



## **Apoio multicritério à decisão na seleção de uma viatura tática leve através do método MACBETH**

### **Multicriteria decision-aid in light tactical vehicle choice: MACBETH approach**

Fabricio Baroni de Carvalho<sup>1</sup>

Leandro da Silva Teixeira<sup>2</sup>

---

**Resumo:** O Corpo de Fuzileiros Navais é uma Força que opera em território hostil, submetendo a tropa a alto risco. Com o crescente apoio às operações policiais e com a intenção manifestada pela Presidência da República em fazer o Brasil ocupar uma vaga no Conselho de Segurança da Organização das Nações Unidas, a demanda pelo emprego de viaturas blindadas tende a crescer. No entanto, a operação em áreas urbanas requer viaturas blindadas de pequeno porte. Não há uma viatura no Corpo de Fuzileiros Navais com essa característica. O objetivo deste trabalho é utilizar técnicas multicritério a fim de contribuir para o processo de aquisição de uma viatura tática leve para o Corpo de Fuzileiros Navais.

**Palavras-chave:** Multicritério; Viatura tática leve; Corpo de Fuzileiros Navais.

---

---

<sup>1</sup> Centro Tecnológico do Corpo de Fuzileiros Navais

<sup>2</sup> Centro de Análises de Sistemas Navais

**Abstract:** The Brazilian Marine Corps is a force whose operations occur in hostile territory and exposes the troops to high risk. With the increased use of the corps to support police operation, allied to the announced Brazilian intention of joining the United Nations Security Council, one can expect an increased demand for armored vehicles. However, the urban areas operation requires small armored vehicles. There isn't this kind of vehicle in the Brazilian Marine Corps. The objective of this paper is to use multiattribute analysis in order to support the light tactical vehicle acquisition process to the Brazilian Marine Corps.

**Keywords:** Multicriteria; Light tactical vehicle; Brazilian Marine Corps.

---

## 1. Introdução

O Corpo de Fuzileiros Navais (CFN) é uma instituição bicentenária que por natureza projeta o poder naval sobre terra. Em 1808 a família real portuguesa deixou Lisboa em direção ao Rio de Janeiro para se resguardar da ameaça que representavam as tropas de Napoleão. Coube à Brigada Real da Marinha de Portugal (BRMP) a escolta nesse trajeto. Em 7 de março de 1808 com a chegada ao Rio de Janeiro, a BRMP concluiu sua missão e nunca mais retornou para Portugal, sendo esse momento considerado o marco inicial na história do Corpo de Fuzileiros Navais (CFN). Ao longo do tempo, o CFN participou de eventos importantes na história nacional e mundial como: a expedição à Guiana Francesa (1808), campanha do Prata (1851) e Segunda Guerra Mundial (1943). Em Angola (1995), como Força de paz, atuou sobre a égide da Organização das Nações Unidas (ONU), bem como no Haiti, onde atua desde 2004. A Estratégia Nacional de Defesa (Brasil, 2008) define o CFN como a Força de caráter expedicionário por excelência e também determina que seus meios permaneçam em condições de pronto emprego. Ser a Força de caráter expedicionário por excelência, e não apenas uma delas, significa que a qualquer momento e em qualquer lugar em que a situação saia do controle o Corpo de Fuzileiros será requisitado para dar uma rápida resposta, sendo as demais Forças acionadas posteriormente se necessário. Ser expedicionário significa ir em direção ao problema em regiões inóspitas e sem qualquer apoio externo. Essas regiões são, em um contexto militar clássico, dominadas pelo inimigo. Todavia, também significa ser empregado nas operações de Garantia da Lei e da Ordem que têm por objetivo a preservação da ordem pública e da incolumidade das pessoas e do patrimônio, conforme ocorreu no estado do Rio de Janeiro em regiões como o Complexo do Alemão e Complexo da Maré. Em muitos casos a ameaça à integridade dos militares é alta, no entanto o terreno é composto por ruas estreitas e vielas que não permitem o uso das viaturas blindadas componentes do CFN. Desta forma, faz-se necessário a aquisição de uma viatura tática leve (VTL) para preencher essa lacuna. O processo de seleção dessa viatura pode ser realizado por um processo de apoio à decisão multicritério. Existem diversas técnicas multicritérios para apoio à decisão. Neste trabalho é seguida a abordagem multicritério MACBETH e usado o sistema de apoio à decisão M-MACBETH para selecionar uma viatura tática leve para o Corpo de Fuzileiros Navais. Segundo Bana e Costa (2004), MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) é uma abordagem interativa que usa julgamentos semânticos sobre as diferenças de atratividade de vários estímulos para ajudar um tomador de decisão a quantificar a atratividade relativa de cada um. Ele emprega um procedimento inicial, iterativo, que compara dois elementos de cada vez, necessitando apenas um julgamento de preferência de caráter qualitativo. O método MACBETH não permite que haja inconsistências e é estruturado em quatro etapas: estruturação

dos critérios, ponderação dos critérios, apreciação das alternativas e elaboração das recomendações.

## **2. Análise do Problema**

No contexto do problema abordado neste trabalho, o desempenho de um VTL é um ponto fundamental a ser considerado para o cumprimento da missão dada ao CFN nas operações de Garantia da Lei e da Ordem. O entendimento do problema em discussão é vital para que o processo de solução seja eficiente e eficaz. Dentre os diversos recursos para estruturação dos problemas, pode-se utilizar o mapa conceitual, que busca registrar os fatores de influência e as relações de causa e efeito.

### **2.1. Elaboração do mapa conceitual**

Os fatores de desempenho considerados relevantes de uma VTL podem ser definidos através da elaboração de um mapa conceitual. Segundo Moreira (1998) o mapa conceitual é um diagrama que indica a relação entre conceitos. Tavares (2007) afirma que o mapa conceitual é uma estrutura esquemática que representa um conjunto de conceitos imersos numa rede de preposições, capaz de estruturar o conhecimento sobre determinado assunto. O mapa conceitual é capaz de representar ideias ou conceitos em um formato de diagrama hierárquico escrito ou gráfico com capacidade de mostrar as relações entre os conceitos buscando refletir a organização da estrutura cognitiva sobre o assunto escolhido (Lima, 2004). Dessa forma, através do mapa conceitual da viatura é possível identificar quais são as características importantes de desempenho que devem ser observadas no equipamento e, conseqüentemente, ajudar na definição dos critérios mais importantes para apoiar a decisão para escolha de uma VTL.

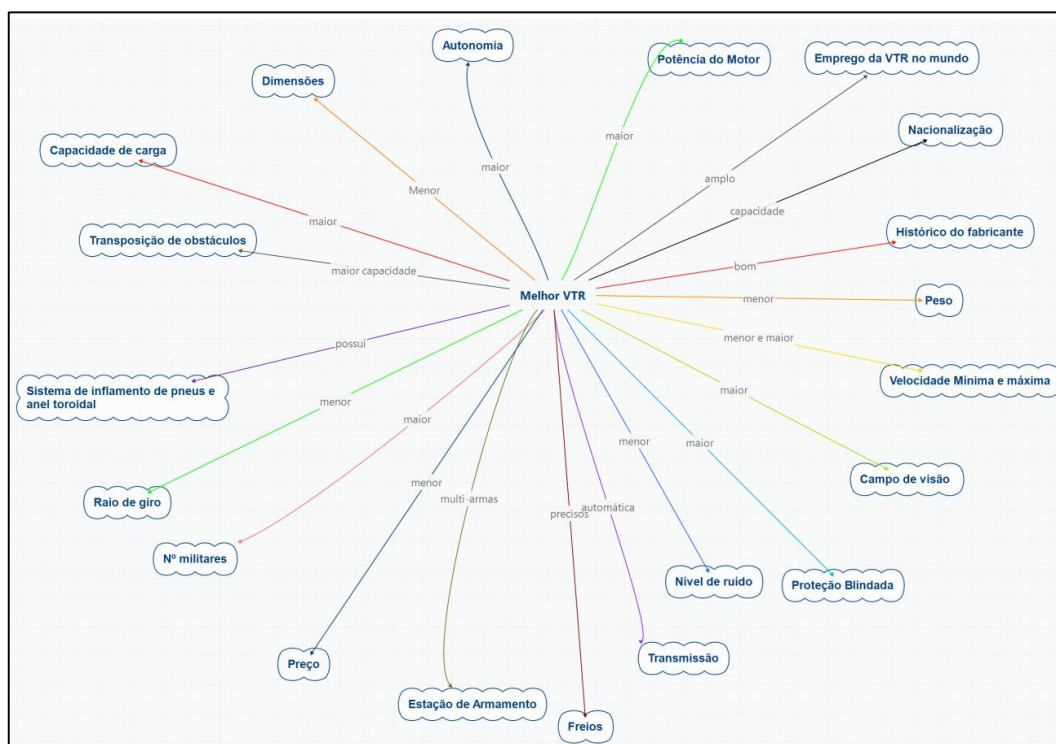
Existem princípios metodológicos a serem considerados na construção de mapas conceituais, tais como: os conceitos devem relacionar-se de forma coerente, segundo um ordenamento lógico e devem ser usadas palavras de enlace, junto aos conceitos que permitam construir frases com significado lógico e proposicional (Moreira, 1980).

Para a construção do mapa conceitual foram realizadas entrevistas com Oficiais do Corpo de Fuzileiros Navais com notória experiência em blindados e foram registradas características da viatura que, segundo os diferentes pontos de vista, contribuem significativamente para sucesso das missões. Seguindo então a metodologia descrita por Carneiro (2005) foram seguidas as seguintes etapas:

- Identificou-se o assunto a ser discutido;

- Um quadro digital foi montado, sendo realizado um brainstorming com os principais pontos acerca da viatura. Assim, foram sendo acrescentadas as ramificações necessárias aos tópicos usando cores diferentes para as ramificações e, quando possível, ligando-as e escrevendo a relação entre elas.

Assim, chegou-se no mapa conceitual apresentado na Figura 1.



**Figura 1:** Mapa conceitual do desempenho da viatura.

A partir da análise do mapa conceitual podem ser avaliados os aspectos relevantes relacionados com o desempenho de uma VTL e, assim, elencar os critérios a serem considerados. É importante destacar que alguns critérios considerados importantes podem não ter os dados disponíveis ou podem ser considerados como requisito indispensável para todas as viaturas e, portanto não podem ser comparados.

Naturalmente pode-se observar que cada viatura possui um grupo de vantagens e desvantagens. A análise do conjunto de características de cada viatura e a comparação com o desempenho do concorrente será realizada a fim de apoiar a decisão através do emprego do MACBETH. A seguir serão procedidas as etapas para utilização do método de modo a permitir a seleção da viatura mais interessante.

## 2.2. Estruturação dos critérios e opções

O foco principal é a aquisição de uma VTL com o melhor desempenho possível. Com base no mapa conceitual, obviamente limitados pelos dados que estão disponíveis, é possível elencar os critérios a serem considerados na análise, listados na Tabela 1.

**Tabela 1:** Critérios para seleção de uma viatura tática leve.

Foco Principal	Critérios	Observação	Escala
Aquisição de uma VTL com o melhor desempenho possível	Relação potência / peso	Maior possível	cv/t
	Altura	Menor possível	m
	Largura	Menor possível	Metros
	Comprimento	Menor possível	Metros
	Peso	Menor possível	kg
	Capacidade de carga	Maior possível	kg
	Vão livre	Maior possível	mm
	Número de militares	Maior possível	Militares
	Proteção balística	Maior possível	Nível STANAG
	Proteção anti-minas	Maior possível	Nível STANAG
	Velocidade máxima	Maior possível	km/h
	Velocidade mínima	Menor possível	km/h
	Rampa Longitudinal Máxima	Maior possível	Percentual em relação a 90°
	Rampa Lateral Máxima	Maior possível	Percentual em relação a 90°
	Degrau máximo	Maior possível	mm
	Raio de giro	Menor possível	mm
	Vão livre máximo	Maior possível	mm
	Vau máximo	Maior possível	mm
	Autonomia	Maior possível	km
Freios	Melhor possível	Sem ABS – 1 Com ABS – 2	

Os critérios são independentes, pois não há relação entre eles. Pode-se verificar que devido à complexidade dos sistemas mecânicos, uma maior velocidade máxima não está necessariamente ligada a uma maior potência do motor, da mesma forma que devido ao uso de materiais especiais uma maior blindagem não está necessariamente ligada a um maior peso da viatura. Uma vez definidos os critérios é realizado o levantamento das ações possíveis, isto é, das alternativas de aquisição, ilustradas na Figura 2 e na Tabela 2.



**Figura 2:** Viaturas passíveis de aquisição  
Fonte: Exército Brasileiro

**Tabela 2:** características das viaturas

Viatura	Relação potência / peso	Altura	Largura	Comprimento	Peso	Capacidade de carga	Vão livre
A	26,37 cv/ton	2,12m	2,43m	5,43m	8152kgf	1400kgf	448mm
B	29,92 cv/ton	2,13m	2,20m	4,79m	6350kgf	1000kgf	315mm
C	28,2 cv/ton	2,20m	2,21m	5,99m	8100kgf	1400kgf	473mm
D	45 cv/ton	2,09m	2,39m	4,93m	6000kgf	1500kgf	343mm
Viatura	Número de militares	Proteção balística*	Proteção anti-minas*	Velocidade máxima	Velocidade mínima	Rampa Longitudinal Máxima	Rampa Lateral Máxima
A	5	Nível 2	Nível 3	100km/h	3km/h	60%	40%
B	5	Nível 2	Nível 2	114km/h	2,13km/h	60%	30%
C	5	Nível 2	Nível 2	110 km/h	2,5 km/h	60%	30%
D	4	Nível 2	Nível 3	120km/h	10km/h	60%	30%
Viatura	Degrau máximo	Raio de giro	Vau máximo	Autonomia	Freios**		
A	400mm	7200mm	800mm	800km	2		
B	350mm	7420mm	800mm	630km	2		
C	400mm	8250mm	800mm	600km	2		
D	340mm	7790mm	760mm	480km	1		

Fonte: Exército Brasileiro

\* Níveis de blindagem definidos pela Organização do Tratado do Atlântico Norte (STANAG 4569).\*\* 1-sem ABS; 2-com ABS.

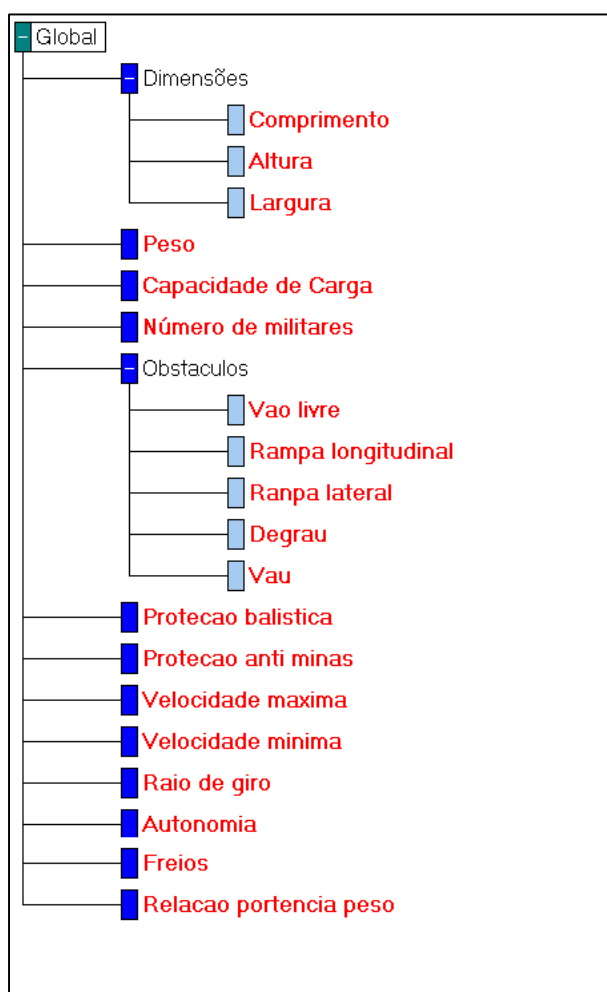
### 3. Análise do Problema

A metodologia MACBETH permite representar numericamente a opinião do tomador de decisão, consolidando as avaliações dos critérios em uma avaliação global (Torres *et al.*,

2010). Assim, espera-se assegurar a escolha da melhor alternativa de forma transparente e consistente (Bana e Costa, 2004).

### 3.1. Ponderação dos critérios e apreciação das alternativas

Dentro do método MACBETH são inseridas as viaturas candidatas. Os critérios e subcritérios devem ser avaliados segundo um grau de importância a ser estabelecido pelo Gerente de Viaturas Blindadas e seus assessores que serão os responsáveis pela aquisição. A ponderação ilustrada na Figura 3 foi estabelecida pelo Oficial de Logística do Batalhão de Blindados de Fuzileiros Navais.



**Figura 3:** Critérios e subcritérios.

Com os critérios estabelecidos, cada um recebe o nível de performance que será utilizado posteriormente para comparação, conforme ilustrado na Figura 4. Segundo Bana e Costa *et al.* (2013) quando os julgamentos são inconsistentes o *software* identifica o problema e o menor número de mudanças necessárias para resolvê-lo.



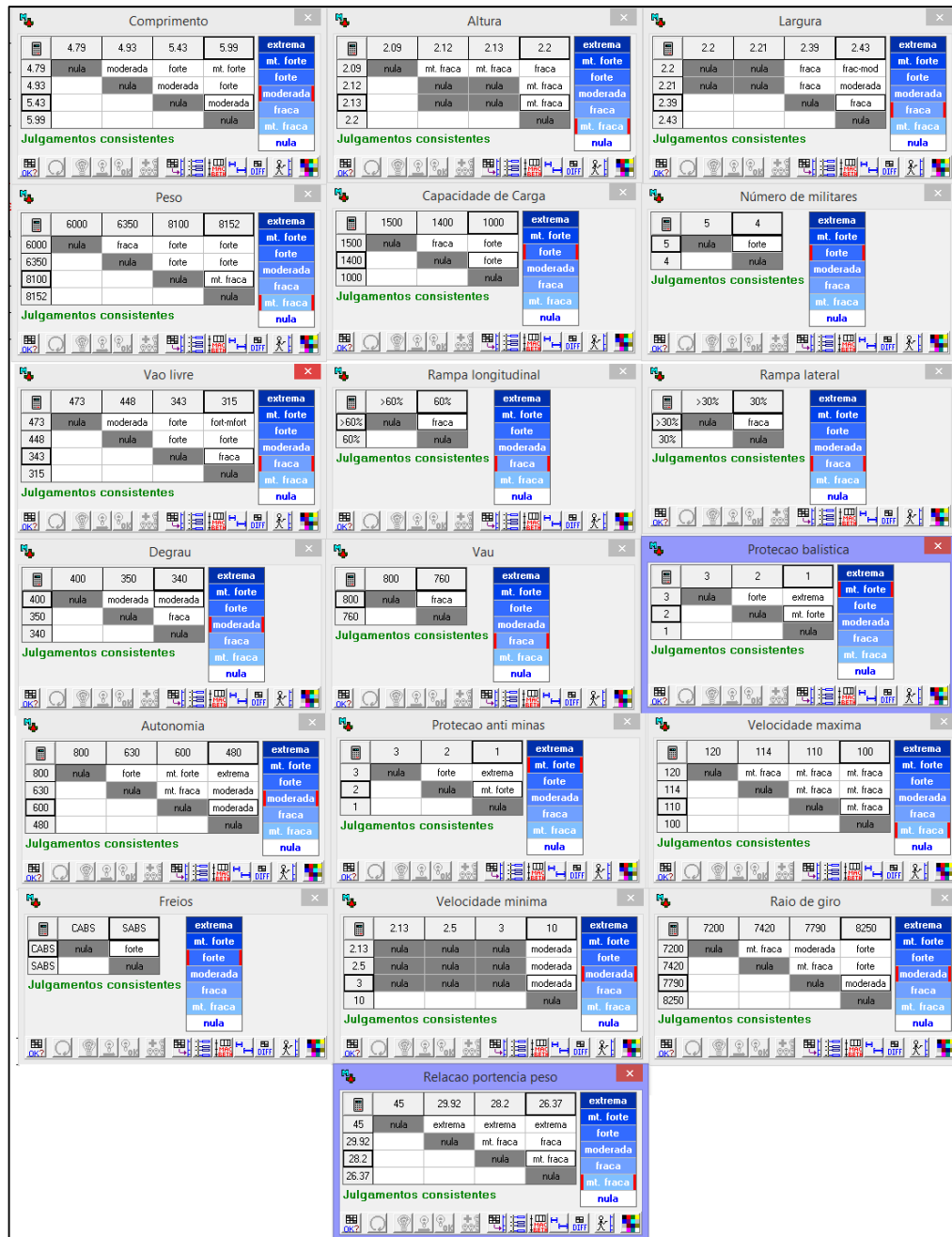


Figura 4: Níveis de performance dos critérios.

Na tabela de performances o especialista define o desempenho de cada viatura em cada critério, conforme explicitado na Figura 5.

Tabela de performances																			
Opções	Comp	Alt	Larg	Peso	Carga	NoMIL	Vao	RLong	RLat	Degrau	Vau	PBal	PAMin	Vmax	Vmin	Rgiro	Autonomia	Freios	Pot Pes
A	5.43	2.12	2.43	8152	1400	5	448	60%	>30%	400	800	2	3	100	3	7200	800	CABS	26.37
B	4.79	2.13	2.2	6350	1000	5	315	60%	30%	350	800	2	2	114	2.13	7420	630	CABS	29.92
C	5.99	2.2	2.21	8100	1400	5	473	60%	30%	400	800	2	2	110	2.5	8250	600	CABS	28.2
D	4.93	2.09	2.39	6000	1500	4	343	60%	30%	340	760	2	3	120	10	7790	480	SABS	45

Figura 5: performances das viaturas.

Também deve ser estabelecida a importância relativa de cada critério através da ponderação entre critérios conforme a Figura 6.

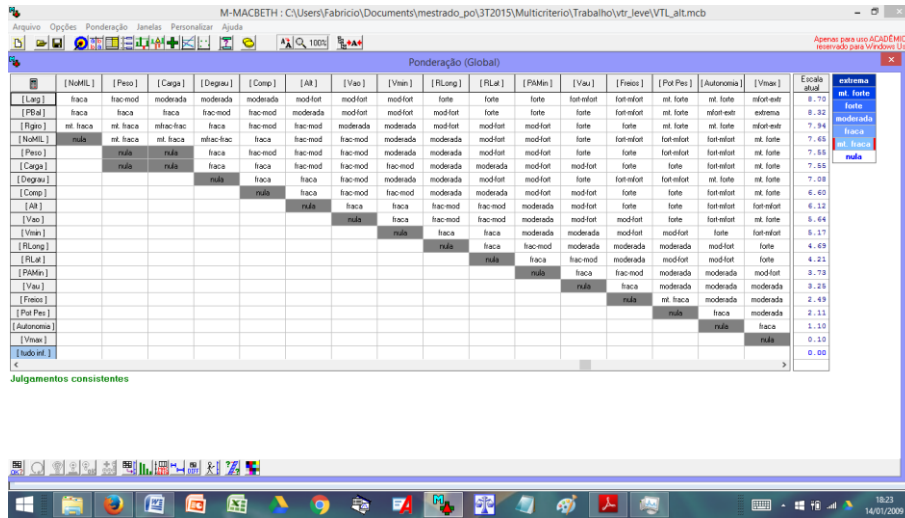


Figura 6: ponderação entre critérios.

O programa calcula então os pesos globais de cada critério, conforme ilustrado na Figura 7.

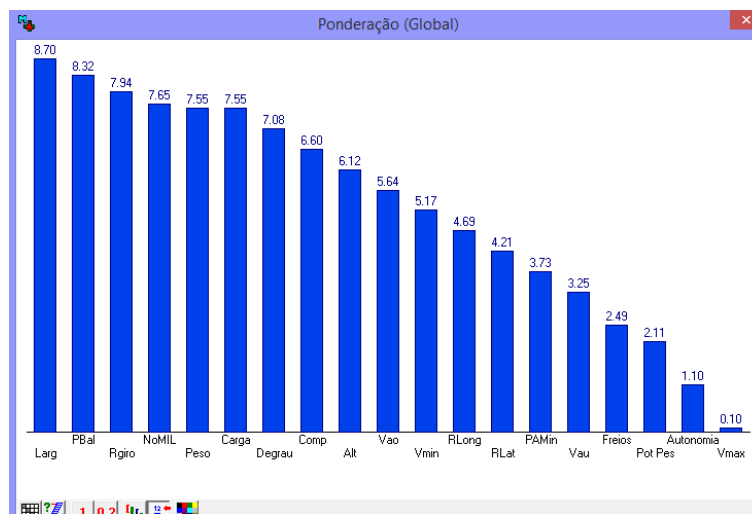


Figura 7: pesos atribuídos aos critérios.

Pode-se dizer que os pesos atribuídos são coerentes uma vez que: a largura é um fator extremamente limitante para uma viatura blindada em uma localidade. Seguindo a ordem de importância observa-se que a proteção balística em uma viatura leve é um diferencial para as missões do CFN. O raio de giro é importante pelo mesmo motivo do critério largura. O número de militares é fator de grande peso uma vez que um militar representa cerca de 20% do efetivo embarcado. Continuando a análise, o peso e a capacidade devem ser criteriosamente

observados, pois as localidades podem possuir pontes que não comportam viaturas extremamente pesadas. Os demais critérios também demonstram ter sido adequadamente escalonados. Chama a atenção o baixo peso atribuído à autonomia e velocidade máxima. De fato, a velocidade mínima é mais importante para que a viatura possa prosseguir em baixa velocidade acompanhando o deslocamento da tropa a pé. Quanto a autonomia não há grande vantagem, pois a viatura não é pensada para operar em grandes distâncias. Além disso, uma autonomia de 400 km é suficiente pois está equiparada com a autonomia das viaturas blindadas de grande porte já utilizadas pelo CFN.

A partir da coerência dos pesos as pontuações de cada viatura em cada critério podem ser estabelecidas e associadas ao peso do critério, de modo a obter o desempenho global de cada ação possível, conforme ilustrado na Figura 8.

Opções	Global	Comp	Alt	Larg	Peso	Carga	NoMIL	Vao	RLong	RLat	Degrau	Vau	PBal	PAMin	Vmax	Vmin	Rgiro	Autonomia	Fretos	Pot Pes
A	61.30	33.33	50.00	0.00	0.00	66.67	100.00	66.67	0.00	100.00	100.00	100.00	55.56	100.00	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00
B	58.88	100.00	50.00	100.00	71.43	0.00	100.00	0.00	0.00	40.00	100.00	100.00	55.56	55.56	66.67	100.00	75.00	44.44	100.00	25.00
C	53.45	0.00	0.00	100.00	14.29	66.67	100.00	100.00	0.00	0.00	100.00	100.00	55.56	55.56	33.33	100.00	0.00	33.33	100.00	12.50
D	45.76	66.67	100.00	50.00	100.00	100.00	0.00	22.22	0.00	0.00	0.00	0.00	55.56	100.00	100.00	0.00	50.00	0.00	0.00	100.00
[ tudo sup. ]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
[ tudo inf. ]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 8: pontuação de cada viatura.

### 3.2. Análise de sensibilidade e elaboração das recomendações

A partir das pontuações obtidas por cada viatura dentro de cada subcritério e sendo conhecido o peso global de cada subcritério é possível obter a prioridade de cada viatura, conforme os valores observados na Tabela 3.

Tabela 3: prioridade de cada viatura.

Ação Possível	Pontuação
Viatura A	61,30
Viatura B	58,88
Viatura C	53,45
Viatura D	45,76

Analisando os resultados verifica-se a consistência do julgamento através das observações elencadas na Tabela 4, onde estão especificados os critérios onde uma viatura possui vantagem sobre a outra.

Tabela 4 - Considerações acerca do julgamento.

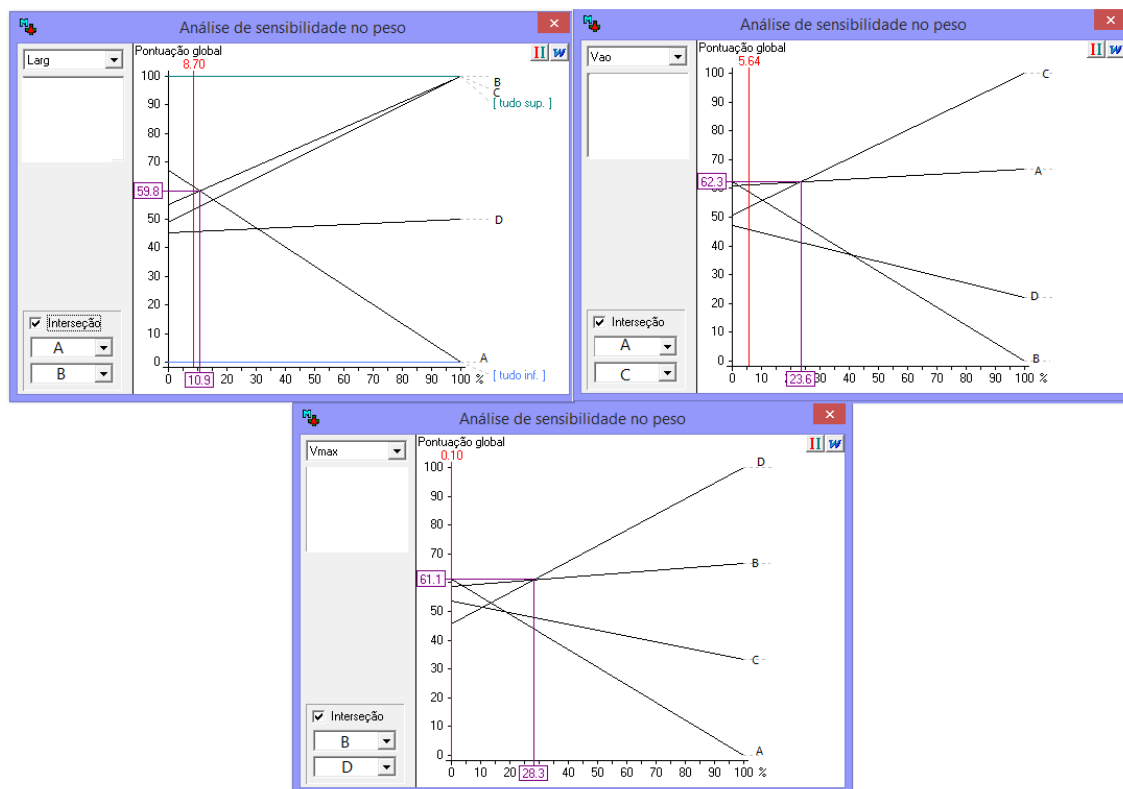
Item avaliado	Considerações
Relação potência / peso	A viatura D leva grande vantagem, no entanto o peso deste critério é baixo.
Altura	A viatura D leva vantagem razoável.

Item avaliado	Considerações
Largura	As viaturas B e C levam vantagem.
Comprimento	As viaturas B e D levam vantagem.
Peso	As viaturas B e D levam vantagem.
Capacidade de carga	As viaturas C, B e A levam vantagem
Vão livre	As viaturas C e A levam vantagem
Número de militares	Todas as viaturas exceto a D apresentam desempenho superior.
Proteção balística	Todas as viaturas apresentam o mesmo desempenho.
Proteção anti-minas	As viaturas A e D levam vantagem.
Velocidade máxima	Viatura D leva vantagem, no entanto o peso do critério é muito baixo.
Velocidade mínima	Desempenho da viatura D muito prejudicado em critério importante.
Rampa Longitudinal Máxima	Mesmo desempenho para todas as viaturas.
Rampa Lateral Máxima	Viatura A apresentou desempenho superior em critério significativo.
Degrau máximo	Viaturas A e C apresentaram desempenho superior em critério significativo.
Raio de giro	Viatura A apresentou desempenho superior em critério significativo.
Vão livre máximo	Viaturas B e D apresentaram desempenho reduzido em critério significativo.
Vau máximo	Viatura D apresentou desempenho reduzido em critério relativamente significativo.
Autonomia	Viatura A apresentou desempenho muito superior em critério significativo
Freios	Viatura D apresentou desempenho reduzido em critério relativamente pouco significativo

Observa-se que a viatura D é extremamente superior em alguns critérios e extremamente inferior em outros. Como o peso dos critérios em que ela é inferior é maior do que o peso dos critérios onde seu desempenho é extraordinário, a viatura foi mal classificada no processo de escolha. Por outro lado, as viaturas A e B são mais constantes em seus resultados e obtiveram melhor classificação. Embora a viatura A tenha obtido melhor pontuação geral, a diferença para a viatura B não é extremamente significativa. Obviamente para situações nas quais os critérios fossem avaliados quanto a suas importâncias de maneira diferente o ordenamento da preferência de escolha seria diferente. Observando a Figura 9, pode-se citar como exemplos casos em que a largura recebesse peso superior a 10,9% (o que levaria a viatura B à vitória), o vão recebesse peso superior a 23,6% (levando assim a viatura C ao primeiro lugar) ou ainda o critério de transposição de curso d'água (Vau Máximo) recebesse peso superior a 28,3% (colocando a viatura D como a melhor escolha).

Ainda sim pode-se concluir que a classificação das ações possíveis é consistente e a classificação obtida com a aplicação do método pode ser utilizada para apoiar a decisão sobre aquisição da viatura. No entanto, devido à pequena diferença de pontuação entre as duas

viaturas com melhor classificadas, seria interessante refazer o processo considerando como tomador de decisão o Comandante Geral do Corpo de Fuzileiros Navais, que em última instância é quem decide a compra.



**Figura 9:** análise de sensibilidade.

#### 4. Conclusões

O método MACBETH mostrou-se uma poderosa ferramenta capaz de quantificar critérios objetivos ou subjetivos, dando a cada critério a importância que ele merece, segundo a ótica do avaliador, e analisando como cada alternativa se comporta diante de cada critério, dando uma nota final para cada uma delas de acordo com seu desempenho. A importância desta nota varia de acordo com a importância do próprio critério e isso faz com que o processo de decisão seja facilmente reproduzido e seja extremamente transparente. Uma vez que o decisor não seja mais o mesmo, o processo pode ser revisto modificando os critérios e os seus respectivos pesos, mantendo, no entanto, a transparência e o fácil entendimento. Tal metodologia pode ser aplicada ao processo de escolha de qualquer equipamento ou até mesmo ao processo de escolha de pessoal para determinadas funções. No caso analisado a viatura A se apresenta como a melhor escolha, seguida de perto pela viatura B, uma vez que para os critérios considerados a vantagem na pontuação final da primeira é pouco expressiva em relação à segunda.

## 5. Referências

- BANA E COSTA, C. A., CHAGAS, M. P. 2004. A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. *European Journal of Operational Research*, 153, 2, 323–331.
- BANA E COSTA, C. A., ANGULO-MEZA, L., OLIVEIRA, M. D. 2013. O método Macbeth e aplicação no Brasil. *Engevista*, 15, 1, 3–27.
- BRASIL, *Estratégia Nacional de Defesa*, Brasília, DF, 2008.
- CARNEIRO, M. F. S. 2005. Mapa mental: mais um instrumento a ser considerado no seu cinto de mil e uma utilidades. *Revista Mundo Project Management*, 6.
- LIMA, G. A. B. 2004. Mapa conceitual como ferramenta para organização do conhecimento em sistema de hipertextos e seus aspectos cognitivos. *Perspect. Ciênc. Inf.*, 9, 2, 134-145.
- MOREIRA, M. A. 1980. Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa. *Ciência & Cultura*, 32, 4, 474-479.
- MOREIRA, M. A. 1998. Mapas conceituais e aprendizagem significativa. *Cadernos de Aplicação*, 11, 2, 143-156.
- NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. 2012. Protection Levels for Occupants of Logistic and Light Armored Vehicles. Brussels: NATO.
- TAVARES, R. 2007. Construindo mapas conceituais. *Ciência e Cognição*, 12, 72–85.
- TORRES, N. T., ESPENCHITT D. G., LINS, M. P. E. Estudo de caso: utilização da metodologia multicritério em hipóteses de inexigibilidade de licitação pública. XIII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, 2010, Rio de Janeiro, Brasil.