

## **Estudo de localização de uma segunda sede para a Esquadra Brasileira: Estruturação e modelagem matemática a partir dos métodos SAPEVO-M e VIKOR**

Isaque David Pereira de Almeida<sup>1</sup>, Arthur Pinheiro de Araújo Costa<sup>2</sup>, José Victor de Pina Corriça<sup>3</sup>, Sérgio Mitihiro do Nascimento Maêda<sup>4</sup>, Carlos Francisco Simões Gomes<sup>5</sup>, Marcos dos Santos<sup>6</sup>, Igor Pinheiro de Araújo Costa<sup>7</sup> e Rodolfo Lopes Gonçalves<sup>8</sup>

<sup>457</sup>Universidade Federal Fluminense (UFF) - Rua Passo da Pátria, 156 – 209, São Domingos, Niterói – RJ

<sup>7</sup>Centro de Análises de Sistemas Navais (CASNAV) - Praça Barão de Ladário, s/nº, Ilha das Cobras, Rua da Ponte, Ed. 23, Centro, Rio de Janeiro– RJ

<sup>1238</sup>Marinha do Brasil - Ilha de Mocanguê Grande, s/nº, Ponta D'Areia, Niterói - RJ

<sup>6</sup>Instituto Militar de Engenharia (IME) - Praça Gen. Tibúrcio, nº 80, Praia Vermelha, Urca, Rio de Janeiro – RJ

[isaque.mestrado@gmail.com](mailto:isaque.mestrado@gmail.com), [costa\\_igor@id.uff.br](mailto:costa_igor@id.uff.br), [sergiomnmaeda@gmail.com](mailto:sergiomnmaeda@gmail.com), [cfs1@bol.com.br](mailto:cfs1@bol.com.br),  
[marcosdossantos\\_doutorado\\_uff@yahoo.com.br](mailto:marcosdossantos_doutorado_uff@yahoo.com.br), [thurcos91@gmail.com](mailto:thurcos91@gmail.com), [jvctor97@gmail.com](mailto:jvctor97@gmail.com)

### **RESUMO**

A Marinha do Brasil tem como missão principal controlar as áreas marítimas, negar o uso do mar ao inimigo e projetar o Poder Naval, defendendo, assim as Águas Jurisdicionais Brasileiras (AJB). Para isso, faz-se necessário uma força naval robusta que possibilite o cumprimento de sua missão. Portanto, este artigo tem por objetivo selecionar a cidade mais indicada para ser a sede da Segunda Esquadra da Marinha do Brasil. Foram comparadas possíveis cidades sedes, as quais já apresentam estrutura portuária pré-existente. Para o processo de tomada de decisão, foi utilizada uma modelagem híbrida, com o método (SAPEVO-M) para obtenção dos pesos dos critérios e o método VIKOR para a avaliação das alternativas. Para a composição do modelo, foram selecionados os critérios Distância para o Mar (KM), Largura da Saída (KM), Distância do Rio de Janeiro (MN), Infraestrutura para Reparos e Estado do mar (Escala). Após a aplicação dos métodos, a cidade de Belém foi considerada a cidade mais indicada para ser a sede da segunda esquadra.

**PALAVRAS-CHAVE:** SAPEVO-M, VIKOR, Marinha do Brasil, Tomada de decisão, Multicritério.

### **ABSTRACT**

The Brazilian Navy's main mission is to control maritime areas, deny the use of the sea to the enemy and design the Naval Power, thus defending brazilian jurisdictional waters. For this, a robust naval force is needed to enable the fulfillment of its mission. Therefore, this article aims to select the most suitable city to be the headquarters of the Second Squadron of the Brazilian Navy. Possible host cities were compared, which already have a pre-existing port structure. For the decision-making process, a hybrid modeling was used, with the SAPEVO-M method to obtain the weights of the criteria and the VIKOR method for the evaluation of alternatives. For the composition of the model, the criteria were selected: Distance to the Sea (KM), Width of Exit (KM), Distance from Rio de Janeiro (MN), Infrastructure for Repairs and State of the Sea (Scale). After the application of the methods, Belém was considered the most suitable city to be the headquarters of the second fleet.

**KEYWORDS:** SAPEVO-M, VIKOR, Brazilian Navy, Decision Making, Multicriteria.

## 1. INTRODUÇÃO

A Estratégia Nacional de Defesa (END), promulgada em 2008 e atualizada em 2012, de modo a garantir a segurança do país tanto em tempo de paz, quanto em situações de crise, estabelece diretrizes para a adequada preparação e capacitação das Forças Armadas Brasileiras (FFAA).

A END foi desenvolvida, também, para atender às necessidades de equipamento dos Comandos Militares, reorganizando a indústria de defesa para que as tecnologias mais avançadas estejam sob domínio nacional e instituindo ações estratégicas de médio e longo prazo objetivando a modernização da estrutura nacional de defesa. (Brasil, 2012).

A natural vocação marítima brasileira é respaldada pelo seu extenso litoral, hidrovias, pela magnitude do seu comércio marítimo e pela incontestável importância estratégica e econômica do Atlântico Sul, o qual acolhe a “Amazônia Azul”, área que incorpora elevado potencial de recursos vivos e não vivos, como as maiores reservas de petróleo e gás natural do Brasil. Os oceanos também são importantes condicionadores climáticos, além de servirem de berço para cabos submarinos, cujo tráfego de dados é responsável por praticamente toda a comunicação do País com o mundo (Marinha do Brasil, 2019).

O Poder Naval deve possuir capacidade e credibilidade suficientes para dissuadir eventuais forças adversas de conduzirem ações hostis nas AJB. A ação de presença de unidades navais no Atlântico Sul, onde se insere a “Amazônia Azul”, e nos rios das bacias Amazônica e Paraguai-Paraná será fator essencial para o fortalecimento dessa dissuasão. Assim, a Força deve estar preparada, tanto para atuar numa crise interestatal, como para fiscalizar e reprimir a atuação de grupos adversos praticando atividades ilegais nas AJB (Marinha do Brasil, 2019).

Ao longo dos últimos anos, muito se tem discutido sobre a constituição da chamada Segunda Esquadra, apoiada por uma Base Naval capaz de atender às necessidades logísticas decorrentes. Inúmeras são as razões que justificam uma maior presença do Poder Naval Brasileiro na Amazônia Azul (Leal Ferreira, 2019).

Com o levantamento de alguns pontos da história das guerras por todo o globo, há a necessidade de se observar algumas dificuldades que o Brasil possa vir a enfrentar caso haja um conflito armado. Um ponto importante é a possibilidade de ser realizado, por meios (navios/submarinos) inimigos, uma barragem ou bloqueio de saída para o mar. Como o Brasil possui apenas uma sede da esquadra – o Rio de Janeiro -, o país poderia passar por sérios problemas devido à falta de uma Segunda Esquadra.

Outro ponto importante, de grande valia para a sociedade, que justifica a Segunda Esquadra, se dá pela necessidade de patrulhas e inspeções navais, garantindo a soberania nacional em toda a Amazônia Azul.

De acordo com Leal Ferreira (2019), ex-Comandante da Marinha, as restrições orçamentárias por demais conhecidas e a necessidade de priorizar a construção dos submarinos e corvetas, meios essenciais ao Poder Naval, levaram ao postergamento dos projetos da Segunda Esquadra e da sua Base Naval.

No estudo proposto pelos autores deste artigo, serão analisadas localidades distribuídas por, praticamente, toda área navegável do território brasileiro como possíveis sedes para a Segunda Esquadra.

No processo para a tomada da decisão, a Engenharia de Produção se torna um mecanismo fundamental no assessoramento dos gestores (Santos *et al.*, 2019). Segundo Teixeira *et al.* (2019), dentro desta 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.

Para Cinelli *et al.* (2020), uma característica relevante para um método de apoio à tomada de decisão é a disponibilidade de um software que implemente o método, bem como sua representação gráfica e exploração dos resultados. Considerando a estrutura do problema proposto e a disponibilidade de softwares, neste artigo será utilizada uma modelagem híbrida composta pelo método SAPEVO-M para a obtenção dos pesos dos critérios e método VIKOR para a avaliação das alternativas.

Levando em consideração que o país passa por uma séria restrição orçamentária, serão avaliadas apenas cidades que já possuem uma estrutura de Base naval previamente estabelecida, tendo em vista que a construção de um complexo de manutenção de grande porte requer uma vultosa quantia aos cofres públicas.

## 2. ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

De acordo com Bandeira *et al.* (2018) os métodos de estruturação de problemas (PSM – *Problem Structuring Methods*) constituem uma das etapas do processo de tomada de decisão que tem como objetivo organizar assuntos, questões e/ou dilemas para os quais se buscam proposições de decisões, inicialmente; e não resolvê-los a priori. Segundo Rosenhead e Mingers (2001), essa forma de estruturação de problemas é amplamente aceita na PO e no movimento de sistemas para o entendimento e estruturação de problemas complexos.

Para Santos (2018), todo modelo só tem validade dentro de um determinado contexto gerencial, que, além de levar em consideração as especificidades da organização estudada, também possui uma validade “espaço-temporal”.

Dentre os PSM mais utilizados, neste artigo será usada a *Soft Systems Methodology* (SSM). Desenvolvida por Checkland (1981), a SSM tem sido explorada em uma variedade de campos de pesquisa, bem como serve a interesses práticos igualmente diversos.

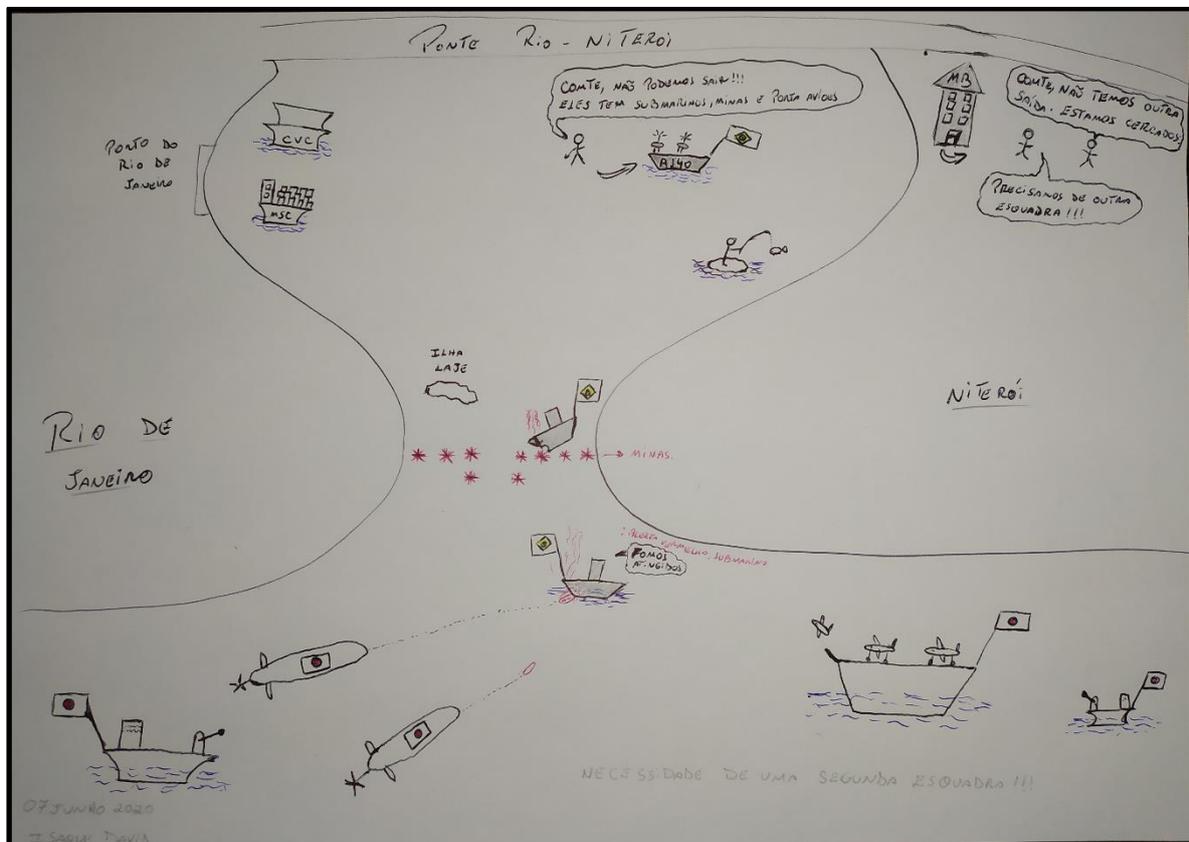
A SSM apresenta sete estágios de aplicação (Checkland, 1981), dos quais dois serão abordados neste artigo para a estruturação do problema:

- 1 - Explorar uma situação problemática não estruturada; e
- 2 - Expressá-la mediante confecção de uma figura rica.

No primeiro estágio, foi utilizada a técnica de brainstorming pelos autores, para demonstrar as percepções do grupo sobre todas as informações possíveis, sem interferências ou julgamentos para definir o problema. No segundo estágio, foi construída uma figura rica (figura 1), a fim de expressar todos os aspectos relevantes do problema.

A figura rica é uma simples ferramenta de SSM, extremamente útil para abrir a discussão em torno das percepções individuais em direção a uma visão ampla sobre as diferentes questões que afetam a situação. São criadas de forma livre e não estruturada para capturar a interpretação dos participantes de uma situação real (Checkland, 1981; Rose, 1997).

**Fig. 1.** Figura rica, intitulada "NECESSIDADE DE UMA SEGUNDA ESQUADRA".



**Fonte:** Autores (2020).

A figura rica mostra que a Esquadra da Marinha do Brasil encontra-se sediada no interior da Baía de Guanabara, onde também se encontra o Porto do Rio de Janeiro. Esse fato fragiliza a Defesa Nacional uma vez que há a possibilidade de ser realizado, por meios (navios/submarinos/minas) inimigos, uma barragem ou bloqueio da única saída para o mar. Essa é considerada uma movimentação Política e Estratégica que pode levar o Brasil a passar por problemas severos, caso esse possível bloqueio ocorra e perdure por algum tempo.

Após a análise da figura rica e consulta a três oficiais da Marinha do Brasil com mais de 20 anos de serviço ativo, foram estabelecidos cinco critérios: Distância para o Mar (KM), Largura da Saída (KM), Distância do Rio de Janeiro pelo mar (MN), Infraestrutura para Reparos e Estado do mar (Escala).

Além disso, foram estabelecidas as alternativas de cidades a serem estabelecidas como sede da segunda esquadra, todas com estrutura de base naval previamente estabelecida: Salvador/BA, Natal/RN, Rio Grande/RS, Ladário/MS, Belém/PA e Manaus/AM.

## 2.1 APRESENTAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Os cinco critérios escolhidos para compor o modelo são os seguintes:

I - Distância para o Mar (KM): Foi considerado como sendo a distância aproximada das Organizações Militares já existentes, que poderiam ser reformuladas a fim de tornar-se a provável Segunda Esquadra, até o ponto onde se considera a maior área livre para manobra dos meios navais.

II - Largura da Saída (KM): A largura da saída para o mar é essencial, uma vez que quanto menor a saída, maior será a probabilidade de se aplicar algum tipo de barreira ou bloqueio para que não se possa ter acesso ao mar. Além disso, uma maior largura de entrada/saída permite o acesso a navios de maior porte à futura sede da segunda esquadra.

III - Distância do Rio de Janeiro (MN): Tendo em vista que o litoral brasileiro é consideravelmente extenso, e levando em consideração a existência de uma esquadra no Rio de Janeiro, quanto mais afastado essa Segunda Esquadra for, melhor será para uma maior área de atuação em relação a proteção de toda a costa Brasileira.

IV - Infraestrutura para Reparos: Foi considerada como sendo oferta de mão de obra especializada e de bases voltadas para reparos dos navios que serão lotados na segunda esquadra.

V - Estado do mar (Escala): Considerado como sendo a condição geral das ondas oceânicas numa determinada localidade e momento. O estado do mar é caracterizado por estatísticas, que incluem altura de onda, frequência e densidade espectral. Neste artigo, os dados referentes ao estado do mar foram retirados da página oficial do Centro de Hidrografia da Marinha (2020), mediante a Escala Douglas do Estado do Mar.

## 2.2 APRESENTAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Após o estabelecimento dos critérios, e buscando avaliar cidades com infraestrutura previamente estabelecida, distribuídas ao longo do litoral brasileiro, foram selecionadas seis cidades para compor o modelo: Salvador – BA, Natal – RN, Rio Grande – RS, Ladário – MS, Belém – PA e Manaus – AM.

A Tabela 1 apresenta os atributos das cidades em cada critério.

**Tabela 1.** Dados das cidades avaliadas.

Critério	Característica	Salvador/ BA	Natal/ RN	Rio Grande/ RS	Ladário/ MS	Belém/ PA	Manaus/ AM
Distância para o Mar (KM)	1º saída	1,7	5,5	18	Sem acesso	100	Sem acesso
	2º saída	25	-	-	-	130	-
Largura da Saída (Mts)	1º saída	450	200	500	200	1200	1500
	2º saída	9000	-	-	-	1500	-
Distância do RJ por Mar (MN)	Em Milhas Nauticas (MN)	745	1233	755	-	2218	-
Infraestrutura	Base Naval + Estrutura da cidade	4	3	1	2	2	2
Estado do Mar	Escala Douglas de Estado do Mar	2	2	5	1	1	1

**Fonte:** Autores (2020).

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão descritos os métodos SAPEVO-M e VIKOR, que serão utilizados em uma modelagem híbrida como ferramentas de apoio à tomada de decisão.

#### 3.1 O MÉTODO SAPEVO-M

De um modo geral, o resultado pretendido em determinado problema de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) pode ser identificado entre quatro tipos de problemática de referência, descritas por Gomes e Gomes (2019) como:

I - Problemática  $P.\alpha$  – visa esclarecer a decisão pela escolha de um subconjunto de alternativas o mais restrito possível. Portanto, o resultado pretendido é uma escolha;

II - Problemática  $P.\beta$  – visa esclarecer a decisão por uma triagem resultante da alocação de cada alternativa a uma classe (ou categoria). Portanto, o resultado pretendido é uma ação de classificação;

III - Problemática  $P.\gamma$  – visa esclarecer a decisão por uma organização obtida pelo reagrupamento de parte ou de todas as ações em classes de equivalência, que são ordenadas de modo parcial ou completo, conforme as preferências do(s) decisor(es). Portanto, o resultado pretendido é um procedimento de ordenação ou ranking;

IV - Problemática  $P.\delta$  – visa esclarecer a decisão por uma descrição das ações e de suas consequências. Portanto, o resultado pretendido é um procedimento cognitivo ou uma descrição.

O método SAPEVO-M (*Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors - Multi Decision Makers*) representa uma nova versão do método de AMD ordinal SAPEVO, proposto inicialmente por Gomes, Mury e Gomes (1997), para problemas especialmente do tipo  $P.\gamma$ . Segundo Teixeira *et al.* (2019), essa evolução da versão original estendeu o emprego do método para múltiplos decisores.

O método SAPEVO desdobra o problema decisório a partir de três etapas básicas (L. F. H. de S. de B. Teixeira, Santos, *et al.*, 2019), quais sejam:

- 1º. Transforma as preferências ordinais dos critérios em um vetor de pesos de critérios;
- 2º. Transforma as preferências ordinais de alternativas para um dado conjunto de critérios de classificação em pesos parciais de alternativas e;
- 3º. Determina os pesos globais das alternativas.

O método tem sido aplicado em diversas áreas, como em Santos *et al.* (2019) na seleção de equipamentos para uma panificadora e em Greco *et al.* (2019) na seleção de um navio de desembarque de tropa para a armada Argentina.

### 3.1.1 SISTEMA COMPUTACIONAL SAPEVOWEB

O sistema SapevoWeb 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) (Teixeira *et al.*, 2019).

O código do SapevoWeb foi desenvolvido na linguagem Python, pelo uso do framework Django, e HTML por Teixeira, Santos e Gomes (2018). O programa permite a inclusão de um número inteiro suficientemente grande de decisores, critérios e alternativas, limitado apenas pela capacidade de processamento do servidor.

A ferramenta pode ser acessada em [www.sapevoweb.com](http://www.sapevoweb.com) (Teixeira *et al.*, 2019).

### 3.2 O MÉTODO VIKOR

O Método *ViseKriterijumska Optimizacija i Kompromisno Resenje* (VIKOR) foi desenvolvido como um método de programação de compromisso, com o objetivo de determinar um ranking com pesos de um conjunto de alternativas (Duckstein & Opricovic, 1980). Para se observar este peso que dá medida ao ranking devem-se seguir alguns passos (Opricovic & Tzeng, 2004, 2002), tais como:

Passo 1: Determinar os maiores valores  $f_i^*$  e os menores valores  $f_i^-$  de todas as alternativas em cada critério,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

$$f_i^* = \max_j f_{ij}$$

$$f_i^- = \min_j f_{ij}$$

Onde  $f_i^*$  = maior valor apresentado pelas alternativas em cada critério;

$f_i^-$  = menor valor apresentado pelas alternativas em cada critério; e

$f_{ij}$  = o valor da alternativa em determinado critério.

Passo 2: Calcular os valores S (grupo de utilidade máxima) (1) e R (peso individual mínimo) (2), com  $j = 1, 2, \dots, j$ , nas relações, em que  $W_i$  são os pesos dos critérios.

$$S_j = \frac{\sum_{i=1}^n W_i (f_i^* - f_i^-)}{(f_i^* - f_i^-)} \quad 1)$$

$$R_j = \max_j \left( \frac{\sum_{i=1}^n W_i (f_i^* - f_i^-)}{(f_i^* - f_i^-)} \right) \quad 2)$$

$S_j$ : grupo de utilidade máxima da alternativa  $j$ ;

$W_i$ : pesos dos critérios obtidos por meio do cálculo da entropia;

$R_j$ : peso individual mínimo da alternativa  $j$ .

Passo 3: Calcular os valores de  $Q_j$  (3), com  $j = 1, 2, \dots, j$ , mediante a relação em que  $S^* = \min_j S_j$ ,  $S^- = \max_j S_j$  e  $R^* = \min_j R_j$ ,  $R^- = \max_j R_j$ . O parâmetro  $v$  é introduzido como peso de estratégia geralmente utilizado como  $v = 0,5$ .

$$Q_j = \frac{v(S_j - S^*)}{(S^- - S^*)} + \frac{(1 - v)(R_j - R^*)}{(R^- - R^*)} \quad 3)$$

Onde  $v = 0,5$  e  $Q_j$  é o score final da alternativa  $j$ ;

Passo 4: Classificar as alternativas de forma decrescente, pelos valores obtidos por  $S$ ,  $R$  e  $Q$ . Os resultados são três listas de classificação. Contudo, podem-se considerar apenas os valores obtidos por  $Q$ .

Passo 5: Estabelecido o “Ranking” sobre os valores decrescentes de  $Q_i$ , segue-se a análise sobre as verificações das condições de estabilidade  $C_1$  e  $C_2$ , que são obtidas mediante as seguintes equações (4) (5):

$C_1$  – Diferença/vantagem aceitável:

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ \quad 4)$$

Onde  $DQ = \frac{1}{j-1}$  e  $j$  é o número de alternativas.

$C_2$  – Estabilidade aceitável na tomada de decisão:  $A_1$  deverá ser a melhor classificada em  $S$  e/ou  $R$ .

Se uma das condições ( $C_1$  e  $C_2$ ) não for satisfeita, então um cluster de soluções de compromisso é proposto, que consiste em:

Alternativas  $A_1$  e  $A_2$ , se apenas  $C_2$  não é satisfeita; ou

Alternativas  $A_1, A_2, \dots, A_M$ , se apenas a condição  $C_1$  não é satisfeita;  $A_M$  é determinada para o máximo valor de  $M$  que satisfaça a equação (5):

$$Q(A_M) - Q(A_1) < DQ \quad 5)$$

#### 4. APLICAÇÃO DOS MÉTODOS SAPEVO-M E VIKOR

Primeiramente, será aplicado o método SAPEVO-M para obtenção dos pesos dos critérios, por meio do software SapevoWeb (2018). Logo após, utilizando o método VIKOR, mediante o software (Vikor, 2020) será obtida a classificação das cidades e realizada verificação das condições de estabilidade.

##### 4.1 INSERÇÃO DOS DECISORES, ALTERNATIVAS E CRITÉRIOS

Foram convidados três oficiais da Marinha, com mais de 20 anos de experiência no serviço ativo, que já exerceram a função de Comandantes de Navios, para avaliarem os critérios que compõem o modelo (Fig. 2).

**Fig. 2.** Inserção dos decisores na plataforma SapevoWeb.

## Projeto Segunda Esquadra

---

### Cadastrar Decisor

Nome:

---

**Decisores**

Comte 1

Comte 2

  
CASNAV

  
IME

  
UFF

**Fonte:** Autores (2020).

O segundo passo é inserir as cidades que compõem as alternativas do problema (

Fig. 3).

**Fig. 3.** Inserção das alternativas.

## Projeto Segunda Esquadra

### Cadastrar Alternativas

Nome:

#### Alternativas

Salvador/BA

Natal/RN

Rio Grande/RS

Ladário/MS

Belém/PA



Fonte: Autores (2020).

O passo seguinte é cadastrar os critérios de comparação, conforme a Fig. 4.

**Fig. 4.** Inserção dos critérios de avaliação.

## Projeto Segunda Esquadra

### Cadastrar Critério

Nome:

#### Critérios

DISTÂNCIA PARA O MAR

LARGURA DA SAÍDA

DISTÂNCIA RJ POR MAR

INFRAESTRUTURA REPAR



Fonte: Autores (2020).

## 4.2 AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Após cadastrar os decisores (DM), critérios e alternativas das cidades, os DM avaliarão, um a um, a importância dos critérios e das alternativas, conforme a Fig. 5.

**Fig. 5.** Avaliação paritária dos critérios pelo decisor 1

**Projeto Segunda Esquadra**

**Avaliar Critérios**

Qual é o decisor? Comte 1

**DISTÂNCIA PARA O MAR VS LARGURA DA SAÍDA**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**DISTÂNCIA PARA O MAR VS DISTÂNCIA RJ POR MAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**DISTÂNCIA PARA O MAR VS INFRAESTRUTURA REPAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**DISTÂNCIA PARA O MAR VS ESTADO DO MAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**LARGURA DA SAÍDA VS DISTÂNCIA RJ POR MAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**LARGURA DA SAÍDA VS INFRAESTRUTURA REPAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**LARGURA DA SAÍDA VS ESTADO DO MAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**DISTÂNCIA RJ POR MAR VS INFRAESTRUTURA REPAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**DISTÂNCIA RJ POR MAR VS ESTADO DO MAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

**INFRAESTRUTURA REPAR VS ESTADO DO MAR**  
 Absolutamente Pior  Muito Pior  Pior  Equivalente  Melhor  Muito melhor  Absolutamente melhor

Avaliar

**Fonte:** Autores (2020).

Ressalta-se como deve ser feita a comparação, sempre avaliando o atributo da esquerda em relação ao da direita. Por exemplo, na primeira avaliação da Fig. 5, o DM “Comte 1” considerou o critério “DISTÂNCIA PARA O MAR” pior que o critério “LARGURA DA SAÍDA”.

#### 4.3 OBTENÇÃO DOS PESOS DOS CRITÉRIOS

Após avaliação par a par dos critérios escolhidos pelos três Oficiais da Marinha, obtém-se os pesos dos critérios, conforme a Tabela 2. Pesos dos critérios, obtidos mediante aplicação do método SAPEVO-M.

**Tabela 2.** Pesos dos critérios, obtidos mediante aplicação do método SAPEVO-M.

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>
DISTÂNCIA PARA O MAR	1,4185
LARGURA DA SAÍDA	2,9473
DISTÂNCIA DO RJ POR MAR	1,4135
INFRAESTRUTURA PARA REPAROS	2,6040
ESTADO DO MAR	0,0131

**Fonte:** Autores (2020).

Analisando os pesos dos critérios, observa-se que a largura da saída foi o critério que obteve o maior peso na avaliação, seguido da infraestrutura para reparos. Já o estado do mar foi considerado o menos importante pelos decisores.

Teixeira *et al.* (2019) afirmam o software SapevoWeb permite conhecer o quanto uma alternativa e/ou critério ficou melhor ordenado, relativamente a outra, passando uma informação adicional ao tomador de decisão. Em outras palavras, isso significa que o critério

largura da saída (Peso 2,9473) foi considerado cerca de 2 vezes melhor ou mais importante que os critérios distância do RJ por mar e distância para o mar.

#### 4.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO VIKOR

A partir da matriz de decisão demonstrada na Tabela 3 e incluindo o vetor de pesos Tabela 2, adquiridos pelo Método Sapevo-M, é necessário determinar o melhor valor  $f_i^*$  e o pior valor  $f_i^-$  de cada critério:

**Tabela 3.** Matriz decisão dos critérios com seus respectivos pesos e os valores de  $f_i^*$  e  $f_i^-$ .

Custo/Lucro	Custo	Lucro	Lucro	Lucro	Custo
Pesos	1,4185	2,9473	1,4135	2,6040	0,0131
	Distância para o mar	Largura da saída	Distância do RJ por mar	Infraestrutura para reparos	Estado do mar
Salvador/BA	27	450	745	4	2
Natal/RN	5,5	200	1233	3	2
Rio Grande/RS	18	500	755	1	5
Ladário/MS	10000	200	0	2	1
Belém/PA	100	1200	2218	2	1
Manaus/AM	10000	1500	0	2	1
$f_i^*$	5,5	1500	2218	4	1
$f_i^-$	10000	200	745	1	5

**Fonte:** Autores (2020).

Ressalta-se a diferenciação entre os critérios monotônicos de custo (quanto menor, melhor) – Distância para o mar e estado do mar - e lucro (Quanto maior, melhor) – Largura da saída para o mar, Infraestrutura para reparos e distância do RJ por mar.

##### 4.4.1 OBTENÇÃO DE $S_i$ e $R_i$

Após a aplicação das equações 1 e 2, obtém-se a Tabela 4.

**Tabela 4.** Matriz decisão normalizada e obtenção de  $S_i$  e  $R_i$ .

	Distância para o mar	Largura da saída	Distância do RJ por mar	Infraestrutura para reparos	Estado do mar	$S_i$	$R_i$
Salvador/BA	0,0031	2,3805	0,9387	0,0000	0,0033	<b>3,3256</b>	<b>2,3805</b>
Natal/RN	0,0000	2,9473	0,6373	0,8680	0,0033	<b>4,4559</b>	<b>2,9473</b>
Rio Grande/RS	0,0018	2,2672	0,9323	2,6040	0,0131	<b>5,8184</b>	<b>2,6040</b>
Ladário/MS	1,4185	2,9473	1,4135	1,7360	0,0000	<b>7,5153</b>	<b>2,9473</b>
Belém/PA	0,0134	0,6801	0,0000	1,7360	0,0000	<b>2,4295</b>	<b>1,7360</b>
Manaus/AM	1,4185	0,0000	1,4135	1,7360	0,0000	<b>4,568</b>	<b>1,7360</b>

**Fonte:** Autores (2020).

Observa-se que a cidade do Ladário obteve o maior valor de  $S_i$ , enquanto Belém apresentou o menor valor neste parâmetro. Já em relação ao parâmetro  $R_i$ , observa-se que Belém

e Manaus obtiveram os menores valores, ao passo que Rio Grande e Natal apresentaram as maiores notas.

#### 4.4.2 OBTENÇÃO DE $Q_i$ . E ORDENAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Aplicando a equação 3, obtém-se a Tabela 5.

**Tabela 5.** Obtenção de  $Q_i$ .

	$S_i$	$R_i$	$Q_i$
Salvador/BA	3,3256	2,3805	<b>0,3541</b>
Natal/RN	4,4559	2,9473	<b>0,6992</b>
Rio Grande/RS	5,8184	2,6040	<b>0,6915</b>
Ladário/MS	7,5153	2,9473	<b>1,0000</b>
Belém/PA	2,4295	1,7360	<b>0,0000</b>
Manaus/AM	4,568	1,7360	<b>0,2102</b>
$S^*, R^*$	2,4295	1,7360	
$S^-, R^-$	7,5153	2,9473	

**Fonte:** Autores (2020).

A partir dos dados obtidos, é feita a ordenação decrescente, pelos valores de S, R e Q. Para tanto, os resultados compõem três listas de classificação, podendo-se considerar apenas os valores de Q, como demonstrado na Tabela 6.

**Tabela 6.** Ordenação das alternativas.

	$S_i$	$R_i$	$Q_i$	Ranking
Salvador/BA	3,3256	2,3805	0,3541	3
Natal/RN	4,4559	2,9473	0,6992	5
Rio Grande/RS	5,8184	2,6040	0,6915	4
Ladário/MS	7,5153	2,9473	1,0000	6
Belém/PA	2,4295	1,7360	0,0000	1
Manaus/AM	4,568	1,7360	0,2102	2

**Fonte:** Autores (2020).

Analisando a classificação das cidades, observa-se que a mais bem avaliada pelos métodos foi a cidade de Belém/PA, que obteve o menor valor de Q.

#### 4.5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após o estabelecimento da classificação das alternativas, deve-se verificar as condições de estabilidade. Analisando primeiramente a condição  $C_1$  - Diferença/vantagem aceitável -, aplicando a equação 4, obtém-se DQ igual a 0,2.

A diferença entre a segunda colocada (Manaus) e a primeira (Belém) deve ser maior ou igual a DQ para que essa condição seja satisfeita:

$$Q(A_2) - Q(A_1) = 0,2102 - 0,0000 = 0,2102.$$

Portanto, a Condição  $C_1$  é satisfeita, pois  $0,2102 \geq 0,2$ .

Para a condição  $C_2$  deve-se verificar se a alternativa melhor classificada também apresenta os melhores índices para R e/ou S. Observa-se que Belém, além de ser a melhor alternativa analisando Q, apresenta os menores valores em R e S, satisfazendo também a condição de estabilidade  $C_2$ .

Como as duas condições foram satisfeitas, Belém pode ser considerada como a cidade mais indicada para ser a sede da Segunda Esquadra Brasileira.

Analisando a Tabela 4, que apresenta os valores normalizados das alternativas em cada critério, observa-se que as duas primeiras colocadas na análise proposta (Belém e Manaus) apresentam o melhor desempenho (nota 0) em dois critérios, o que justifica suas melhores classificações em detrimento às demais.

A cidade de Manaus apresenta a melhor nota no critério com maior peso (largura da saída para o mar), porém obteve o pior desempenho nos critérios distância para o mar e distância do RJ por mar. Já a cidade de Belém, obteve o segundo melhor desempenho na análise da largura da saída para o mar e o melhor desempenho nos critérios estado do mar e distância do RJ por mar, além de apresentar regularidade nos demais critérios, o que corrobora com sua escolha.

## 5. CONCLUSÕES

A aplicação do método SAPEVO-M considerou a avaliação de três especialistas diferentes, e possibilitou a obtenção dos valores dos pesos dos critérios levando em consideração a opinião de cada um deles, tornando a análise mais robusta e confiável. Tendo em vista que o objetivo do artigo é selecionar uma sede para a Segunda Esquadra brasileira, o método mostrou-se bastante eficiente, uma vez que os critérios que obtiveram os maiores pesos realmente revestem-se de elevada importância para cumprimento da missão da cidade a ser escolhida como a sede.

Com relação à aplicação do método VIKOR, observou-se que os resultados obtidos apresentaram um embasamento consistente, com encadeamento lógico facilmente verificável, uma vez que as cidades com melhores classificações apresentaram os melhores desempenhos nos critérios de maior importância. Além disso, a verificação das condições de vantagem aceitável e de estabilidade tornaram a análise de resultados mais confiável e segura, fornecendo ao tomador de decisão informações extremamente relevantes para a tomada de decisão.

Em face ao exposto, ficou claro que a utilização conjunta dos métodos SAPEVO-M e VIKOR pode ser utilizada para resolução de problemas complexos dos mais variados tipos, sendo assim uma junção de métodos de grande utilidade para a contribuição da tomada de decisão, tendo em vista que leva em consideração a avaliação de diversos critérios feita por múltiplos decisores, além de possibilitar uma análise rica e robusta dos resultados obtidos, o que torna o processo decisório mais transparente e confiável.

Ressalta-se também que, por existirem softwares disponibilizados na web, inclusive de forma gratuita, as aplicações dos métodos foram facilitadas sobremaneira, uma vez que suas axiomáticas envolvem cálculos muitas vezes complexos e longos, o que torna a implementação

em um software, que facilita a utilização dos métodos, um fator determinante para a difusão dessa modelagem.

Por fim, os trabalhos futuros poderiam abordar análises comparativas entre cidades onde não existem bases pré-estruturadas, observando, inclusive, outros critérios como facilidade de acesso, custo e área disponível para construção de um complexo naval.

## REFERÊNCIAS

Bandeira, M. C. G. S. P., Mattos, R. I., Belderrain, M. C. N., Correia, A. R., & Kleba, J. B. (2018). *Modelo de negócio em uma comunidade agrícola: Aplicação de Soft Systems Methodology e Strategic Choice Approach*.

Brasil. (2012). *Estratégia Nacional de Defesa (END)*. Disponível Em: [Http://Www.Defesanet.Com.Br/Defesa/Noticia/32308/END---Estrategia-Nacional-de-Defesa/](http://www.defesanet.com.br/Defesa/Noticia/32308/END---Estrategia-Nacional-de-Defesa/).

Checkland, P. B. (1981). *Systems Theory. Systems Practice*.

Cinelli, M., Kadziński, M., Gonzalez, M., & Słowiński, R. (2020). How to Support the Application of Multiple Criteria Decision Analysis? Let Us Start with a Comprehensive Taxonomy. *Omega*, 102261.

Duckstein, L., & Opricovic, S. (1980). Multiobjective optimization in river basin development. *Water Resources Research*, 16(1), 14–20.

Gomes, L., & Gomes, C. F. S. (2019). *Princípios e métodos para a tomada de decisão: Enfoque multicritério*. São Paulo: Atlas.

Gomes, L., Mury, A.-R., & Gomes, C. F. S. (1997). Multicriteria ranking with ordinal data. *Systems Analysis-Modelling-Simulation*, 27(2), 139–146.

Leal Ferreira, E. B. (2019). *A segunda esquadra, a Amazônia e o Atlântico Sul*. Bonifácio. Disponível Em: [Https://Bonifacio.Net.Br/a-Segunda-Esquadra-a-Amazonia-e-o-Atlantico-Sul/](https://bonifacio.net.br/a-segunda-esquadra-a-amazonia-e-o-atlantico-sul/). Acesso Em 23 de Junho de 2020.

Marinha. (2020). *Escala Douglas do Estado do Mar*. Centro de Hidrografia Da Marinha. Disponível Em: [Https://Www.Marinha.Mil.Br/Chm/Sites/Www.Marinha.Mil.Br.Chm/Files/U2035/Estado\\_do\\_mar.Pdf](https://www.marinha.mil.br/chm/sites/www.marinha.mil.br/chm/files/U2035/Estado_do_mar.pdf). Acesso Em: 23 de Junho de 2020.

Marinha do Brasil. (2019). *Política Naval*. Disponível Em < [Https://Www.Marinha.Mil.Br/Politicanaval](https://www.marinha.mil.br/politicanaval) > Acessado Em 18 de Junho de 2020.

Opricovic, S., & Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455.

Opricovic, S., & Tzeng, G. (2002). Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 17(3), 211–220.

Rose, J. (1997). Soft systems methodology as a social science research tool. *Systems Research and Behavioral Science: The Official Journal of the International Federation for Systems Research*, 14(4), 249–258.

Rosenhead, J., & Mingers, J. (2001). *Rational analysis for a problematic world revisited: Problem structuring methods for complexity, uncertainty and conflict*. Wiley Chichester.

Santos, M. dos. (2018). *Proposta de modelagem atuarial aplicada ao setor militar considerando influências econômicas e biométricas*. Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ.

Santos, M. dos, da Costa Martha, L., & dos Reis, M. F. (2019). Utilização do algoritmo branch and bound na otimização da produção de uma indústria de produtos plásticos. *Revista de Trabalhos Acadêmicos Lusófona*, 2(2), 217–237.

Teixeira, L. F. H. de S. de B., Ribeiro, P. C. C., Gomes, C. F. S., & Santos, M. dos. (2019). 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, 1–13.

Teixeira, L. F. H. de S. de B., Santos, M. dos, & Gomes, C. F. S. (2019). Proposta e implementação em python do método Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors-Multi Decision Makers: uma ferramenta web simples e intuitiva para Apoio à Decisão M. *Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística Da Marinha*, 19.

Teixeira, L. F. H. S. B., Santos, M. dos, & Gomes, C. F. S. (2018). *SapevoWeb Software (v.1)*, sob registro INPI: BR512020000667-1. Disponível Em: [Http: Www.Sapevoweb.Com](http://www.sapevoweb.com). Acesso Em 23/06/2020.

Vikor, S. (2020). *Vikor Software*. Disponível Em: [Http://Soft.Onlineoutput.Com/Vikor?Entry=%2FK7rpuRJ5TI14mDYRROxySKDaxLHA7dlp67mE18o2pg%3D](http://Soft.Onlineoutput.Com/Vikor?Entry=%2FK7rpuRJ5TI14mDYRROxySKDaxLHA7dlp67mE18o2pg%3D). Acessado Em 23 de Junho de 2020.