00	81	17,28	29,00	4,10	-6,00
14	91,01	28,00	1,76	-6,00	48	44,90	113,00	1,44	-10,00	82	19,32	57,00	3,22	-6,00
15	131,96	139,00	7,77	-8,00	49	41,66	109,00	0,92	-10,00	83	11,80	30,00	0,13	-8,00
16	5,22	20,00	0,84	-6,00	50	9,62	36,00	0,33	-10,00	84	20,71	60,00	0,42	-10,00

17	48,60	1,00	0,15	-5,00	51	71,23	170,00	0,96	-10,00	85	277,36	233,00	6,69	-6,00
18	12,96	4,00	0,03	-5,00	52	79,17	82,00	0,69	-8,00	86	169,97	582,00	0,02	-8,00
19	5,40	2,00	0,03	-5,00	53	3,96	8,00	0,63	-8,00	87	3,95	31,00	0,00	-10,00
20	2177,28	962,00	8,90	-6,00	54	37,00	36,00	0,45	-8,00	88	153,34	85,00	2,34	-8,00
21	112,08	76,00	2,51	-8,00	55	77,88	70,00	3,70	-6,00	89	1272,14	579,00	30,03	-5,00
22	3799,82	1221,00	25,44	-6,00	56	108,99	97,00	0,29	-8,00	90	23,66	52,00	2,93	-8,00
23	448,44	255,00	0,02	-8,00	57	2,90	6,00	0,01	-8,00	91	132,24	57,00	6,08	-8,00
24	159,00	112,00	0,91	-8,00	58	46,80	32,00	0,12	-6,00	92	13,74	55,00	0,14	-8,00
25	11,23	17,00	1,52	-6,00	59	10,08	20,00	0,01	-12,00	93	656,78	167,00	0,01	-10,00
26	115,20	64,00	3,31	-6,00	60	339,28	372,00	11,06	-8,00	94	3572,23	819,00	39,20	-5,00
27	21,60	46,00	2,55	-6,00	61	136,49	207,00	2,69	-10,00	95	225,78	153,00	0,93	-8,00
28	1331,88	648,00	11,38	-6,00	62	365,28	552,00	0,07	-8,00	96	9,94	12,00	0,00	-10,00
29	197,42	151,00	2,18	-6,00	63	908,39	342,00	2,34	-6,00	97	25,77	101,00	0,01	-10,00
30	0,77	56,00	0,00	-10,00	64	34644,15	1750,00	92,04	-6,00	98	15,70	31,00	0,81	-8,00
31	21,84	15,00	0,03	-10,00	65	47,07	172,00	0,08	-8,00	99	7,91	67,00	0,42	-8,00
32	327,42	220,00	0,20	-12,00	66	295,61	156,00	0,80	-10,00	100	11,10	13,00	0,01	-8,00
33	239,67	159,00	0,20	-12,00	67	2953,55	892,00	24,78	-6,00					
34	371,76	271,00	1,02	-8,00	68	3,48	10,00	0,38	-7,00					
Par.	C1	C2	C3	C4	Par.	C1	C2	C3	C4	Par.	C1	C2	C3	C4
q	1000,00	80,00	2,00	1,00	q	1000,00	80,00	2,00	1,00	Q	1000,00	80,00	2,00	1,00
p	8000,00	300,00	10,00	3,00	p	8000,00	300,00	10,00	3,00	P	8000,00	300,00	10,00	3,00
v	35000,00	1800,00	100,00	8,00	v	35000,00	1800,00	100,00	8,00	V	35000,00	1800,00	100,00	8,00
bh2	23096,35	1167,00	61,36	-6,67	bh2	23096,35	1167,00	61,36	-6,67	bh2	23096,35	1167,00	61,36	-6,67
bh1	11548,56	584,00	30,68	-9,33	bh1	11548,56	584,00	30,68	-9,33	bh1	11548,56	584,00	30,68	-9,33
bn2	277,36	218,00	2,51	-6,00	bn2	277,36	218,00	2,51	-6,00	bn2	277,36	218,00	2,51	-6,00
bn1	42,00	57,00	0,33	-8,00	bn1	42,00	57,00	0,33	-8,00	bn1	42,00	57,00	0,33	-8,00
Pes.	1	0,0025	0,25	0,75	Pes.	1	0,0025	0,25	0,75	Pes.	1	0,0025	0,25	0,75

O critério C4 monotônico de custo (minimização) foi representado com valores negativos na matriz de performance, os critérios C1, C2 e C3 são monotônicos de lucro (maximização). Os limiares de Preferência Fraca (q), Preferência estrita (p) e Veto (v) foram definidos pelo DM (gestor do armazém) auxiliado pelos pesquisadores. Além disso, foi estabelecido que os SKUs (alternativas) seriam distribuídos em três classes A, B e C. Os valores de bh e bn foram obtidos pela aplicação das equações (3)-(4).

5.3 Resultados obtidos

Após aplicação de todos os passos do *ELECTRE-MOr*, foram obtidas as classificações otimistas e pessimistas para as duas formas de normalização (bh e bn), para um nível de corte $\lambda=0,80$, aplicado neste estudo. O nível de corte λ , por sua definição, varia de 0,5 a 1, sendo 1 o cenário mais exigente possível, o valor de corte estabelecido apresentou uma boa discriminação na classificação dos SKUs mediante aplicação da Eq. 7.

A expertise do método em apresentar quatro classificações, possibilita uma análise mais transparente, robusta e minuciosa. Entretanto, é importante realizar um processo de agrupamento ou clusterização das alternativas, para que possa obter uma divisão dos SKUs nas três classes definidas A, B e C, ou seja, para identificar, ao final, qual alternativa fica em qual classe. Para isso, este estudo segue o procedimento adotado por Costa *et al.* (2021c), estabelecendo o seguinte critério: i) a alternativa que apresentar (receber) resultado

compatível, analisando as quatro classificações, com uma determinada classe em dois, três ou quatro cenários, é alocada nesta classe; ii) no caso uma alternativa apresentar duas vezes uma classe e duas vezes outra classe, esta será alocada na classe mais baixa.

Realizado o processo de clusterização, a Fig. 4 ilustra a distribuição dos SKUs nas suas determinadas classes, a partir do resultado consolidado gerado no problema pelo *ELECTRE-MOr*.

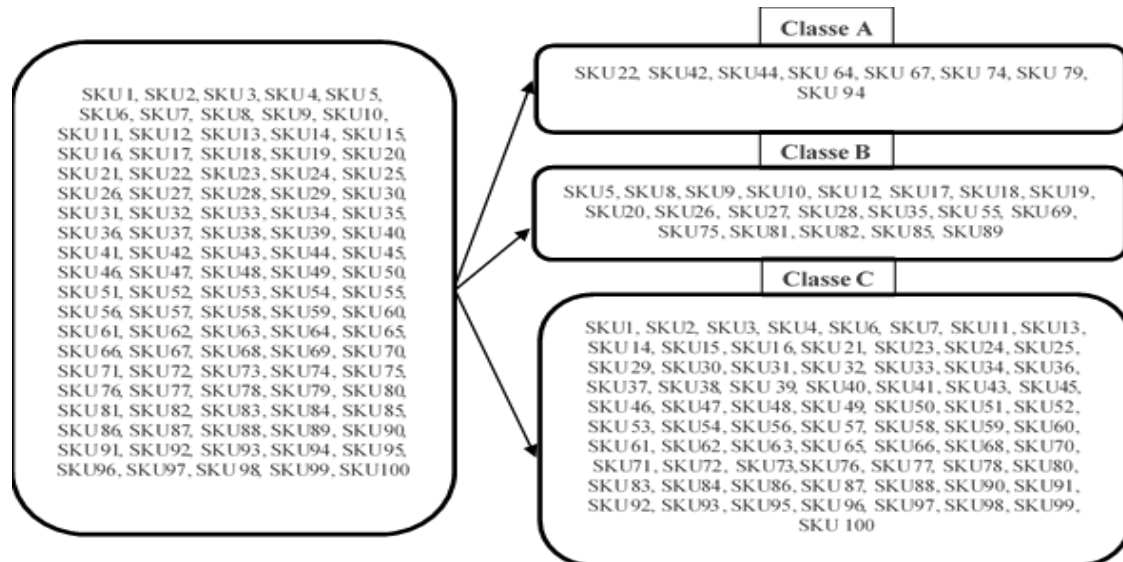


Figura 4- Ilustração da classificação dos SKUs.

O resultando final apresenta uma quantidade de 8 SKUs na Classe A, 19 SKUs na Classe B e 73 SKUs na Classe C.

Os produtos SKU22, SKU42, SKU44, SKU 64, SKU67, SKU74, SKU79 e SKU 94 obtiveram classificação A, podendo ser considerados como os produtos que devem ser priorizados pela empresa, sendo alocados o mais próximo possível as áreas estratégicas de carga e descarga de veículos (Redzone) e I / O (entrada/saída) do armazém.

Em análise oposta, 73 SKUs apresentaram desempenho de classe C. São produtos que apresentaram baixo desempenho dentre os critérios estabelecidos, entretanto são produtos que possuem sua importância para o mix de produtos oferecidos pela empresa, importante característica de empresas deste seguimento.

Já as alternativas que alcançaram o desempenho relacionado à classe B (19 SKUs), apresentaram, de um modo geral, desempenho intermediário nos critérios analisados. Estes produtos devem ser alocados entre os produtos da classe A e C, situados no meio do armazenamento.

6. CONCLUSÕES

O método *ELECTRE-MOr* se apresentou extremamente eficiente para a análise proposta, possibilitando a entrada de pesos ordinais, levando em consideração a opinião DM, tanto na obtenção dos pesos, quanto na elicitação dos limiares de preferência, veto e limites das classes predefinidas. Além disso, a expertise do método em apresentar quatro classificações, possibilita uma análise mais transparente, robusta e minuciosa, fornecendo informações adicionais ao tomador de decisão que pode ser tratada de várias formas, uma delas é a clusterização das alternativas considerando o maior número de ocorrência da classe.

A aplicação do novo método *ELECTRE-MOr*, atrelado a utilização do método VFT para estruturação do problema, apresenta uma nova abordagem na classificação de produtos em um

problema real do SLAP, sendo de extrema importância para literatura e sociedade empresarial, por ser um estudo pioneiro e apresentar dados reais de um armazém de uma empresa distribuidora de bebidas, consideram a avaliação do Gerente do Armazém (DM) com base nos critérios estabelecidos, e dos pesos provenientes de sua avaliação, tendo interferido sobre o resultado final.

REFERENCES

- Abuabara, L., Paucar-Caceres, A. And Burrowes-Cromwell, T. (2019), “Consumers values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: Promoting circular economy,” *Int. J. Prod. Res.*, vol. 57, no. 23, pp. 7269–7288.
- Chen Y, Li K, Kilgour Dm & Hipel Kw. (2008), A case-based distance model for multiple criteria ABC analysis. *Computers & Operations Research*, v. 35, n. 3, p. 776–96.
- Costa, I. P. De A, et al. (2021c), Análise multicritério para composição de portfólio de cursos de tecnologia da informação: uma aplicação do método ELECTRE-MOR. *Revista SIMEP*, v. 1, n. 1, 2021.
- Costa, I. P. De A. et al. (2020), Desenvolvimento axiomático e implementação computacional do método híbrido ELECTRE-MOR: apoiando à decisão da Marinha do Brasil na aquisição de lanchas no combate à COVID-19. *Congresso Internacional XXXI EPIO –XXXIII ENDIO y RED-M IX 2020*.
- Costa, I. P. De A. et al. (2021b), ELECTRE-MOR WEB Software (v.1), sob registro INPI: BR512021001100-7. Disponível em: <<http://electremor.com/>>. Acesso em: 15 jun.
- Costa, I. P. De A et al. (2021a), Choosing flying hospitals in the fight against the COVID-19 pandemic: structuring and modeling a complex problem using the VFT and ELECTRE-MOR methods. *IEEE Latin America Transactions*, v. 19, n. 6, p. 1099–1106.
- Da Silva, D. D.; De Vasconcelos, N. V. C.; Cavalcante, C. A. V. (2015), Modelo de decisão multicritério para apoiar a atribuição de local de armazenamento de produtos em um depósito. *Mathematical Problems in Engineering*, v. 2015.
- De Andrade, M. R. B.; De Queiroz, N. M.; Schramm, V. B.; Schramm, F. (2017) O uso do método VFT para apoiar um comitê de bacia hidrográfica na discussão de um problema complexo. *XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*.
- Drumond, P. et al. (2020), Aplicação do método ELECTRE-MOR na manufatura aditiva: classificação de impressora 3S do tipo Fused Deposition Modeling (FDM). In: *Congresso Internacional XXXI EPIO–XXXIII ENDIO y RED-M IX*.
- Fontana, M. E.; Cavalcante, C. A. V. (2013), Electre tri method used to storage location assignment into categories. *Pesquisa Operacional*, v. 33, p. 283-303.
- Fontana, M. E.; López, J. C. L.; Cavalcante, C. A. V.; & Noriega, J. J. S. (2020), Multi-criteria assignment model to solve the storage location assignment problem. *Revista Investigación Operacional*, v. 41, n. 7, 1019-1029.
- Fontana, M. E.; Nepomuceno, V. S. (2017), Abordagem multicritério para classificação de produtos e sua atribuição de local de armazenamento. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 88, n. 9-12, pág. 3205-3216.
- Fontana, M.E., Cavalcante, C.A.V. (2014), Use of *PROMETHEE* method to determine the best alternative for warehouse storage location assignment. *Int J Adv Manuf Technol* 70, 1615–1624. <https://doi-org.ez24.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00170-013-5405-z>
- Franco, L. A., Montibeller, G. (2010), “Problem structuring for multicriteria decision analysis interventions,” *Wiley Encyclopedia of Operations Research Management Science*.
- Gomes, C. F. S. et al. (2020), SAPEVO-M: a group multicriteria ordinal ranking method. *Pesquisa Operacional*, v. 40.
- Gomes, L.; Mury, A.-R.; Gomes, C. F. S. (1997), Multicriteria ranking with ordinal data. *Systems Analysis-Modelling-Simulation*, v. 27, n. 2, p. 139–146.
- Keeney, R. L. (1992), *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Malčic, T.; Besta P. (2020), Multicriteria inventory classification in the expedition warehouse of the metallurgical company. In: *29th International Conference on Metallurgy and Materials*, Brno, Czech Republic, EU, May 20 - 22.
- Micale, R., La Fata, C. M., & La Scalia, G. (2019), A combined interval-valued ELECTRE TRI and TOPSIS approach for solving the storage location assignment problem. *Computers & Industrial Engineering*, v. 135, p. 199-210.

STRUCTURING AND MODELING COMPLEX PROBLEMS USING THE VALUE-FOCUSED THINKING (VFT) AND ELECTRE-MOR METHODS: CLASSIFICATION OF PRODUCTS IN A BEVERAGE WAREHOUSE

Abstract. *The warehouse is a fundamental element of logistics, which needs efficient ways to classify and assign a storage place. The Storage Location Assignment Problem (SLAP) can be treated as a multi-criteria problem through decision-making methods that establish the classification of Stock-Keeping Units (SKUs) influenced by the decision maker's opinion. This article aims to apply the Value-Focused Thinking (VFT) and ELECTRE-MOR methods to support the strategic decision-making process in the classification of inventory units through multiple criteria, in a warehouse of a distribution company. The results found showed that, among 100 SKUs, 8% were allocated in the highest priority class a, 19% in the intermediate priority class b, and 73% of the skus, the great majority, were assigned to the lesser priority class.*

Keywords: *Multicriteria analysis; Storage location assignment problem; ELECTRE-MOR; SLAP; VFT.*