

UMA SISTEMÁTICA PARA PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO PARA O CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS

A prioritization method for science, technology, and innovation projects in Brazilian marine corps

Fabricio Baroni de Carvalho¹

Resumo: A pesquisa e o desenvolvimento de equipamentos de combate são chave para o Corpo de Fuzileiros Navais do futuro. Aliado a um programa de aquisição bem estruturado, o desenvolvimento de tecnologias pode colocar uma Força em patamar acima de seus oponentes. Diante da escassez de recursos, cresce em importância a priorização dos projetos de pesquisa. As técnicas de apoio multicritério à decisão podem auxiliar nessa tarefa, considerando todos os aspectos envolvidos e apoiando o tomador de decisão. Foi utilizado o método *Measuring Attractiveness by a Categorical-Based Evaluation Technique* (MACBETH) para determinar a prioridade de alocação de recursos em projetos de ciência, tecnologia e inovação de interesse do Corpo de Fuzileiros Navais. O estudo mostra como as variáveis envolvidas influenciam a alocação de recursos e como uma mudança de cenário pode afetar os resultados.

Palavras-chave: Apoio multicritério à decisão. Ciência e tecnologia. Alocação de recursos.

Abstract: Combat equipment research and development is the key to the future Marine Corps. Combined with a well-structured acquisition program, the development of technologies can make a Force superior of that of its opponents. In a scarcity of resources situation, the prioritization of research projects is very important. The multicriteria decision aid techniques can support the decision maker. The MACBETH method was used to determine the funds allocation priority in science, technology, and innovation projects of interest to the Marine Corps. The study shows how the variables involved influence the allocation of resources and how a change in scenario can affect the results.

Keywords: Multicriteria decision aid. Science and technology. Resources allocation.

¹ Chefe do Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação do Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais - Rio de Janeiro, RJ - Brasil.
E-mail: baroni@marinha.mil.br

1. INTRODUÇÃO

A Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (BRASIL, 2018) para o Desenvolvimento Nacional (ENCTI) destaca a importância da Ciência, Tecnologia e Inovação (CTI) como eixo estruturante do desenvolvimento do Brasil, com especial atenção à geração e à apropriação do conhecimento científico e tecnológico. No entanto, diante da limitação de recursos e da grande amplitude de diferentes tipos de demanda, é importante priorizar as atividades de pesquisa e desenvolvimento para que os resultados obtidos contribuam efetivamente para a solução dos problemas mais significativos.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é criar uma sistemática para a priorização de projetos de interesse do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN), por meio do método de apoio multicritério *Measuring Attractiveness by a Categorical-Based Evaluation Technique* (MACBETH). Este trabalho está organizado da seguinte forma: a seção 3 trata da metodologia utilizada, e a 4 apresenta a revisão da literatura. A seção 5 traz a estruturação dos critérios com a avaliação de atratividade de cada critério. A seção 6 apresenta os resultados diante das alternativas e da avaliação de desempenho, com as recomendações mediante as análises dos resultados e de sensibilidade. Na seção 7 são apresentadas as conclusões e, ao final do trabalho, está a bibliografia.

3. METODOLOGIA

Este trabalho utilizou inicialmente uma pesquisa bibliográfica para verificar o que há descrito na literatura sobre o processo em questão. Em seguida, realizou uma pesquisa descritiva na forma de estudo de caso, em que quatro possibilidades de projetos de pesquisa e desenvolvimento foram avaliadas segundo critérios estabelecidos. Para levantar esses critérios, foi efetuada uma pesquisa de campo qualitativa com oficiais que trabalham com pesquisa e desenvolvimento no CFN, a fim de determinar quais critérios são importantes na seleção de um projeto. Para a determinação da importância relativa entre os critérios, foi conduzida uma pesquisa quantitativo-descritiva com

o chefe do Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação do Centro Tecnológico do CFN (CTecCFN). Desse ponto em diante, foi aplicado o método MACBETH para a determinação do projeto mais indicado ao CFN.

4. REVISÃO DA LITERATURA

Há registro de diversos trabalhos que buscam apoiar o processo decisório nas organizações por meio de métodos de apoio multicritério. Guenka e Martins (2017) utilizaram o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) para avaliar fontes de energia sustentável para o Mato Grosso do Sul, tais quais Santos et al. (2016), que buscaram selecionar um navio de guerra de médio porte para ser construído no Brasil. Ainda na linha da escola americana, Almeida et al. (2017) utilizaram o MACBETH para determinar a localização de um novo parque tecnológico, considerando aspectos como distância entre parques, número de universidades, número de empresas, produto interno bruto e políticas de incentivo; e Carvalho e Teixeira (2017) selecionaram uma viatura tática leve para utilização no CFN. O método Eliminação e Escolha como Expressão da Realidade (ELECTRE, do inglês *Elimination and Choice Expressing Reality*) III, buscando uma solução balanceada, foi utilizado por Carvalho e Santos (2017) na seleção de um oficial do CFN para uma missão da Organização das Nações Unidas (ONU). Pessoa et al. (2020) utilizaram multicritério e programação linear inteira para apoiar a decisão de projetos de CTI na Marinha do Brasil (MB) considerando o método FITradeoff para a construção de uma função de preferência do decisor. Também Costa et al. (2020) utilizaram o método *Simple Aggregation of Preferences Expressed by Ordinal Vectors — Multi Decision Makers* (SAPEVO-M) para selecionar um navio de assistência hospitalar para realizar atividades de combate à COVID-19 no estado do Amazonas.

O método MACBETH, escolhido para este trabalho, é uma metodologia de apoio à decisão que permite avaliar opções levando em conta múltiplos critérios. Utiliza julgamentos qualitativos para realizar a ponderação dos critérios. As comparações entre opções são realizadas aos pares. Como método de critério único de síntese, as pontuações obtidas em cada critério são convertidas em uma pontuação única, o que significa que se admite a compensação de um critério de baixo de desempenho por outro de alto desempenho.

5. ESTRUTURAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Para que um projeto seja aprovado na MB, ele deve necessariamente: ser de interesse de um órgão de direção setorial, estar relacionado aos meios em construção ou que ainda serão construídos e estar relacionado a uma das áreas temáticas de pesquisa. No entanto, a priorização de projetos aprovados deve levar em conta uma série de fatores que irão distingui-los em sua relevância. Em pesquisa realizada com os envolvidos com CTI no CFN, verificaram-se alguns critérios relevantes a serem considerados por ocasião da priorização dos projetos. Esta pesquisa foi feita por meio de entrevistas com oficiais experientes na área de pesquisa e desenvolvimento, e indagou quais os fatores relevantes em um projeto. Os aspectos que foram apontados por mais oficiais são descritos no Quadro 1.

No que diz respeito aos critérios de um projeto, é importante destacar dois aspectos: o primeiro é qual será a importância relativa entre eles e como serão valoradas as *performances* de cada projeto em cada critério. Assim, a avaliação relativa entre os critérios foi feita com base em julgamentos que são, em algumas situações, quantitativos e, em outras, qualitativos, obedecendo a uma comparação verbal entre os critérios. Dessa forma, em entrevista com o chefe do CTecCFN, foram definidas as escalas constantes no Quadro 2.

Após a estruturação inicial dos critérios, foi possível avaliar a importância relativa entre eles. Isso é importante e precisa ser adequado ao CFN e ao momento que o país atravessa. Isso porque, em linhas gerais, pode-se imaginar que o critério capacidade fosse o mais importante, mas particularmente, no momento atual, o custo pode ser fator decisivo. Naturalmente, diante de mudança de conjuntura política e econômica, essa estruturação pode ser refeita de modo que esteja sempre refletindo a realidade. Sendo assim, com o *software* M-MACBETH® foi realizada uma comparação verbal entre os critérios, dada em termos de diferenças de atratividades, definidas como: muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema. Como resultado, obteve-se o histograma de pesos dos critérios, no qual se pode observar que o custo é um fator decisivo para a priorização do projeto, com peso de quase 47,61% nos fatores da decisão. A dualidade aparece como segundo critério em relevância, com 23,81%, seguida pela questão da capacidade adquirida, com 16,67%. Os demais critérios, quando somados, não atingem sequer o índice de importância do terceiro critério. A diferença de

Quadro 1. Critérios para priorização de um projeto.

Critério	Descrição
Tecnologia de combate ou de apoio	O CFN tem maior carência de tecnologias a serem utilizadas diretamente pelos militares desdobrados no campo de batalha, apesar de também haver interesse nas tecnologias aplicadas nas atividades de retaguarda.
Projeto traz nova capacidade ao CFN	Novas capacidades elevam o patamar de operação e condizem com as características expedicionárias do CFN. Naturalmente novas capacidades são prioridades, mas também há interesse em potencializar as que já existem.
Nacionalização	O desenvolvimento da base industrial de defesa é fundamental para as aspirações do país. Assim, um projeto que utiliza tecnologia nacional ou faz com que o conhecimento seja absorvido pelas empresas do país é mais interessante.
Dualidade do projeto	A captação de recursos é facilitada quando o projeto possui aplicação em outras instituições, como: indústria, Forças Auxiliares e outras Forças Armadas.
Custo	Diante da escassez de recursos, projetos de menor custo tendem a ter maior probabilidade de serem contemplados, aumentando assim a produção intelectual e tecnológica do CFN.

CFN: Corpo de Fuzileiros Navais.

atratividade e o histograma de pesos dos critérios estão ilustrados na Figura 1.

6. RESULTADOS

Utilizando a sistemática MACBETH e o *software* M-MACBETH®, foi criada uma situação hipotética, em

Quadro 2. Estruturação dos critérios.

Critério Dualidade		Critério Nacionalização	
Base de comparação qualitativa		Base de comparação qualitativa	
Nível qualitativo	Nível qualitativo	Nível de nacionalização (%)	Abreviado
Interessa à MB e à sociedade civil	Excelente	(80, 100)	Excelente
Interessa à MB e às Forças Auxiliares	Muito bom	(60, 80)	Muito bom
Interessa à MB e a outra Força Armada	Bom	(40, 60)	Bom
Interessa somente à MB	Fraco	(20, 40)	Regular
Critério Emprego		(10, 20)	Ruim
Base de comparação Qualitativa		[0, 10)	Péssimo
Tipo de emprego	Abreviado	Critério Custo	
Combate	Excelente	Base de comparação quantitativa	
Apoio de Serviços	Bom	Custo em R\$ x 1.000	Descrição
Critério Capacidade		(0, 100)	Excelente
Base de comparação Qualitativa		(100, 500)	Muito bom
Capacidade		(500, 1.000)	Bom
Traz nova capacidade	Excelente	(1.000, 2.500)	Regular
Amplia capacidade existente	Bom	(2.500, 5.000)	Ruim

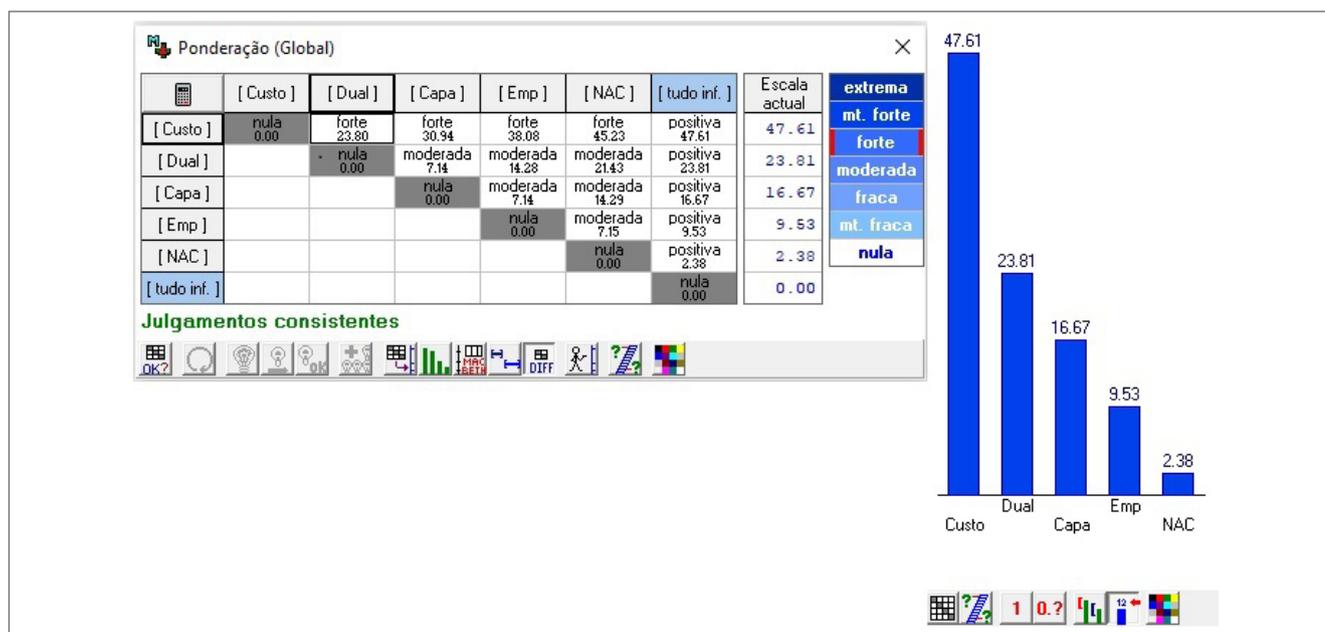


Figura 1. Diferença de atratividade entre os critérios e histograma de pesos.

que o Centro Tecnológico do CFN possui quatro projetos de pesquisa e desenvolvimento estabelecidos e com pré-projetos redigidos e em condições de serem submetidos à sistemática de CTI na MB ou a órgãos de fomento, conforme ilustrado no Quadro 3.

Quando submetidas às escalas verbais criadas para o modelo de apoio à decisão, as características resultam na tabela de *performances* ilustrada na Figura 2. Essa tabela, aliada ao peso estabelecido para os critérios, gerará um resultado para cada alternativa em cada critério e um resultado global, conforme ilustrado na Figura 3. Pode-se observar que o projeto do robô expedicionário é apontado como projeto prioritário, com pontuação 83,29, seguido por dispositivo de pontaria digital com 70,91 pontos, preditor de toxidade com 58,57 pontos e robô de descontaminação emissor de radiação ultravioleta tipo C (UVC) com 25,24 pontos.

Esse resultado é fortemente influenciado pelo fato de o robô expedicionário só ser dominado no critério dualidade

pelo preditor de toxidade e pelo robô UVC. No entanto, estes dois últimos projetos apresentam desempenho muito inferior em custo, que é um critério com extremamente elevado. Assim, na conjuntura analisada, é interessante que o CFN priorize o investimento no robô expedicionário.

Com base na informação de que o robô expedicionário só é dominado no critério dualidade e, mesmo assim, apenas pelo preditor e pelo robô UVC, é possível realizar a análise de sensibilidade para o referido critério comparando essas alternativas. O resultado é ilustrado nas Figuras 4 e 5. Na Figura 4, pode-se observar que a dualidade, cujo peso é 23,81, precisaria ser elevada para 67,7 para que o preditor passasse a ser uma alternativa mais interessante. Na Figura 5, observa-se que, para que o robô UVC fosse uma alternativa mais interessante, a dualidade deveria receber peso 81,8. Ambas as alterações não são razoáveis, uma vez que implicariam forte redução de peso dos demais critérios, o que ratifica o robô expedicionário como projeto prioritário para as condições avaliadas.

Quadro 3. Projetos do Departamento de Ciência, Tecnologia e Inovação do Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais.

Projeto	Custo	Nacionalização	Emprego	Dualidade	Capacidade
Dispositivo de pontaria digital	R\$ 600.000	45%	Combate	MB e Forças Auxiliares	Nova
Robô UVC	R\$ 3.000.000	40%	Apoio de Serviços	MB e sociedade civil	Ampliação de existente
Preditor	R\$ 700.000	50%	Combate	MB e sociedade civil	Ampliação de existente
Robô reconhecimento	R\$ 120.000	65%	Combate	MB e Forças Auxiliares	Nova

UVC: emissor de radiação ultravioleta tipo C; MB: Marinha do Brasil.

Opções	Dual	NAC	Custo	Emp	Capa
DPD	Muito bom	Bom	Bom	Excelente	Excelente
UVC	Excelente	Bom	Ruim	Bom	Bom
RE	Muito bom	Muito bom	Muito bom	Excelente	Excelente
PRE	Excelente	Bom	Bom	Excelente	Bom

Figura 2. Performance das alternativas segundo a escala verbal.

Opções	Global	Dual	NAC	Custo	Emp	Capa
[tudo sup.]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
RE	83.29	81.82	80.00	75.00	100.00	100.00
DPD	70.91	81.82	60.00	50.00	100.00	100.00
PRE	58.57	100.00	60.00	50.00	100.00	0.00
UVC	25.24	100.00	60.00	0.00	0.00	0.00
[tudo inf.]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.2381	0.0238	0.4761	0.0953	0.1667

Figura 3. Pontuações das alternativas.

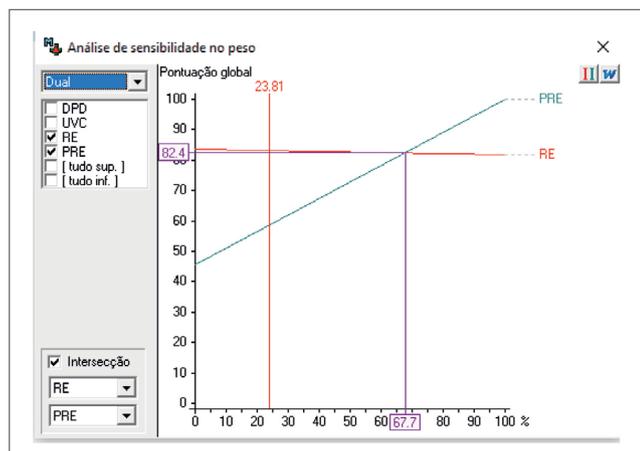


Figura 4. Análise de sensibilidade em dualidade entre o robô expedicionário e o preditor.

7. CONCLUSÃO

Os métodos de apoio multicritério à decisão são excelentes ferramentas para auxiliar os tomadores de decisão. A realidade brasileira de escassez de recursos para CTI demanda a aplicação racional e criteriosa do dinheiro. Quanto mais escasso, mais nobre fica o recurso. O método MACBETH

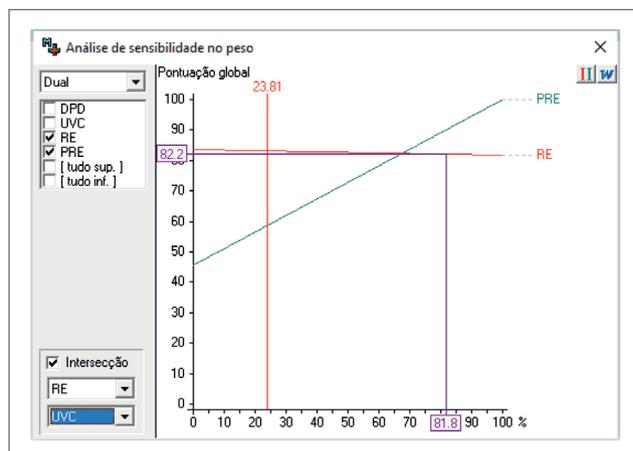


Figura 5. Análise de sensibilidade em dualidade entre o robô expedicionário e o robô emissor de radiação ultravioleta tipo C.

mostrou-se adequado à priorização de projetos para o CFN, permitindo o registro dos mecanismos decisórios e das variáveis que, caso sofram alteração, podem influenciar o resultado. Dessa forma, sugere-se que esse procedimento seja oficializado como ferramenta de priorização de projetos de CTI do CFN, conduzidos pelo CTecCFN ou por outras instituições de pesquisa.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. R.; FARIA, L. B.; SOARES, G.; MELLO, J. C. C. B. S. O uso do método Macbeth para determinar a localização de um novo parque tecnológico. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 49., 2017, Blumenau. *Anais [...]*. Blumenau, 2017.

BRASIL. *Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação*. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, 2018. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/afinep/Politica/16_03_2018_Estrategia_Nacional_de_Ciencia_Tecnologia_e_Inovacao_2016_2022.pdf. Acesso em: 5 maio 2021.

CARVALHO, F. B.; SANTOS, M. (2017). Apoio multicritério na seleção de um observador militar para uma missão da organização das Nações Unidas. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 49., 2017, Blumenau. *Anais [...]*. Blumenau, 2017.

CARVALHO, F. B.; TEIXEIRA, L. S. Apoio multicritério à decisão na seleção de uma viatura tática leve através do método Macbeth. *Engevista*, v. 19, n. 4, p. 961-974, 2017. <https://doi.org/10.22409/engevista.v19i4.918>

COSTA, I. P. A.; MAÊDA, S. M. N.; TEIXEIRA, L. F. H. S. B.; GOMES, C. F. S.; SANTOS, M. Apoio humanitário ao combate à pandemia do

covid-19 no estado do Amazonas: uma abordagem multicritério para escolha de um navio de assistência hospitalar da Marinha do Brasil mais adequado a ser empregado. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 52., 2020, João Pessoa. *Anais [...]*. João Pessoa, 2020.

GUENKA, C. A.; MARTINS, C. L. Avaliação de fontes alternativas de energia sustentáveis para o estado do Mato Grosso do Sul: uma análise multicritério com o método AHP. *SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 49., 2017, Blumenau. *Anais [...]*. Blumenau, 2017.

PESSÔA, L. A. M., COSTA, H. C. E MOTA, C. M. M. Multicritério e programação linear inteira em auxílio à decisão de projetos de ciência e tecnologia na Marinha do Brasil. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 52., 2020, João Pessoa. *Anais [...]*. João Pessoa, 2020.

SANTOS, M.; GOMES, C. F. S.; OLIVEIRA, A. S.; COSTA, H. G. Uma abordagem multicritério para seleção de um navio de guerra de médio porte a ser construído no Brasil. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL*, 48., 2016, Vitória. *Anais [...]*. Vitória, 2016.