

ESCOLHA DE VIATURAS BLINDADAS SOBRE RODAS PARA O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS (CFN): UMA ANÁLISE A PARTIR DO MÉTODO DA PRIORIDADE OBSERVADA A PARTIR DA PRESUNÇÃO DE ATITUDE GAUSSIANA DAS ALTERNATIVAS (PrOPPAGA)

Felipe Barbosa dos Santos (IME) felipe.barbosa@ime.eb.br
Prof. Dr. Marcos dos Santos (IME) marcosdossantos@ime.eb.br - Orientador

Resumo

O emprego de viaturas blindadas em operações militares aumenta a mobilidade da tropa, possibilitando ao combatente anfíbio ter assegurado a aplicação de princípios basilares da guerra, como os da concentração, ofensiva e surpresa. Este artigo tem o propósito de subsidiar a escolha de uma viatura blindada sobre rodas para o Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) aplicando o método Prioridade Observada a Partir da Presunção de Atitude Gaussiana das Alternativas (PrOPPAGA) para tal. Com a aplicação do método, foi possível apontar uma, dentre quatro opções, como a mais adequada aos anseios do CFN. Tendo como contribuições para a sociedade a estruturação de subsídios para escolha de um meio operativo que impactará na Doutrina de Defesa do CFN, assegurando velocidade e poder de choque à tropa que vier a fazer uso do mesmo. O artigo contribui ainda, apresentando um método novo de Apoio Multicritério a Decisão (AMD), que foi validado a partir da comparação dos resultados obtidos com a aplicação dos métodos *Analytic Hierarchy Process (AHP)* e *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations II (PROMETHEE II)*, que são consagrados na literatura.

Palavras-Chaves: Viaturas blindadas, CFN, AMD, PrOPPAGA

1. Introdução

Por diversas razões, o emprego de Viaturas Blindadas de Transporte em Operações Anfíbias, Operações de Garantia da Lei e da Ordem (GLO), Missões de Paz e outras variadas ações dentro do amplo espectro das operações militares, deve ser criterioso. O tempo necessário para qualificação de pessoal, o custo do material e seu valor no poder relativo de combate são argumentos que devem ser seriamente considerados (BRASIL 2020). No entanto, as viaturas Blindadas aumentam a mobilidade da tropa, com proteção blindada, o que possibilita ao combatente anfíbio ter assegurada a aplicação de princípios de guerra, como os da concentração, ofensiva e surpresa. A velocidade e o efeito de choque resultantes do emprego de blindados contribuem para a redução das perdas e o sucesso das operações de natureza ofensiva.

A Marinha do Brasil vem iniciando o uso ferramentas AMD nos seus processos de tomada de Decisão, utilizando os mais diversos métodos para tal (MOREIRA *et al.* 2020; TENÓRIO *et al.* 2020; COSTA *et al.* 2020). Sendo assim, o presente artigo se propõe a utilizar o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) para a escolha de uma Viatura Blindada Multitarefa – Leve

sobre rodas (VBMT-LSR) que se enquadre nos requisitos do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN). O método desenvolvido para isto foi o PrOPPAGA, que para ser validado, terá seus resultados comparados com os resultados obtidos utilizando-se outros dois métodos consagrados na literatura. O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e o *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations II* (PROMETHEE II).

O artigo é apresentado da seguinte maneira: Uma introdução, seguida da descrição do problema. Após isto, segue-se a fundamentação teórica para a utilização dos métodos, depois é apresentada uma proposta de solução seguida por uma Discussão dos Resultados e, finalmente, as Considerações Finais.

2. Descrição do problema

A baixa incidência de conflitos armados regionais na América do Sul, especialmente no século XX, cria um perigoso sentimento de proteção e leva a mal-entendidos sobre os elementos de segurança em diversos agentes públicos nacionais (VIOLANTE *et al.* 2020). No entanto, pudemos observar no decorrer da história do CFN, o seu emprego em diversas e inúmeras operações, dentre elas ressaltam-se sua atuação no Haiti, sob égide da Organização das Nações Unidas (ONU) e suas atuações, no território nacional, em operações de GLO.

Figura 1 - Viaturas analisadas



Fonte: Sítio tecnodefesa.com.br. Superior esquerdo, Viatura 1; Superior direito, Viatura 2; Inferior esquerdo, Viatura 3; Inferior direito, Viatura 4.

A área de uma operação de GLO impõe condições adversas ao combatente, colocando em risco a integridade dos militares em ruas estreitas, vielas que, por vezes, não permitem o uso das

viaturas blindadas presente no acervo do CFN, sendo necessária a utilização de viaturas blindadas menores e mais leves, porém mantendo sua capacidade de impor ação de choque.

Para realizar o estudo proposto são analisadas quatro VBMT-LSR (Figura 1), que foram apresentadas para concorrer ao programa de seleção de um modelo de Viatura Blindada Multitarefa – Leve sobre Rodas no Projeto Estratégico Guarani do Exército Brasileiro (EB). São elas: IVECO LMV (Viatura 1), o AVIBRÁS – Tupi (Viatura 2), BAE *Systems Land Systems South Africa* - RG32M LTV (Viatura 3) e AM *General and Plasan* – MLTV BR (Viatura 4). A Tabela 1 apresenta as características de cada uma delas.

Tabela 1- Características das viaturas

Características	Viatura 1	Viatura 2	Viatura 3	Viatura 4
Relação potência / peso (cv/ton)	26,37	29,92	28,2	45
Altura (m)	2,12	2,13	2,2	2,09
Largura (m)	2,43	2,2	2,21	2,39
Comprimento (m)	5,43	4,79	5,99	4,93
Massa (kg)	8152	6350	8100	6000
Capacidade de carga (kg)	1400	1000	1400	1500
Número de Militares	5	5	5	4
Proteção Balística	Nível 2	Nível 2	Nível 2	Nível 2
Proteção anti-minas	Nível 3	Nível 2	Nível 2	Nível 3
Velocidade Máxima (km/h)	100	114	110	120
Velocidade Mínima (km/h)	3	2,13	2,5	10
Rampa Longitudinal Máxima (%)	60	60	60	60
Rampa Lateral Máxima (%)	40	30	30	30
Degrau Máximo (mm)	400	350	400	340
Raio de giro (mm)	7200	7420	8250	7790
Vau máximo (mm)	800	800	800	760
Autonomia (km)	800	630	600	480

Fonte: Exército brasileiro – Os níveis de blindagem para proteção balística e anti-minas são definidos pela Organização do Tratado do Atlântico Norte

O CFN e o EB tem tarefas distintas para atingir o propósito de garantia de soberania nacional, dos poderes constitucionais, da lei e da ordem (BRASIL 2008). Desta forma, não se pode estranhar que, devido suas diferenças de emprego, possuam meios distintos. O CFN precisa de uma viatura que se adeque aos meios de desembarque da MB e resista a salinidade do mar, pois seu emprego, eventualmente, envolve desembarque em praias. Estas restrições não, necessariamente, se aplicam às viaturas utilizadas pelo EB. Por isso, a análise das quatro viaturas feitas por especialistas do CFN pode ser diferente da análise feita por especialistas do

EB, e por consequência, a opção feita por cada força pode divergir. Neste contexto, este artigo busca apresentar uma solução que atenda às demandas do CFN.

3. Fundamentação teórica

As alternativas estão na base da nossa vida pessoal e profissional. Elas incluem, por exemplo, diferentes opções de estratégias de marketing; candidatos para uma determinada vaga; fornecedores de matéria prima; enfim, a lista de alternativas com as quais lidamos diariamente é interminável (CINELLI *et al.* 2020). Neste contexto, saber como estruturar o processo de tomada de decisão se torna imprescindível para que uma equipe se sinta recompensada em participar deste processo, onde todos sabem o que estão fazendo, por que estão fazendo e como o desempenho será medido (BARRAGER 2016). Uma das primeiras etapas do processo de tomada de decisão compreende os métodos de estruturação de problemas (PSM, do inglês *Problem Structuring Methods*), que buscam organizar temas e perguntas para os quais são inicialmente elaboradas propostas de decisão (BANDEIRA *et al.* 2019).

Também é sabido que quando se efetuam repetidas mensurações de determinada grandeza com um aparelho equilibrado, não se chega ao mesmo resultado todas as vezes; obtém-se, ao contrário, um conjunto de valores que oscilam, de modo aproximadamente simétrico, em torno do verdadeiro valor. Construindo-se o histograma desses valores, obtém-se uma figura com forma aproximadamente simétrica (CORREA 2003). Gauss observou este fenômeno e o denominou de “lei normal dos erros”. A curva foi batizada de Curva Gaussiana em homenagem ao seu ilustre observador.

Inicialmente, acreditava-se que todos os fenômenos da vida real deveriam se ajustar à esta curva. Hoje, sabemos que existem inúmeros fenômenos que observam outro tipo de distribuição. No entanto, a distribuição Gaussiana pode ser usada como uma boa aproximação para outras distribuições(CAIRE 2013).

Via de regra, em problemas com multicritérios, quanto mais simples a ferramenta analítica, melhor (RAIFFA 2002). Partindo deste pressuposto, buscar uma modelagem com simplificações se torna salutar e entender o comportamento das alternativas ajuda bastante nesta tarefa. Presumir que estas alternativas se comportem de forma Gaussiana é a simplificação proposta neste artigo para que a partir disto, se normalize os valores atribuídos a cada uma das

alternativas, nos distintos critérios, utilizando a média e o desvio padrão deste conjunto de valores como referência.

Com o intuito de validar o método proposto, os resultados encontrados serão comparados com resultados encontrados utilizando os métodos AHP e PROMETHEE II.

3.1. AHP

O AHP foi desenvolvido por Thomas Saaty na década de 1970 e consiste em uma síntese feita a partir de vários fatores, que são levados em consideração simultaneamente, onde, a partir de medições reais ou de uma escala fundamental os fatores são comparados paritariamente (SAATY 1987), de forma a tornar um problema principal complexo em vários subproblemas de menor complexidade. O método AHP é o método multicritério mais amplamente utilizado e conhecido no apoio à tomada de decisão na resolução de conflitos negociados, em problemas com múltiplos critérios (BATISTA *et al.* 2020).

O método constrói matrizes quadradas, positivas e recíprocas ($a_{ij} = 1/a_{ji}$) para comparar os elementos de cada matriz.

Para cada critério é criada uma matriz de comparação entre as alternativas, que podem ter seus valores obtidos de medições reais, em caso de critério quantitativo, ou a partir da escala fundamental (Tabela 2) para critérios qualitativos. Da mesma forma, os critérios são avaliados, paritariamente, utilizando a Escala Fundamental.

Tabela 2 - Escala Fundamental

Intensidade de importância em uma escala absoluta	Definição	Explicação
1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação a outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade muito fortemente favorecida em relação à outra pode ser demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Fonte: Adaptado de (Saaty 1987)

Cada matriz de comparação é então normalizada. Esta normalização é feita aplicando-se a média geométrica nas linhas da matriz e, posteriormente, aplicando a média ponderada destes valores (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Figura 2 - Esquema de normalização do método

Matriz de comparação	Média Geométrica (G)	Média Ponderada (P)
$\begin{vmatrix} a_{11} & a_{21} & \dots & a_{n1} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{vmatrix}$	$\rightarrow (a_{11} \cdot a_{12} \cdot \dots \cdot a_{1n})^{1/n} = G_1$	$\rightarrow P_1 = G_1 / \sum G_n$
	$\rightarrow (a_{21} \cdot a_{22} \cdot \dots \cdot a_{2n})^{1/n} = G_2$	$\rightarrow P_2 = G_2 / \sum G_n$
	$\rightarrow \dots$	$\rightarrow \dots$
	$\rightarrow (a_{n1} \cdot a_{n2} \cdot \dots \cdot a_{nn})^{1/n} = G_n$	$\rightarrow P_n = G_n / \sum G_n$

Fonte: Autores (2020)

Cada vetor P das alternativas representará uma coluna da matriz de ponderações normalizada. Esta matriz será multiplicada pelo vetor P referente à ponderação feita na comparação dos critérios. O resultado deste produto será a síntese da escala de prioridade geral das alternativas, que é a cardinalidade utilizada para classificar as opções apreciadas.

3.2. PROMETHEE II

O PROMETHEE II foi desenvolvido na década de 1980 (BRANS *et al.* 1986). É um método de subordinação que garante a ordenação de um conjunto de alternativas de acordo com critérios quantitativos arbitrados pelo decisor.

O método cria uma Matriz de avaliação M que abranja os i critérios e as j alternativas (Tabela 3). Os valores atribuídos a cada $f_n(a_m)$ representa a grandeza numérica da alternativa a_m no critério f_n .

Tabela 3 – Matriz de avaliação

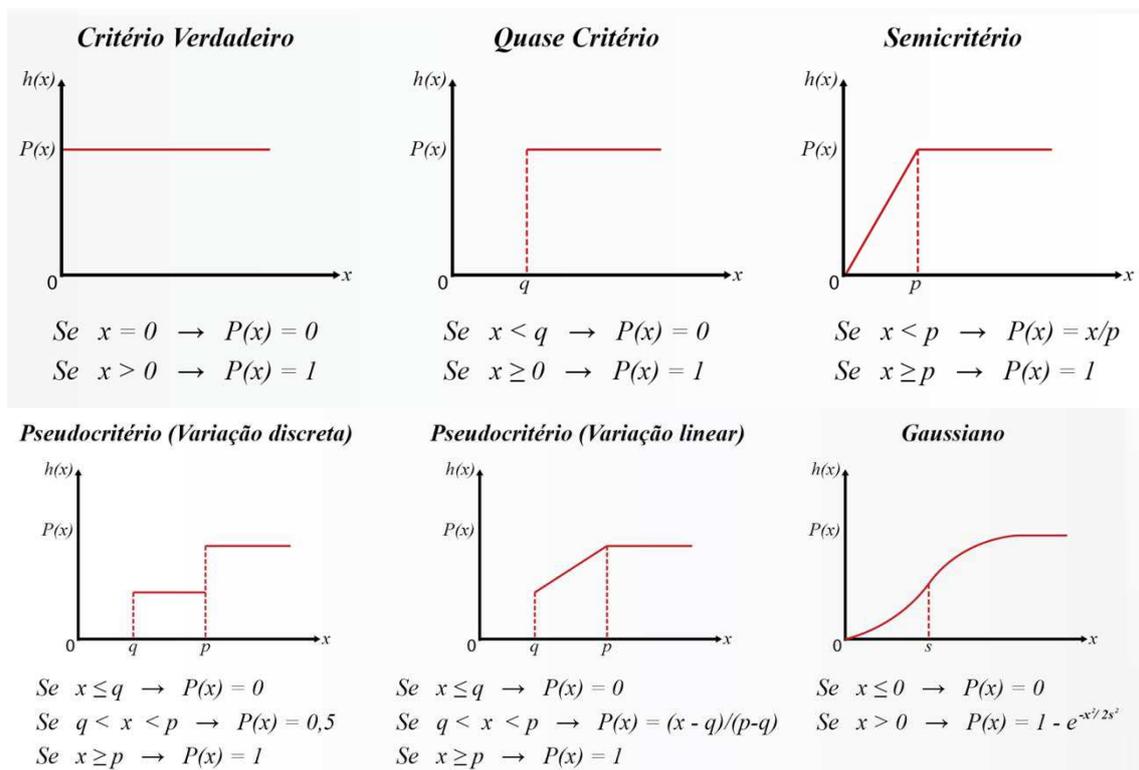
	a_1	a_2	...	a_j
Critério f_1	$f_1(a_1)$	$f_1(a_2)$...	$f_1(a_j)$
Critério f_2	$f_2(a_1)$	$f_2(a_2)$...	$f_2(a_j)$
...
Critério f_i	$f_i(a_1)$	$f_i(a_2)$...	$f_i(a_j)$

Fonte: Autores (2020)

Para cada critério (linha) da Matriz M é realizada a diferença entre as alternativas (colunas), de forma paritária. Segundo o algoritmo do método, a primeira alternativa (coluna) é escolhida como alternativa de avaliação e é comparada com as demais, denominadas alternativas de comparação. Ao final dessas comparações, a segunda coluna passa a ser a alternativa de avaliação. O processo se repete até a última alternativa (coluna), quando então, passa-se para o próximo critério (linha).

A comparação entre as alternativas se dá da seguinte forma: caso o critério tenha por objetivo atingir o valor máximo, em cada comparação deve-se subtrair da alternativa de avaliação o valor da alternativa de comparação. Caso o objetivo do critério seja atingir o mínimo valor possível, deve-se subtrair de cada uma das alternativas de comparação o valor da alternativa de avaliação. O resultado x destas subtrações será então normalizado de acordo com a função de preferência adotada pelo decisor, dentre as seis propostas pelos autores do método (Figura 2).

Figura 2 - Funções de preferência



Fonte: Adaptado de (Brans *et al.* 1986)

Após os valores x serem normalizados, é construída a Tabela de Índices de Preferência Ponderada Global. Esta tabela utiliza a média das normalizações de cada alternativa nos

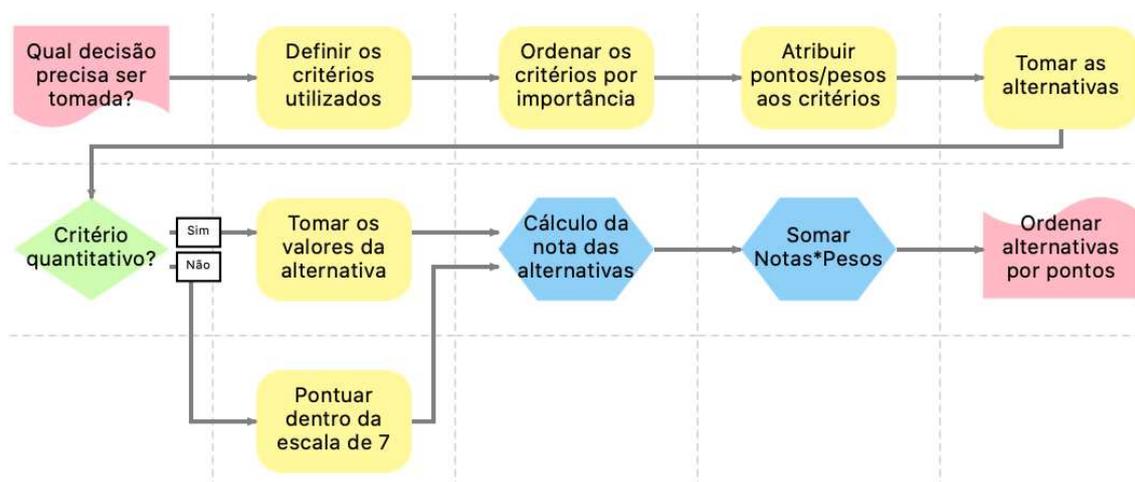
distintos critérios, ponderadas pelo peso de cada critério. Este peso é arbitrado pelo decisor de forma direta, de forma que a soma dos pesos seja igual a 1.

É calculado o Fluxo de Importância Positivo de cada alternativa somando os valores dos seus respectivos índices de preferência global (cada linha da Tabela). Também é calculado o Fluxo de Importância Negativo de cada alternativa somando os valores de cada coluna da Tabela de Índices de Preferência Global. A diferença entre o Fluxo de Importância Positivo e o Fluxo de Importância Negativa será o Fluxo Líquido de Importância que representa a cardinalidade de cada alternativa.

3.3. Proposta do Método PrOPPAGA

Este método segue o fluxo exibido na Figura 3, onde cada etapa será descrita a seguir.

Figura 3 - Fluxo do método PrOPPAGA



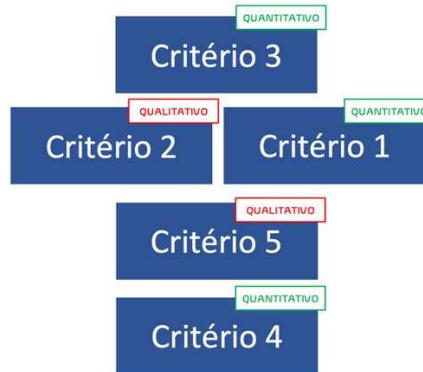
Fonte: Autores (2020)

Qual decisão precisa ser tomada? – A etapa inicial do método consiste em identificar, de forma clara, a decisão que precisa ser tomada. Entender para qual pergunta se busca a resposta é o primeiro passo para se obter a resposta correta.

Definir os critérios utilizados – Nesta etapa se define $C = \{1, 2, \dots, j\}$ como o conjunto de critérios que serão utilizados para responder à pergunta da etapa anterior. É importante observar nesta etapa quais dos critérios escolhidos são quantitativos ou qualitativos, bem como, entre os critérios quantitativos verificar quais são monotônicos de custo pois, com o propósito de expressar o impacto negativo destes valores no desempenho da alternativa, nestes critérios os valores serão representados com sinal negativo.

Ordenar os critérios por importância – Uma vez definido C , os critérios devem, então, ser ordenados por ordem de importância, podendo inclusive ser equiparados. (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo de ordenação com cinco critérios, sendo dois deles equiparados



Fonte: Autores (2020)

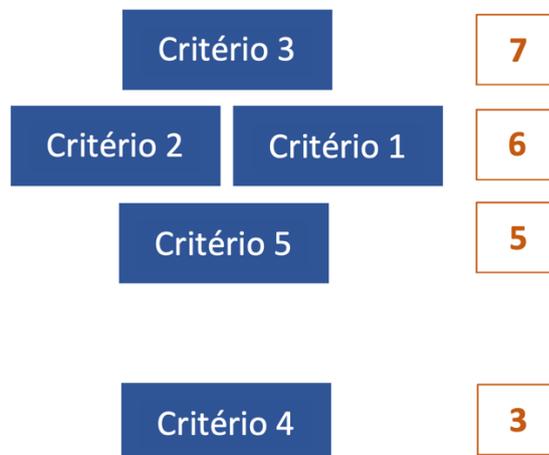
Atribuir pontos/pesos aos critérios – De acordo com a ordenação feita, serão atribuídos pontos p aos critérios. A pontuação máxima p_{max} possível obedece a seguinte relação.

$$p_{max} = \begin{cases} j, & \text{se } j > 7 \\ 7, & \text{se } j \leq 7 \end{cases}$$

Onde j é a quantidade de elementos do conjunto C .

O(s) critério(s) mais importante(s) deve(m) receber a pontuação máxima. Os demais receberão uma pontuação menor, de acordo com a ordenação feita na etapa anterior, podendo por vezes, espaçar a pontuação, como no exemplo da Figura 5.

Figura 5 - Exemplo de pontuação dos critérios definidos



Fonte: Autores (2020)

Define-se \vec{w} como sendo o vetor peso dos critérios, onde $\vec{w} = (w_1, w_2, \dots, w_j)$. Sendo, w_k o peso de um critério k qualquer, w_k é obtido a partir da média ponderada da pontuação p obtida por k .

$$w_k = \frac{p_k}{\sum_1^j p_k}$$

Com isso, a soma dos pesos será 1 (um), como pode-se observar na Figura 6.

Figura 6 - Exemplo do cálculo dos pesos dos critérios

	PONTO	PESO	
Critério 3	7	0,2592	(7/27)
Critério 2 Critério 1	6	0,2222	(6/27)
Critério 5	5	0,1852	(5/27)
Critério 4	+	3	(3/27)
	27		

Fonte: Autores (2020)

Tomar as alternativas – Define-se $A = \{1, 2, \dots, i\}$ como o conjunto das alternativas apreciadas para responder à questão da etapa inicial.

Em cada critério definido, as alternativas apresentadas terão um atributo a_{ij} . Estes atributos formam a Matriz de Atributos M .

$$M = \begin{bmatrix} a_{11} & \dots & a_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{i1} & \dots & a_{ij} \end{bmatrix}$$

Critério quantitativo? – Os atributos para os critérios quantitativos têm seus valores bem definidos, pois são atrelados à alguma unidade de medida. No entanto, ressalte-se a importância de observar os critérios monotônicos de custo, pois os mesmos terão seus atributos representados por valores negativos.

Para os critérios qualitativos, onde não é possível utilizar uma unidade de medida, os atributos serão definidos a partir de uma escala de sete pontos, onde é avaliado o desempenho de cada alternativa, de acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 4 - Escala de sete pontos do PrOPPAGA

Pontuação	Definição
1	A alternativa não atende às demandas
2	A alternativa atende às demandas bem abaixo do esperado
3	A alternativa atende às demandas um pouco abaixo do esperado
4	A alternativa atende às demandas dentro do esperado
5	A alternativa atende às demandas um pouco acima das expectativas
6	A alternativa atende às demandas bem acima das expectativas
7	A alternativa supera todas as expectativas em relação a este critério

Fonte: Autores (2020)

Cálculo da nota das alternativas – Definidos os atributos, é feita a normalização destes valores a partir da presunção de que os mesmos têm uma atitude Gaussiana em relação à sua distribuição de probabilidades nos diversos critérios utilizados. Desta forma, para cada critério $k \in C$, são calculados a média μ_k e o desvio padrão σ_k dos atributos $a_{ok} : o \in A$, formando os vetores $\vec{\mu}$ e $\vec{\sigma}$, respectivamente.

$$N = \begin{bmatrix} n_{11} & \dots & n_{1k} & \dots & n_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{o1} & \dots & n_{ok} & \dots & n_{oj} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{i1} & \dots & n_{ik} & \dots & n_{ij} \end{bmatrix}$$

Define-se N como a Matriz Normalizada n_{ok} , que será dada de acordo com a probabilidade P de um atributo x ter um valor menor, ou igual, que a_{ok} , ou seja:

$$n_{ok} = P(x \leq a_{ok})$$

Segundo (ALBUQUERQUE *et al.* 2008):

$$P(x \leq a_{ok}) = \int_{-\infty}^{a_{ok}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_k} e^{-\frac{(x-\mu_k)^2}{2\sigma_k^2}} dx : o \in A, k \in C$$

O vetor $\vec{s} = N \times \vec{w}$ é o vetor solução do problema, onde cada componente $s_o : o \in A$, representa a cardinalidade da o -ésima alternativa.

$$\begin{bmatrix} n_{11} & \dots & n_{1k} & \dots & n_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{o1} & \dots & n_{ok} & \dots & n_{oj} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{i1} & \dots & n_{ik} & \dots & n_{ij} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_k \\ \vdots \\ w_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_o \\ \vdots \\ s_i \end{bmatrix}$$

4. Proposta de solução

Seguindo o fluxo do método PrOPPAGA apresentado na seção anterior, definiu-se como sendo a questão a ser respondida como: Qual VBMT-LSR é a mais adequada para os interesses do CFN?

Junto com os especialistas do CFN, apoiados pela **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, foram definidos os seguintes critérios para responder à esta questão:

- Critério 1 - Relação potência / peso: critério autoexplicativo com escala estabelecida em cavalos por toneladas (cv/ton). Entende-se que quanto maior a relação melhor será o desempenho da viatura;
- Critério 2 - Altura, Critério 3 - Largura e Critério 4 - Comprimento: critérios autoexplicativos com suas escalas estabelecidas em (m). Entende-se que quanto menor o critério melhor será o desempenho da viatura, em decorrência da necessidade de utilização do referido meio em arruamentos estreitos. Logo, os atributos nestes critérios terão seus valores negativos;
- Critério 5 - Capacidade de carga: critério autoexplicativo com escala estabelecida quilograma (kg). Entende-se que quanto maior a capacidade de carga melhor será o desempenho da viatura;
- Critério 6 - Número de militares: critério baseado na quantidade de militares que a viatura pode transportar, com escala estabelecida no número de militares transportados. Entende-se que quanto maior o número de militares melhor será o desempenho da viatura;
- Critério 7 - Proteção anti-minas: é a blindagem que a viatura proporciona aos ocupantes visando a proteção contra minas terrestres, com escala estabelecida conforme padrões da Organização do Tratado do Atlântico Norte (OTAN). Entende-se que quanto maior a proteção anti-minas melhor será o desempenho da viatura;
- Critério 8 - Rampa lateral máxima: é a inclinação lateral máxima que a viatura pode suportar sem tombar e é aferida através do percentual (%) em relação ao ângulo de 90°. Entende-se que quanto maior a rampa lateral melhor será o desempenho da viatura;
- Critério 9 - Raio de giro: é o raio da curva mais fechada que a viatura pode executar, com escala estabelecida em milímetros. Entende-se que quanto menor o raio de giro, melhor será o desempenho da viatura. Este critério também terá seus atributos representados com valores negativos;

- Critério 10 - Autonomia: é o deslocamento máximo que a viatura pode executar, sem reabastecimento de combustível, com escala estabelecida em quilômetros. Entende-se que quanto maior a autonomia melhor será o desempenho da viatura;

Com o conjunto C definido, os 10 critérios foram ordenados e tiveram a pontuação atribuída de acordo com a **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Tabela 5 - Pontuação atribuída aos critérios

Critério	Pontos
C ₁₀ – Autonomia	10
C ₁ – Relação Potência/Peso	9
C ₉ – Raio de giro	8
C ₃ – Largura	7
C ₄ – Comprimento	7
C ₈ – Rampa lateral máxima	6
C ₆ – Número de militares	5
C ₅ – Capacidade de carga	4
C ₇ – Proteção anti-minas	2
C ₂ - Altura	1

Fonte: Autores (2020)

Com isso, é calculado o vetor \vec{w} .

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 0,153 \\ 0,017 \\ 0,119 \\ 0,119 \\ 0,068 \\ 0,085 \\ 0,034 \\ 0,102 \\ 0,136 \\ 0,169 \end{bmatrix}$$

Definido o conjunto A , com as 4 alternativas apresentadas, constrói-se a Matriz de Atributos M , com seus atributos já definidos na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

$$M = \begin{bmatrix} 26,37 & -2,12 & -2,43 & -5,43 & 1400 & 5 & 3 & 40 & -7200 & 800 \\ 29,92 & -2,13 & -2,20 & -4,79 & 1000 & 5 & 2 & 30 & -7420 & 630 \\ 28,2 & -2,20 & -2,21 & -5,99 & 1400 & 5 & 2 & 30 & -8250 & 600 \\ 45 & -2,09 & -2,39 & -4,93 & 1500 & 4 & 3 & 30 & -7790 & 480 \end{bmatrix}$$

Calcula-se então, em cada coluna (critério) da matriz M , os componentes dos vetores $\vec{\mu}$ e $\vec{\sigma}$, média e desvio padrão, respectivamente.

$$\vec{\mu}^T = [32,7 \quad -2,14 \quad -2,31 \quad -5,29 \quad 1325 \quad 4,75 \quad 2,5 \quad 32,5 \quad -7685 \quad 627,5]$$

$$\vec{\sigma}^T = [7,4 \quad 0,04 \quad 0,1 \quad 0,47 \quad 192,03 \quad 0,43 \quad 0,5 \quad 4,33 \quad 398,15 \quad 114,32]$$

Calcula-se então a Matriz Normalizada N .

$$N = \begin{bmatrix} 0,209 & 0,645 & 0,118 & 0,379 & 0,652 & 0,718 & 0,841 & 0,958 & 0,879 & 0,934 \\ 0,370 & 0,549 & 0,850 & 0,853 & 0,045 & 0,718 & 0,159 & 0,282 & 0,731 & 0,509 \\ 0,286 & 0,053 & 0,827 & 0,067 & 0,652 & 0,718 & 0,159 & 0,282 & 0,071 & 0,405 \\ 0,956 & 0,868 & 0,213 & 0,774 & 0,819 & 0,042 & 0,841 & 0,282 & 0,377 & 0,098 \end{bmatrix}$$

Do produto $\vec{s} = N \times \vec{w}$ temos o seguinte vetor solução:

$$\vec{s} = \begin{bmatrix} 0,610 \\ 0,551 \\ 0,368 \\ 0,462 \end{bmatrix}$$

Que sugere o seguinte resultado:

Tabela 6 - Resultado encontrado

Colocação	Alternativa	Cardinalidade
1º	Viatura 1	0,610
2º	Viatura 2	0,551
3º	Viatura 4	0,462
4º	Viatura 3	0,368

Fonte: Autores (2020)

5. Discussão dos resultados

Como forma de validar os resultados encontrados com o método PrOPPAGA, será feita a comparação com os resultados da aplicação de outros dois métodos consagrados na literatura, o AHP e o PROMETHEE II.

5.1. Resultados do AHP

Após aplicar o método AHP ao problema, chegou-se ao seguinte resultado:

Tabela 7 - Resultado encontrado com AHP

Colocação	Alternativa	Cardinalidade
1º	Viatura 1	0,265
2º	Viatura 4	0,255
3º	Viatura 2	0,245
4º	Viatura 3	0,235

Fonte: Autores (2020)

5.2. Resultados do PROMETHEE II

Após aplicar o método PROMETHEE ao problema, chegou-se ao seguinte resultado:

Tabela 8 - Resultado encontrado com PROMETHEE II

Colocação	Alternativa	Cardinalidade
1º	Viatura 2	0,080
2º	Viatura 1	0,051
3º	Viatura 4	-0,015
4º	Viatura 3	-0,116

Fonte: Autores (2020)

5.3. Conclusão

Mesmo métodos consagrados na literatura, como o AHP e o PROMETHEE II, eventualmente, encontram ordenações diferentes entre si, como foi o caso concreto. Isso só corrobora o fato de que a pura aplicação de um método AMD, sem uma análise criteriosa do resultado obtido, pode levar o decisor à um equívoco.

Comparando os resultados encontrados observa-se que, nos três métodos aplicados, três das quatro alternativas mantém a mesma ordenação. Quais sejam: A Viatura 1 é melhor que a Viatura 3 e a Viatura 4; A Viatura 4 é melhor que a Viatura 3. Desta forma, mesmo com a divergência em relação a Viatura 2, pode-se considerar como perdedoras do processo as Viaturas 3 e 4.

Considerando que, apesar de no método PROMETHEE II a Viatura 2 ser apresentada como vencedora, nos outros dois métodos ela é preterida pela Viatura 1, sendo que, segundo o método AHP, ela é considerada pior que a Viatura 4. Com isso, a indicação feita é que a Viatura 1 é a vencedora do processo, a Viatura 2 pode ser considerada uma segunda opção e as Viaturas 3 e 4 não devem ser consideradas pelo decisor como uma boa opção.

No entanto, este artigo não esgota todos os critérios que podem ser utilizados nesta tomada de decisão. O custo das viaturas, por exemplo, não foi levado em consideração nesta análise, e é de bom tom pensar que este é um fator que certamente será levado em consideração pelo decisor. Isto não tira a importância do artigo, haja visto que, a luz de critérios técnicos, pelo menos uma viatura (Viatura 3), demonstra não atender a contento os requisitos impostos, quando comparada com as outras opções do mercado e uma viatura (Viatura 1), de fato, se destaca positivamente.

6. Considerações Finais

O artigo concluiu que a VBMT-LSR que melhor se enquadra aos anseios do CFN é a IVECO LMV (Viatura 1), dando grande contribuição para a sociedade, ao subsidiar de forma

estruturada uma decisão que irá impactar na Doutrina de Defesa utilizada pelo CFN de acordo com o meio que for disponibilizado para a tropa. Outra grande contribuição para a sociedade é a apresentação do método PrOPPAGA, que se mostrou capaz de encontrar soluções condizentes à métodos consagrados na literatura, com a vantagem de utilizar conceitos simples, como média e desvio padrão, além de não fazer uso de comparações paritárias, que via de regra, tornam métodos AMD inconvenientes para aplicações que possuam muitas alternativas e/ou muitos critérios.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE J.P., FORTES J.M. & FINAMORE W. 2008. — *Probabilidade, Variáveis Aleatórias e Processos Estocásticos*. Interciência.

BANDEIRA M.C.G.S.P., MATTOS R.I., BELDERRAIN M.C.N., CORREIA A.R. & KLEBA J.B. 2019. — MODELO DE NEGÓCIO EM UMA COMUNIDADE AGRÍCOLA: APLICAÇÃO DE SOFT SYSTEMS METHODOLOGY E STRATEGIC CHOICE APPROACH, *Pesquisa Operacional e sua Atuação Multidisciplinar*. Atena Editora. p. 55–71. <https://doi.org/10.22533/at.ed.7881911075>

BARRAGER S.M. 2016. — A new engineering profession is emerging: decision coach. *IEEE Engineering Management Review* 44 (2): 33–40. <https://doi.org/10.1109/EMR.2016.2568765>

BATISTA C.P., DOS SANTOS M., REIS M.F. DOS, ANGÉLICA RODRIGUES DE LIMA, & ALEXANDRE ROCHA VIOLANTE 2020. — Análise Multicritério utilizando os métodos Borda e AHP no provimento de viaturas blindadas paa a PMRJ. *Revista de Design, Inovação e Gestão Estratégica* 7 (1)

BRANS J.P., VINCKE PH. & MARESCHAL B. 1986. — How to select and how to rank projects: The Promethee method. *European Journal of Operational Research* 24 (2): 228–238. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(86\)90044-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(86)90044-5)

BRASIL 2008. — Estratégia Nacional de Defesa

BRASIL M. 2020. — Manual de Blindados de Fuzileiros Navais

CAIRE E. 2013. — A história da origem da curva Normal Mestrado. *Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas*.

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* 96: 102261. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102261>

CORREA S.M. 2003. — *Probabilidade e Estatística*. Belo Horizonte, PUC Minas Virtual. 116 p.

COSTA, I. P. DE A.; MAÊDA, S. M. N.; TEIXEIRA L. F. H. S. B.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M. 2020. — Choosing a hospital assistance ship to fight the covid-19 pandemic. *Revista de Saúde Pública* 54: 79. <https://doi.org/10.11606/s1518-8787.2020054002792>

MOREIRA, M. Â. L.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M.; SILVA, M. C.; ARAUJO J. V. G. A. 2020. — PROMETHEE-SAPEVO-M1 a Hybrid Modeling Proposal: Multicriteria Evaluation of Drones for Use in Naval Warfare, in THOMÉ A.M.T., BARBASTEFANO R.G., SCAVARDA L.F., DOS REIS J.C.G. & AMORIM M.P.C. (eds.), Cham. Springer International Publishing. p. 381–393. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56920-4_31

RAIFFA H. 2002. — Decision Analysis: A Personal Account of How It Got Started and Evolved. *Operations Research* 50 (1): 179–185. <https://doi.org/10.1287/opre.50.1.179.17797>

SAATY R.W. 1987. — The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling* 9 (3): 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)

TENÓRIO, F. M.; SANTOS, M.; GOMES, C. F. S.; ARAUJO J. C. 2020. — Navy Warship Selection and Multicriteria Analysis: The THOR Method Supporting Decision Making, in THOMÉ A.M.T., BARBASTEFANO R.G., SCAVARDA L.F., DOS REIS J.C.G. & AMORIM M.P.C. (eds.), Cham. Springer International Publishing. p. 27–39. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56920-4_3

VIOLANTE, A. R.; CARVALHO, Y. M.; SANTOS, M.; SILVA P. A. L. DA 2020. — Interoperabilidade na região amazônica: aplicação do método SAPEVO-M na seleção do melhor equipamento logístico a ser utilizado pelas Forças Armadas brasileiras. *Coleção Meira Mattos*. <https://doi.org/10.22491/cmm.a033>