

## **ABORDAGEM MULTICRITÉRIO PARA A SELEÇÃO DE UM NOVO FUZIL PARA A FORÇA AÉREA BRASILEIRA**

Ronnie Giussani Carrassai<sup>1</sup>  
Renata Belluzzo Zironi Mori<sup>2</sup>

### **RESUMO**

A Infantaria da Aeronáutica utiliza o fuzil HK-33 desde os anos 1970. Entretanto, fatores como os avanços tecnológicos no projeto e na produção de sistemas bélicos experimentados nos últimos tempos, aliados às mudanças nos cenários de emprego, levantam a discussão sobre a eventual necessidade de sua substituição a partir da aquisição de um novo armamento. Os processos de aquisição de sistemas e materiais para a Aeronáutica são complexos e envolvem a avaliação quanto ao atendimento das necessidades operacionais estabelecidas. Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi ordenar fuzis, atualmente comercializados, de acordo com a sua capacidade de atender às necessidades operacionais da Infantaria da Aeronáutica relacionadas à área de Segurança e Defesa. Este tipo de discussão é complexo, pois envolve diferentes critérios de análise muitas vezes conflitantes. Assim, a utilização das ferramentas, dentro da metodologia multicritério, mostrou-se promissora, e o Analytic Hierarchy Process (AHP) foi o método utilizado. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre os métodos multicritério, bem como uma pesquisa de opinião com militares pertencentes ao Quadro de Oficiais de Infantaria da Aeronáutica. Após a análise, foi possível inferir que, dos armamentos analisados, o que obteve a maior pontuação foi o HK-416, seguido do HK-417, do Taurus T4, do Colt M4A1 e do HK-33.

**Palavras-chave:** Fuzil HK-33; Infantaria da Aeronáutica; Método multicritério; AHP.

---

<sup>1</sup> Bacharel em Ciências Militares e Administração Pública pela Academia da Força Aérea por ter concluído o Curso de Formação de Oficiais de Infantaria da Aeronáutica possui Curso Prático para Aspirante a Oficial de Infantaria. Atualmente é 2o Ten de Infantaria da Aeronáutica atuando como Comandante do Esquadrão de Formação de Soldados do Grupo de Segurança e Defesa de Recife.

<sup>2</sup> Possui Graduação e Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos, Doutorado em Engenharia Mecânica e Especialização pela Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo. Atualmente é professora associado IV da Academia da Força Aérea onde ministra a disciplina de Pesquisa Operacional e atua como Chefe da Subdivisão de Instrução Científica. E-mail: renatarbzm@fab.mil.br

## **MULTICRITERIA APPROACH FOR THE SELECTION OF A NEW RIFLE FOR THE BRAZILIAN AIR FORCE**

### **ABSTRACT**

The Air Force Infantry has been using the HK-33 since 1970. However, factors such as technological advances on project and production of experimented weapon systems in the last times combined with the changes on the battlefield, arises a discussion about some possible need for its replacement by means of an acquisition of a new weapon. The purchasing processes of systems and materials for the Brazilian Air Force are complex and involve an evaluation of systems required by established operational needs. Considering that, the objective of this research was to sort the assault rifles, currently marketed, according to its capability of meeting the operational needs of the Air Force Infantry related to the area of Defense and Security. This type of discussion is complex, because it involves different analysis criteria that are often conflicting. Thus, the application of the instruments inside the multicriteria methodology seemed to be promising, and the Analytic Hierarchy Process (AHP) was the used method. For this purpose, it was executed a literature review about the multicriteria methods as well as an opinion survey with Air Force Infantry Officers. After the analysis, it was possible to infer that among the analyzed weapons, the one that obtained the highest score was HK-416, followed by HK-417, Taurus T4, Colt M4A1 and HK-33.

**Keywords:** Assault rifle HK-33; Air Force Infantry; Multicriteria method; AHP.

### **1 INTRODUÇÃO**

A Infantaria da Aeronáutica utiliza, desde os anos de 1970, o fuzil HK-33 em suas operações de Segurança e Defesa, principalmente, nas ações de Autodefesa de Superfície, Polícia da Aeronáutica e Segurança das Instalações (Brasil, 2019).

O HK-33 (figura 1) foi desenvolvido pela fabricante de armas alemã *Heckler & Kock*, em meados da década de 1960, sendo uma versão do HK G3 com um calibre 5,56x45mm OTAN e com menores dimensões (André, 2018).

Dentre as suas características principais estão: seu sistema de ação é o *blowback* desacelerado por roletes; possuir versões com coronha fixa e retrátil, pesando sem carregador, respectivamente, 3,65 kg e 4,00 kg; seu alcance útil é de 400 metros; e sua cadência é de 750 tiros por minuto (Heckler & Kock, 1968).



**Figura 1** O fuzil HK-33

**Fonte:** Disponível em: <http://armabellica.com.br/hk33/>. Acesso em: 12 ago. 2022.

Atualmente, as características do emprego da Infantaria da Aeronáutica muito se diferem daquelas realizadas em 1970, devido, dentre outras, à migração do campo de batalha para o ambiente urbano (Silva, 2014).

Neste ambiente, a redução da distância no confronto torna características como agilidade e mobilidade essenciais para a execução da operação, pois devido ao reduzido tempo de resposta, os movimentos devem ser realizados com a maior velocidade possível. Ademais, a modularidade dos fuzis, a qual permite a instalação de acessórios, como lanternas, apontadores lasers e miras ópticas de uma forma simples, bem como a diminuição no tamanho e no peso do armamento, apresentam-se como importantes fatores para uma disputa a curta distância (Silva, 2014).

Os novos cenários de emprego, aliados aos constantes avanços tecnológicos do setor de armamentos, torna relevante o questionamento sobre a adequação do HK-33 às atuais necessidades operacionais da Infantaria da Aeronáutica nas atividades de Segurança e Defesa (SEGDEF).

Diante do exposto, os fuzis atualmente comercializados são capazes de atender às necessidades operacionais da Infantaria da Aeronáutica na área de Segurança e Defesa de forma a serem possíveis opções de substituição do HK-33?

A partir desse questionamento, pode-se dizer que o objetivo geral dessa pesquisa foi ordenar fuzis, atualmente comercializados, de acordo com a sua capacidade de atender às necessidades operacionais da Infantaria da Aeronáutica relacionadas à área de Segurança e Defesa.

A análise em tela é complexa, pois envolveu diferentes critérios de decisão. Neste sentido, a utilização do *Analytic Hierarchy Process* (AHP) mostrou-se adequada, pois permitiu estabelecer um ranking entre as alternativas de fuzis em função dos diferentes critérios de análise.

A relevância da temática é expressa pela Política Nacional de Defesa (PND), quando ressalta a

importância do aparelhamento das Forças Armadas com equipamentos adequados e modernos como forma de garantir o cumprimento de sua missão constitucional. (Brasil, 2016). Ademais, este artigo busca contribuir para a geração de conhecimento na área de defesa no que diz respeito aos processos de tomada de decisão para seleção de novos equipamentos e sistemas para as Forças Armadas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Em qualquer aquisição de material é de suma importância que seja realizada uma análise detalhada do custo de seu ciclo de vida (Blanchard, 1995). Essa investigação não envolve apenas custo de aquisição do produto, mas, também, o custo de manutenção, treinamento, operação, dentre outros. A metáfora do “iceberg” de Blanchard (1995) que pode ser visualizada na figura 2.

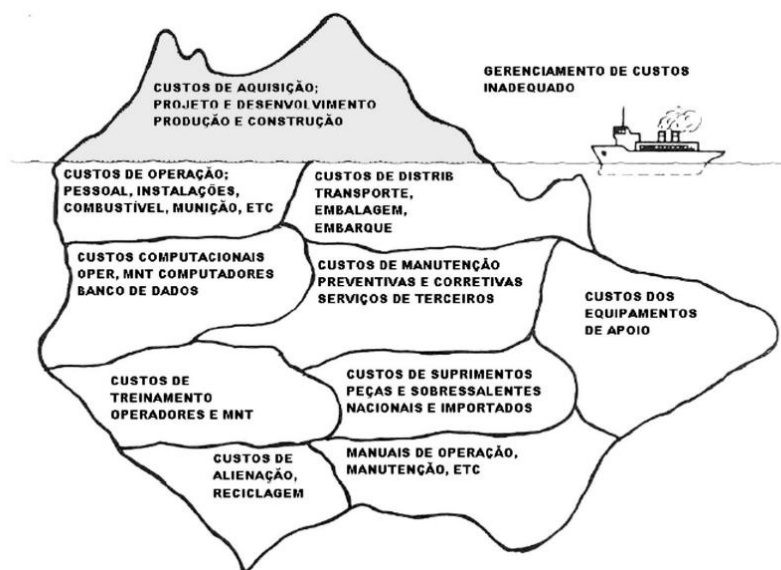


Figura 2 Metáfora do Iceberg na análise do custo do ciclo de vida

Fonte: Blanchard, 2013, p. 25.

Além dos aspectos financeiros e logísticos apresentados por Blanchard, torna-se necessário a análise quanto a adequação operacional entre o armamento e a missão a ser realizada. Isso, porque as operações urbanas, ribeirinhas, de caatinga e na selva possuem características distintas e, é fundamental que o armamento utilizado seja adequado a esses

ambientes. Neste sentido, é possível dizer que em operações urbanas, com maior proximidade e concentração de civis, não se deve utilizar fuzis com longo alcance a fim de minimizar o risco de acidentes, tais como balas perdidas. Por outro lado, em operações de selva, o uso de um calibre alto é indicado para que as árvores não sejam usadas como proteção pelo oponente. Ou ainda, em uma missão de caatinga, recomenda-se um armamento que possua alta resistência à areia para reduzir ao máximo a quantidade de panes.

A interoperabilidade entre as forças é outro fator a ser considerado na definição de um armamento, pois é necessário dispor de equipamentos com propriedades funcionais e físicas que sejam equivalentes em desempenho, durabilidade, além da possibilidade de intercambiar as peças. Segundo a Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle, a interoperabilidade é a capacidade que sistemas, unidades ou forças detêm de intercambiar, bem como aceitar, serviços e informações desses outros lugares, podendo emprega-los sem comprometer suas funcionalidades (Brasil, 2015).

Diante do exposto é possível dizer que diferentes critérios, muitas vezes conflitantes, devem ser observados na seleção de um armamento para ser utilizado pela Infantaria da Aeronáutica em suas operações relacionadas à Segurança e Defesa.

Isso torna esse processo complexo, e o uso de métodos multicritério no auxílio ao processo decisório demonstra-se de grande valia.

## **2.1 Métodos multicritério e o *Analytic Hierarchy Process* (AHP)**

Os métodos multicritérios são ferramentas que auxiliam no processo de tomada de decisão acerca de um problema complexo por meio da avaliação e escolha de alternativas fundamentadas em critérios e pontos de vistas distintos (Jannuzzi; Miranda; Silva, 2009), sem visar uma veracidade única, e, sim, sugerir uma conduta ao decisor (Gross, 2010).

A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão procura auxiliar a modelar o contexto decisional, a partir da consideração das convicções e valores dos indivíduos envolvidos, de tal forma a permitir a construção de um modelo no qual se baseia as decisões em favor do que se acredita ser o mais adequado. O processo de apoio à decisão se caracteriza pela flexibilidade de permitir forte interação do modelo a ser construído com os tomadores de decisão e suas percepções da problemática em estudo (Vilella, 2009, p. 26).

Em virtude disso, os métodos multicritério têm ganhado força quando se pensa em

métodos de apoio à decisão. Isso não é diferente no ambiente militar. A literatura apresenta relatos da utilização de diferentes abordagens multicritério em problemáticas militares nos últimos anos.

Dentre os métodos multicritério mais difundidos na literatura está o *Analytic Hierarchy Process* proposto por Thomas Saaty, em 1970, para solucionar um problema de planejamento para o Departamento de Defesa dos Estados Unidos da América. (Saaty, 1991)

Silva (2013) propôs a aplicação do AHP para auxiliar na escolha de um sistema de guerra eletrônica para a autodefesa de helicópteros de combate. Os critérios foram selecionados, e priorizados pelos pilotos de helicóptero do Segundo Esquadrão do Oitavo Grupo de Aviação (2º/8º Gav).

Gomes e Gomes (2019) apresentaram diversos exemplos da aplicação do AHP em assuntos militares, tais como nas áreas de defesa, de estudos de conflitos armados, de controle de armas e desarmamento, de antiterrorismo e de investimentos em tecnologia de retorno incerto. Devido à quantidade e à eficácia do emprego desse método, o Prof. Saaty recebeu inúmeros prêmios, dentre eles, um reconhecimento do *Institute for Operations Research and the Management Sciences* (INFORMS) pela efetividade na resolução de problemas multicriteriais complexos.

Salomon e Montevechi (2001) compararam a aplicação do método AHP com diversos métodos multicritério, como o *Analytic Network Process* (ANP), *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH), *Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), entre outros. Ao final do estudo, os pesquisadores concluíram que o método deve ser escolhido de acordo com a situação, porém, se houver disponibilidade de tempo para a tomada de decisão, se possuir até nove alternativas na estrutura do problema e se essas alternativas e os critérios de decisão forem totalmente independentes entre si, a utilização do AHP é recomendada.

A aplicação do AHP nas mais diversas áreas mostra-se adequado devido, segundo Santos et al. (2016), às suas características de transparência, viés científico e estrutura hierarquizada. Ademais, Saaty (1990) em seu livro cita diversas vantagens, sintetizadas na figura 3, da aplicação do próprio método.



**Figura 3** Características do método AHP

**Fonte:** Saaty, 1990, p. 23

Portanto, tendo em vista a ampla utilização e efetividade do AHP, bem como as vantagens na sua utilização, observadas na figura 3, o AHP foi o método multicritério escolhido para o desenvolvimento desta pesquisa.

## 2.2 O Processo de Análise Hierárquica

É possível observar por meio da literatura que o número de fases que compõem o processo de análise hierárquica varia entre os autores.

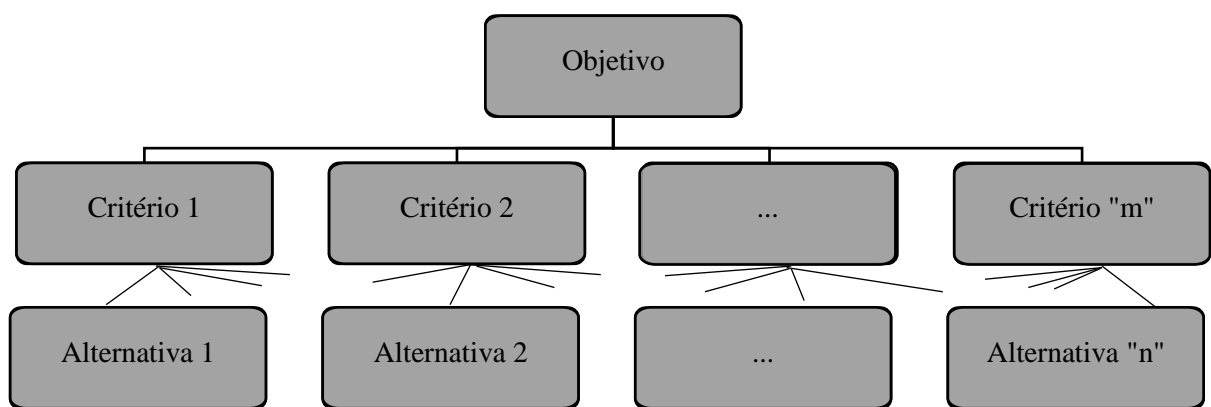
Para Saaty (1991), o processo de análise hierárquica possui as seguintes fases: estruturação dos critérios e alternativas, realização dos julgamentos paritários, cálculo das prioridades, verificação da consistência lógica dos julgamentos realizados e, por último, o

cálculo das prioridades globais das alternativas.

Costa (2002) realiza o processo em três etapas: construção de uma hierarquia, definição das prioridades e verificação da consistência lógica.

Meier e Mori (2021) utilizaram o AHP por meio de cinco fases: construção da estrutura hierárquica do problema, realização dos julgamentos paritários e cálculo das matrizes resultantes, cálculo da importância relativa entre os critérios de decisão, análise da consistência lógica, e avaliação das alternativas propostas. Neste artigo, o processo de análise hierárquica segue a organização proposta por Meier e Mori (2021).

A construção da estrutura hierárquica tem por objetivo dividir o problema em níveis hierárquicos a fim de facilitar a sua compreensão e avaliação. Os elementos que compõem essa estrutura são divididos em três níveis distintos: o objetivo geral a ser alcançado com o processo decisório; os critérios a serem utilizados; e as alternativas disponíveis a serem analisadas. Caso haja a necessidade, existe a possibilidade de desmembrar um critério em uma ou mais unidades menores, denominadas subcritérios. Via de regra, a estrutura hierárquica de um problema deve ser complexa o suficiente para englobar todo o escopo da situação a ser estudada, mas também tem que possuir a maior simplicidade possível a fim de ser sensível às eventuais mudanças. Dessa forma, os decisores podem efetuar diversas análises com o objetivo de expressar a realidade do problema da melhor forma (Gomes, 2009) (Marins; Souza; Barros, 2009). A figura 4 apresenta a estrutura hierárquica básica do método AHP.



**Figura 4** Estrutura hierárquica do AHP em três níveis

**Fonte:** Marins; Souza; Barros, 2009, p. 3.

A definição da importância relativa dos critérios de análise tem como objetivo calcular



o peso relativo de cada critério ou subcritério para a avaliação do “item pai”. Para tanto, há a necessidade de realizar comparações paritárias entre critérios/subcritérios, pertencentes a um mesmo nível na estrutura hierárquica e a um mesmo “item pai”. Tais comparações são realizadas por especialistas no assunto (Marins; Souza; Barros, 2009) e utilizam a escala fundamental de Saaty, representada na tabela 1.

**Tabela 1** Escala Fundamental de Saaty

Escala numérica	Escala conceitual	Descrição
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 e o juízo favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação a outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se busca uma condição de compromisso entre duas definições.

Fonte: Saaty, 1986, p. 843.

Ao realizar a comparação paritária, os números ímpares da escala de Saaty devem ser priorizados, sendo sugerido utilizar os pares somente se houver falta de consenso na avaliação. No total, cada especialista deverá realizar  $\frac{n*(n-1)}{2}$  comparações par a par, sendo n o número de critérios/subcritérios de análise pertencentes a um mesmo nível na estrutura hierárquica (Saaty, 1987). Tais comparações geram a matriz de ordem n apresentada pela equação (E1) (Meier; Mori, 2021, p. 2).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \dots & \dots & \dots & 1 & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & 1/a_{3n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \tag{E1}$$

Em razão da reciprocidade das comparações paritárias, se o critério X possui importância  $a_{12}$  em relação ao critério Y, logo, Y terá importância  $1/a_{12}$ .

Quando mais de um julgador realiza as comparações paritárias, torna-se necessário

calcular a matriz resultante dos diferentes julgamentos. Para isso, há a opção de escolher uma dentre duas abordagens de agregação das matrizes, dependendo das características da equipe de avaliadores (Da Costa; Belderrain, 2009):

- a) agregação Individual de Julgamentos (AIJ): tal abordagem é utilizada quando a equipe abdica de suas preferências pessoais, pensando no grupo como um todo e agindo com um acentuado nível de sinergia. Em razão disso, as médias geométricas são utilizadas para essa integração, cumprindo as condições de unanimidade e homogeneidade;
- b) agregação Individual de Prioridades (AIP): essa forma de incorporação tem sua utilização nos casos em que a equipe não renuncia seus valores pessoais, deixando de considerar o consenso do grupo. Portanto, as aritméticas podem ser empregadas.

Ao final desse processo, a matriz resultante deve ser normalizada a fim de padronizar os julgamentos já que eles precisam estar em uma escala com a mesma razão. Para isso, o valor de cada célula é dividido pelo somatório dos valores que estão nessa coluna (Marins; SOUZA; Barros, 2009).

A Prioridade Média Local (*PML*) representa o peso relativo entre cada critério ou subcritério estabelecido para a avaliação do “item pai” e é definida pelo vetor prioridade ou vetor de *Eigen* obtido, de forma aproximada, por meio da média aritmética de cada linha da matriz normalizada (Godoi, 2014) (Vargas, 2010).

No caso de subcritérios, tem-se, ainda, necessidade de calcular as Prioridades Globais do subcritério *j* ( $PG_{i,j}^{SC}$ ) as quais representam o peso de cada subcritério *j* pertencente ao critério *i* para alcançar o objetivo. A equação (E2) demonstra a equação e as variáveis necessárias para o cálculo (Meier; Mori, 2021, p. 3),, como as referentes a:

$$PG_{i,j}^{SC} = PML_{i,j}^{SC} * PML_i^C \quad \text{para} \quad i = 1..n \text{ e } j = 1..m \quad (E2)$$

onde

$PML_i^C$  = prioridade média local do critério *i*

*m* = número de subcritérios definidos para o critério *i*

*n* = número de critérios definidos

Vale ressaltar que os critérios que não possuem subcritérios têm a sua Prioridade Global

( $PG_i^C$ ) o mesmo valor da sua Prioridade Média Local ( $PML_i^C$ ) (Meier; Mori, 2021).

A próxima fase do processo busca verificar se há inconsistências lógicas nos julgamentos paritários realizados pelos especialistas. Um exemplo de inconsistência lógica seria quando, em um julgamento, o critério X é mais importante que o Y, e o Y mais importante que Z, porém o X não é mais importante que o Z. É possível dizer que, quanto maior o número de critérios/subcritérios, maior é a probabilidade de ocorrerem inconsistências nos julgamentos paritários.

Para identificar possíveis incoerências nos julgamentos, é necessário analisar o Índice de Consistência (IC) (equação E3) e a Razão de Consistência (RC) (equação E4), sendo que o  $\lambda_{max}$  é o autovalor máximo da matriz de julgamentos de ordem n (Vargas, 2010) (Meier; Mori, 2021, p. 3).

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{(n - 1)} \quad (E3)$$

A Razão de Consistência, por sua vez, é calculada pela divisão entre o IC e o Índice de Consistência Aleatória (IR), (equação E4) (Meier; Mori, 2021, p. 3).

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (E4)$$

Os valores de IR dependem do número da ordem (n) das matrizes de acordo com a tabela 2 e representam o índice de consistência de uma matriz recíproca gerada, randomicamente, pelo *Laboratório Oak Ridge*.

**Tabela 2** Índice de Consistência Aleatória (IR)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Gomes, 2002, p. 75.

A matriz é considerada idealmente consistente quando os valores de RC são inferiores a 10% (Vargas, 2012). Entretanto, valores de até 20% podem ser admitidos, caso contrário, torna-se necessária a solicitação da revisão desse indivíduo sobre seus julgamentos ou a exclusão de sua análise (Briozzo e Musetti, 2015).

Por fim, a última fase consiste em avaliar as alternativas de solução ao problema, tendo em vista o nível que elas atendem ao objetivo geral e utilizando os critérios e subcritérios selecionados. Nessa fase, de acordo com o apresentado por Meier e Mori (2021), a avaliação das alternativas pode ser realizada por meio de uma escala linear, conforme a tabela 3.

**Tabela 3** Escala para avaliação de alternativas

Grau	Significado
1	Alternativa atende extremamente pouco ao critério/subcritério.
2	Alternativa atende fortemente pouco ao critério/subcritério.
3	Alternativa atende muito pouco ao critério/subcritério.
4	Alternativa atende moderadamente pouco ao critério/subcritério.
5	Alternativa não possui relação com o critério/subcritério.
6	Alternativa atende moderadamente ao critério/subcritério.
7	Alternativa atende muito ao critério/subcritério.
8	Alternativa atende fortemente ao critério/subcritério.
9	Alternativa atende extremamente ao critério/subcritério.

Fonte: Meier; Mori, 2021, p. 3

Segundo os autores, as avaliações que os especialistas realizam de cada alternativa em relação a cada critério/subcritério são denominadas Graus de Atendimento (GA). Os valores dos GA devem ser multiplicados pelas PG dos critérios e/ou subcritérios a que se referem, obtendo-se o Valor Global da Alternativa (VGA) conforme indicado na equação (E5). Observa-se que as alternativas mais bem classificadas serão as que possuírem os maiores VGA.

$$VGA_i = \sum_{j=1}^m GA_i^j * PG_j \quad \text{para } i = 1..n \quad (E5)$$

onde

$VGA_i$  = valor global da alternativa i  
 m = número de critérios/subcritérios  
 n = número de alternativas

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa aqui delineada possui uma finalidade aplicada, ou seja, tem por objetivo gerar conhecimento para aplicação prática direcionada à solução de problemas em curto ou médio prazo (Thiollent, 2009).

Quanto à sua natureza, pode ser classificada como quali-quanti, pois envolve o uso integrado da pesquisa quantitativa, a qual se trata de uma vertente experimentalista com dados

analisados por técnicas estatísticas, envolvendo números, mas também possui uma vertente interpretativa com dados analisado por técnicas exploratórias, contendo as experiências humanas (Rodrigues; De Oliveira; Dos Santos, 2021).

Para atingir o objetivo de ordenar os fuzis, atualmente comercializados, de acordo com a sua capacidade de atender às necessidades operacionais da Infantaria da Aeronáutica relacionadas à área de Segurança e Defesa, as seguintes etapas e métodos de pesquisa foram realizados:

- a) inicialmente, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre os métodos de análise multicritério e o emprego da Infantaria da Aeronáutica. Essas informações foram fundamentais na definição do método de análise multicritério, dos critérios a serem utilizados na análise pretendida bem como do escopo da pesquisa;
- b) posteriormente, efetuou-se uma pesquisa de opinião com 23 Oficiais pertencentes ao Quadro de Oficiais de Infantaria da Aeronáutica (QOInf), por meio do Google Forms com a finalidade de, em complemento à pesquisa bibliográfica, identificar os critérios e as alternativas a serem considerados na análise aqui delineada. Para a sua realização, aos participantes foi inquerido, por meio de pergunta direta quais critérios deveriam fazer parte da análise pretendida bem como quais armamentos deveriam ser avaliados.
- c) por fim, a realização dos julgamentos paritários, necessários ao AHP, bem como a avaliação das alternativas foram realizadas por quatro militares superiores, também pertencentes ao QOInf e, aqui denominados “especialistas”, por meio do preenchimento de uma planilha eletrônica elaborada para este fim e enviada por e-mail.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

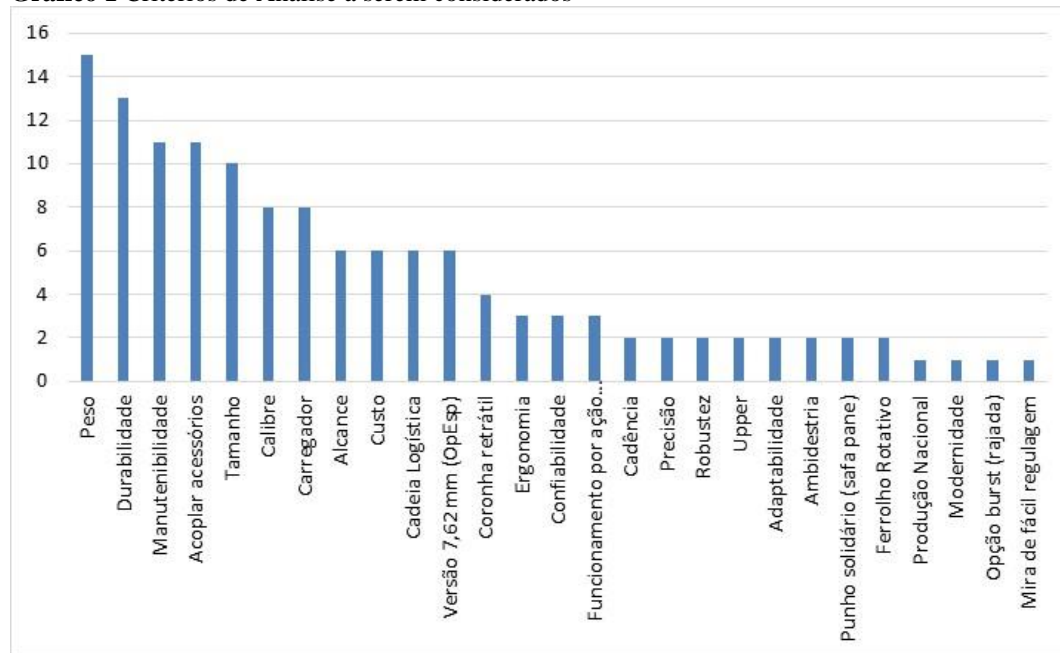
A pesquisa de opinião realizada com o objetivo de definir quais critérios fariam parte da análise aqui pretendida demonstrou uma diversidade de opiniões entre os especialistas ouvidos (Gráfico 1).

É possível observar pela gráfico 1 que alguns critérios, citados na pesquisa, guardam relação entre si e, portanto, foram agrupados sem prejuízo para a análise pretendida. Assim tem-se que:

- **Durabilidade:** expressa a resistência que os armamentos detêm diante das situações de impacto e a sua vida útil conforme o uso.

• **Ergonomia:** diz respeito à maneabilidade do armamento e conforto proporcionado ao atirador. A Ergonomia será aqui avaliada por meio da avaliação dos seguintes subcritérios: empunhadura, coronha e *upper*.

**Gráfico 1** Critérios de Análise a serem considerados



**Fonte:** elaborado pelos autores.

• **Funcionamento:** relativo à qualidade da parte interna do fuzil, como os sistemas de ciclagem e trancamento do armamento.

• **Logística:** considera os custos e a facilidade de suporte logístico. Os aspectos logísticos foram avaliados a partir dos seguintes subcritérios: manutenibilidade (facilidade da obtenção de peças, de limpeza, de montagem e desmontagem, dentre outros), adaptabilidade (capacidade do armamento de adequar-se às diferentes situações de combate, como em um ambiente urbano, de selva ou de montanha), custo de aquisição: aponta o valor monetário do armamento; produção nacional.

• **Poder de fogo:** averigua os componentes do armamento que fornecem a capacidade de combater em um teatro de operações. O poder de fogo será avaliado a partir dos seguintes subcritérios: alcance, cadência, calibre, carregador, mira de fácil regulagem, opção *burst*

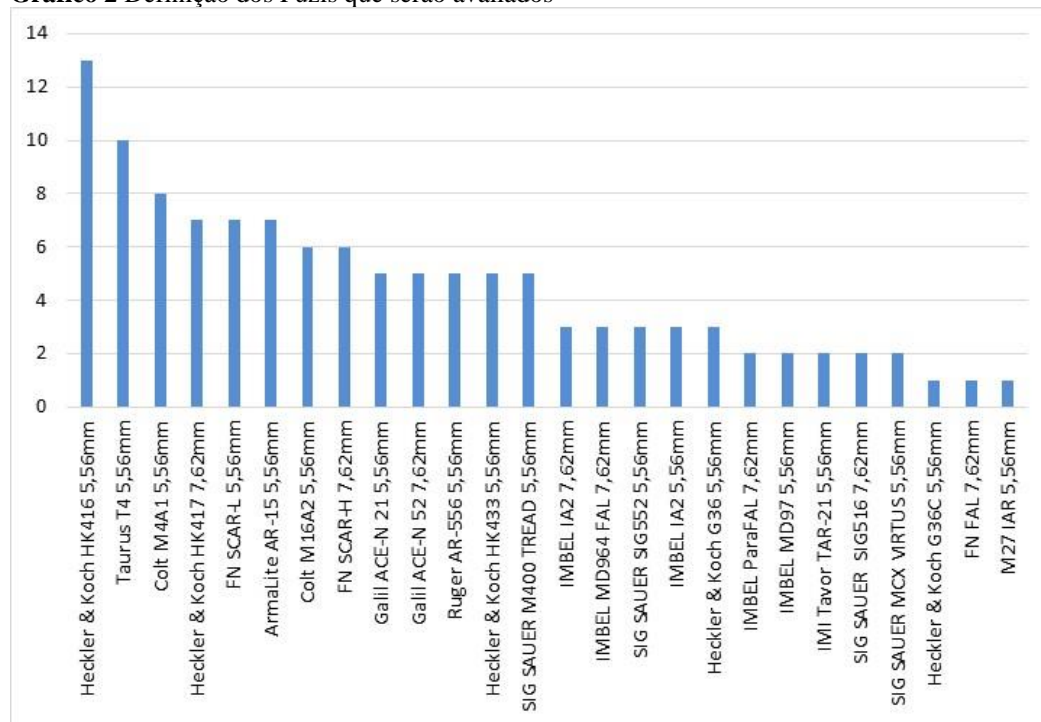
(rajada), precisão, punho solidário (safe pane).

- **Projeto:** considera as características de design do armamento. O critério projeto será avaliado por meio dos seguintes subcritérios: possibilidade de acoplar acessórios como lunetas, mira *red dot* e lanternas táticas, ambidestria, modernidade, peso e tamanho.

Esse agrupamento permitiu reduzir o número de critérios no primeiro nível da estrutura hierárquica e consequentemente a ordem das matrizes de julgamento geradas. A redução da ordem das matrizes de julgamento diminui a probabilidade de ocorrer inconsistências nos julgamentos paritários.

Já o gráfico 2 apresenta o resultado da pesquisa de opinião no que se refere à definição de quais fuzis fariam parte da análise aqui realizada. Dos armamentos selecionados, foram escolhidos os quatro que obtiveram a maior quantidade de votos.

**Gráfico 2** Definição dos Fuzis que serão avaliados



Fonte: elaborado pelos autores.

Assim, além do HK-33, foram considerados na análise os seguintes armamentos:

- **Heckler & Koch HK416 5,56mm (figura 5):** elaborado pela fabricante alemã Heckler & Koch e lançado em 2004, chegou ao mercado como uma opção ao M4 da Colt, em razão dos dois utilizarem a plataforma AR-15 (Gazioli, 2020). Seu cano é forjado a frio, e o ferrolho é

rotativo. Além disso, possui peso de 3,49kg (sem o carregador), comprimento de 0,79 metros, trilhos Picatinny, carregador com capacidade para 30 munições padrão STANAG e coronha retrátil (Heckler & Kock, 2004).



**Figura 5** Heckler & Kock HK416 5,56mm

**Fonte:** HECKLER & KOCK, 2004, p. 10.

• Taurus T4 5,56mm (figura 6): desenvolvido pela companhia brasileira Taurus em 2019, foi baseado na plataforma AR-15 e está disponível em três versões, a com cano de 11,5 polegadas com regime de tiro automático, voltada para as Forças Armadas, a de 11,5 polegadas com regime de tiro semiautomático, voltada para as forças de segurança pública, e a com cano de 14,5 polegadas (Taurus Armas S.A., 2019). A versão escolhida, para fins desta pesquisa, foi a com cano de 11,5 polegadas em regime automático, direcionada para o meio militar, com peso de 2,98kg (sem o carregador), comprimento de 0,71 metros. Além disso, possui seletor de tiro com opções em segurança, semiautomático e automático, carregador com capacidade para 30 munições padrão STANAG, trilhos Picatinny e grande possibilidade de modificações (Gazioli, 2020).



**Figura 6** Taurus T4 5,56mm



**Fonte:** Disponível em: [https://www.taurusarmas.com.br/assets/img/content/products/thumbs/product-248-photo-1\\_690x460.png](https://www.taurusarmas.com.br/assets/img/content/products/thumbs/product-248-photo-1_690x460.png). Acesso em: 31 de mar. 2023.

• Colt M4A1 5,56mm (figura 7): produzido pela empresa norte-americana Colt Defense, com o seu lançamento em 1994, é uma versão mais compacta do fuzil M16A2 (Army Technology, 2013). Apresenta a possibilidade de acoplar diversos acessórios, como dispositivos de visão noturna, miras holográficas e telescópicas devido aos trilhos Picattiny na parte superior, inferior e laterais. Além disso, tem peso de 3,1kg (com carregador), comprimento 0,84 metros com a coronha estendida e carregador com capacidade de 30 munições padrão STANAG (Department of the Army, 1998).



**Figura 7** Colt M4A1 5,56mm

**Fonte:** Disponível em: [https://firearmcentral.fandom.com/wiki/Carbine,\\_5.56mm,\\_M4A1](https://firearmcentral.fandom.com/wiki/Carbine,_5.56mm,_M4A1). Acesso em: 05 de abr. 2023.

• Heckler & Koch HK417 7,62mm (figura 8): criado pela fabricante alemã Heckler & Koch com lançamento em 2006, é baseado no projeto do HK416, porém com as dimensões maiores devido à mudança para um calibre 7,62mm. Possui três versões, uma de assalto com tamanho do cano de 12 polegadas, uma de reconhecimento com 16 polegadas e uma de sniper com 20 polegadas (Heckler & Kock, 2008). A versão escolhida para avaliação é a de assalto, a qual possui peso de 4,36kg (com o carregador), calibre 7,62x51mm, comprimento de 0,88 metros (com a coronha estendida), trilhos Picatinny, carregador com capacidade para 20 munições padrão STANAG e coronha retrátil (Heckler & Kock, 2006).



**Figura 8** HK417 7,62mm

Fonte: Heckler & Koch, 2008, p. 17.

Diante do exposto, a figura 9 apresenta a estrutura hierárquica do problema elaborada com base nas informações apresentadas anteriormente.

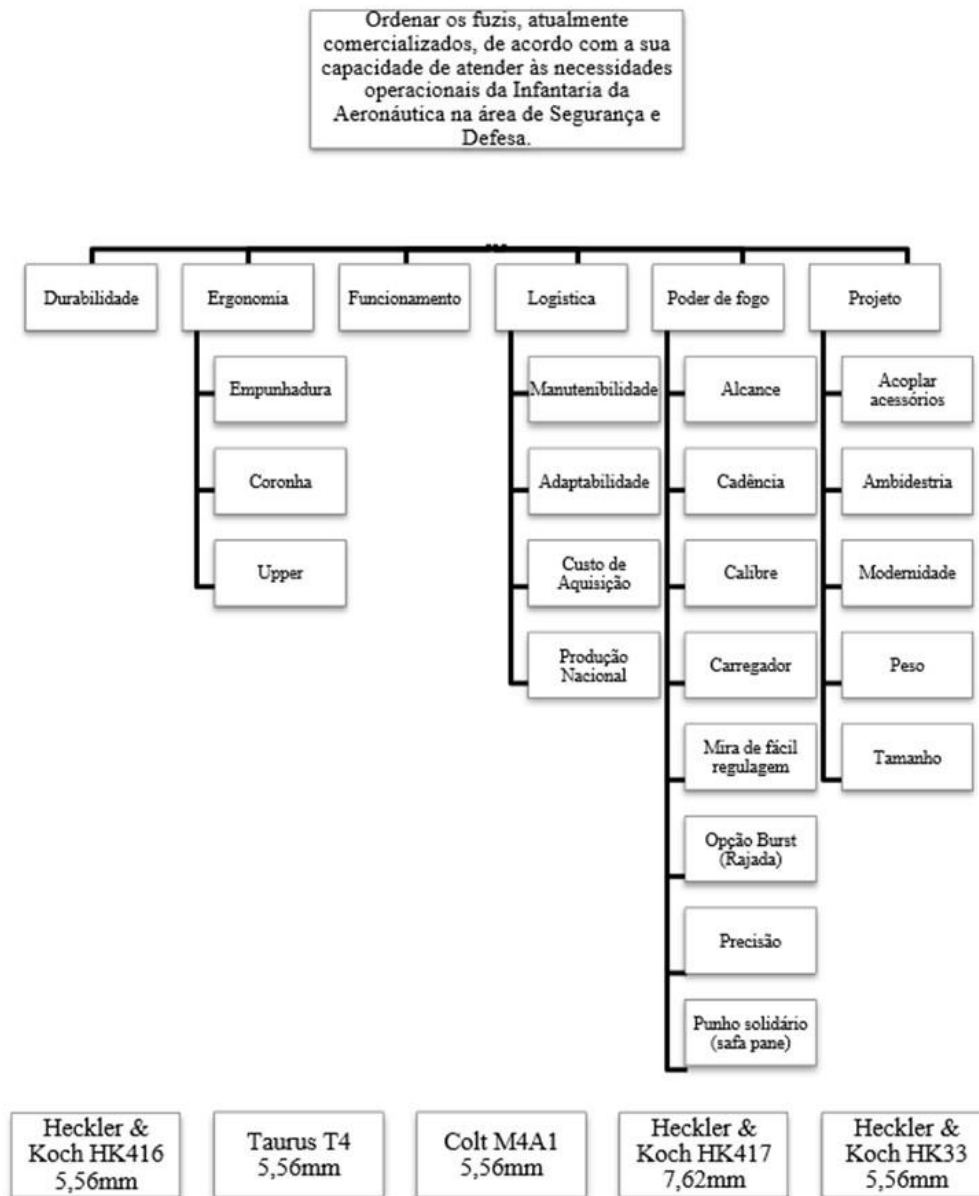


Figura 9 Estrutura Hierárquica do problema

Fonte: elaborado pelos autores.

#### 4.1 Priorização dos critérios e subcritérios

A priorização dos critérios/subcritérios foi realizada por meio de julgamentos paritários realizados por Oficiais do Quadro de Infantaria da Aeronáutica utilizando a Escala Fundamental de Saaty (tabela 1). As matrizes de julgamento geradas por cada um dos respondentes foram, então, combinadas por meio da agregação individual de julgamento a fim de obter as matrizes resultantes para cada comparação.

Após a normalização das matrizes resultantes e do cálculo das Prioridades Médias Locais e Globais de cada critério e subcritério, foi possível definir aqueles que são mais relevantes para os objetivos pretendidos. A tabela 4 apresenta os resultados obtidos.

**Tabela 4** Priorização dos critérios/subcritérios

CRITÉRIO	$PML_i^C$	SUBCRITÉRIO MAIS RELEVANTE	$PML_{i,j}^{SC}$	$PG_{i,j}^{SC}$
<b>Funcionamento</b>	0,24311	-	-	0,24311
<b>Logística</b>	0,23297	Produção nacional	0,47817	0,1114
		Manutenibilidade	0,2581	0,06013
		Custo de aquisição	0,16506	0,03846
		Adaptabilidade	0,09867	0,02299
<b>Durabilidade</b>	0,20102	-	-	0,20102
<b>Projeto</b>	0,15403	Modernidade	0,2707	0,0417
		Acoplar acessórios	0,24369	0,03753
		Peso	0,20668	0,03183
		Tamanho	0,14818	0,02282
		Ambidestria	0,13075	0,02014
<b>Poder de Fogo</b>	0,13144	Precisão	0,29239	0,03843
		Calibre	0,18301	0,02405
		Alcance	0,12423	0,01633
		Carregador	0,11535	0,01516
		Punho solidário (safe pane)	0,10578	0,0139
		Mira de fácil regulagem	0,07312	0,00961
		Cadência	0,06283	0,00826
		Opção <i>Burst</i> (rajada)	0,0433	0,00569
<b>Ergonomia</b>	0,03744	Empunhadura	0,55079	0,02062
		Upper	0,2722	0,01019
		Coronha	0,17701	0,0063

Fonte: elaborado pelos autores.

A partir das Prioridades Médias Locais dos critérios, foi possível ordenar os critérios

em ordem decrescente de importância. Assim, tem-se funcionamento, logística, durabilidade, projeto, poder de fogo e ergonomia.

Ainda de acordo com a tabela 4, em relação aos subcritérios, é plausível dizer que o fuzil ter produção nacional é o subcritério mais importante quando os aspectos logísticos do armamento são avaliados. No caso do poder de fogo, o subcritério mais relevante é a precisão, bem como a modernidade é o subcritério de maior pertinência na avaliação do projeto. Finalmente, a empunhadura é o subcritério mais importante quando se trata de ergonomia.

## 4.2 Análise de consistência lógica

A análise de consistência foi realizada com todas as matrizes resultantes por meio do cálculo da Razão de Consistência. A tabela 5 apresenta os valores da RC obtidos.

**Tabela 5** Valores da Razão de Consistência

Matrizes	Critérios	SC Ergonomia	SC Logística	SC Poder de Fogo	SC Projeto
RC	0,032772	0,000832	0,156824	0,048672	0,049144

Fonte: elaborado pelos autores.

É possível inferir a partir da tabela 5 que apenas uma das matrizes de julgamento resultantes geradas apresentou uma RC entre 10% e 20%, sendo que, para as demais, o RC ficou abaixo de 10%. Dessa forma, todas as matrizes de julgamento foram consideradas consistentes.

## 4.3 Avaliação das alternativas

As avaliações dos fuzis realizadas pelos especialistas foram sintetizadas por meio da média aritmética dos graus atribuídos por eles a cada alternativa em relação ao atendimento de cada critério/subcritério com base na escala linear indicada na tabela 3.

Para definir o ranking final entre os fuzis analisados, foi necessário calcular o Valor Global das Alternativas. Os resultados podem ser observados na tabela 6.

**Tabela 6** Ranking das alternativas

Alternativas	Valor Global da Alternativa (VGA)	Classificação
Heckler & Koch HK416 5,56mm	7,5557	1°
Heckler & Koch HK417 7,62mm	7,5192	2°

Taurus T4 5,56mm	7,2771	3°
Colt M4A1 5,56mm	6,9730	4°
Heckler & Koch HK33 5,56mm	6,1233	5°

Fonte: elaborado pelos autores.

De acordo com a tabela 6, é possível dizer que o primeiro colocado foi o fuzil *Heckler & Koch* HK416 5,56mm. Já o HK33, utilizado atualmente pela Infantaria da Aeronáutica nas operações de SEGDEF, ocupa a última posição no ranking estabelecido por meio da análise aqui realizada. Além disso, é possível observar que o fuzil *Heckler & Koch* HK417 7,62mm apresentou um valor global muito próximo ao primeiro colocado.

## 5 CONCLUSÕES

Os avanços tecnológicos observados na indústria armamentista, aliados às mudanças no emprego da Infantaria da Aeronáutica nas operações de SEGDEF, trazem à luz a importância da discussão sobre quanto o HK-33, utilizado desde a década de 1970, está adequado a esse novo cenário.

Em decorrência disso, é lícito questionar se os fuzis, atualmente comercializados, são capazes de atender às necessidades operacionais da Infantaria da Aeronáutica na área de Segurança e Defesa, de forma a serem possíveis opções de substituição do HK-33.

Diante disso, esse artigo teve por objetivo geral ordenar os fuzis, atualmente comercializados, de acordo com a sua capacidade de atender às necessidades operacionais da Infantaria da Aeronáutica relacionadas à área de Segurança e Defesa.

Por meio de uma pesquisa de opinião realizada com 23 militares do Quadro de Oficiais de Infantaria da Aeronáutica, utilizando o Google Forms, foi possível escolher os fuzis HK-416, Taurus T4, Colt M4A1 e HK-417 para serem avaliados, bem como os critérios (com seus respectivos subcritérios) Durabilidade, Ergonomia (Empunhadura, *Upper* e Coronha), Funcionamento, Logística (Produção nacional, Manutenibilidade, Custo de aquisição e Adaptabilidade), Poder de fogo (Precisão, Calibre, Alcance, Carregador, Punho solidário (safe pane), Mira de fácil regulagem, Cadência e Opção *Burst* (rajada)) e Projeto (Modernidade, Acoplar acessórios, Peso, Tamanho e Ambidestria).

A partir da definição dos critérios/subcritérios a serem considerados e dos fuzis a serem analisados, foi elaborada uma planilha eletrônica com o objetivo de priorizar os

critérios/subcritérios mais relevantes à análise pretendida, bem como avaliar os fuzis em relação a esses critérios/subcritérios. Tal planilha foi preenchida por quatro Oficiais de Infantaria da Aeronáutica, aqui chamados de especialistas.

Assim, os critérios de análise (com os respectivos subcritérios) mais relevantes, em ordem decrescente de prioridade, são Funcionamento, Logística (Produção nacional, Manutenibilidade, Custo de aquisição e Adaptabilidade), Durabilidade, Projeto (Modernidade, Acoplar acessórios, Peso, Tamanho e Ambidestria), Poder de Fogo (Precisão, Calibre, Alcance, Carregador, Punho solidário (safe pane), Mira de fácil regulagem, Cadência e Opção Burst (rajada)) e Ergonomia (Empunhadura, *Upper* e Coronha).

Após a avaliação de cada um dos fuzis, foi possível classificá-los da seguinte forma em relação ao atendimento às necessidades da Infantaria da Aeronáutica nas operações relacionadas à SEGDEF: da maior para a menor pontuação, HK-416, HK-417, Taurus T4, Colt M4A1 e HK-33. Com isso, infere-se que, dos cinco fuzis analisados, quatro obtiveram um grau de atendimento aos critérios de análise superior ao HK-33, dessa forma, sendo possíveis substitutos desse armamento.

Tendo em vista o auxílio ao processo de tomada de decisão que o método AHP oferece, principalmente, em temáticas militares, verifica-se a possibilidade de emprego desse método em outros problemas de aquisição de equipamentos bélicos.

Por fim, com a necessidade das Forças Armadas em se manter modernizada, conseqüentemente, há a constante demanda de aquisição de itens mais tecnológicos, em razão disso, o estudo aqui delineado contribui com mais uma aplicação de um método multicritério no auxílio de uma decisão militar na área de aquisições, dessa forma, agregando dados na literatura que poderão ajudar em um futuro processo decisório nessa área.

**REFERÊNCIAS**

ANDRÉ, A. **HK-33**. Arma Bellica, 2018. Disponível em: <http://armabellica.com.br/hk33/>. Acesso em: 12 de ago. 2022.

ARMY TECHNOLOGY. **Colt M4 Carbine**, 2013. Disponível em: <https://www.army-technology.com/projects/colt-m4-carbine-assault-rifle-us/>. Acesso em: 05 de abr. 2023.

BLANCHARD, B. S. **Ingeniería Logística**. Serie de Monografías de Ingeniería de Sistemas, Isdefe, Madrid, España, 1995.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Comando de Preparo. **Conceito de emprego da Infantaria da Aeronáutica: DCA 125-5**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.sislaer.fab.mil.br/terminalcendoc/acervo/detalhe/4655?guid=1655856000580&returnUrl=%2Fterminalcendoc%2Fresultado%2Flistar%3Fguid%3D1655856000580%26quantidadePaginas%3D1%26codigoRegistro%3D4655%234655&i=1>. Acesso em: 10 de ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Defesa. Estado-Maior Conjunto das Forças Armadas. **Doutrina para o Sistema Militar de Comando e Controle: MD31-M-03**. Brasília, DF, 2015.

BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa**, Brasília, DF, 2016a. Disponível em: [https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado\\_e\\_defesa/pnd\\_end\\_congresso\\_.pdf](https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf). Acesso em: 20 de ago. 2022.

BRIOZO, R.A; MUSETTI.M.A. **Método multicritério de tomada de decisão: aplicação ao caso da localização espacial de uma unidade de pronto atendimento**. Gestão da produção. São Carlos, SP,2015.

COSTA, H.G. **Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão**. Niterói, RJ, 2002.

DA COSTA, T. C.; BELDERRAIN, M. C. N. Decisão em grupo em métodos multicritério de apoio à decisão. **Anais do 15º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA**, 2009.

DE CARVALHO, F.B.; DOS SANTOS, M.; QUINTAL, R.S. Apoio Multicritério na seleção de um observador militar para uma missão da Organização das Nações Unidas. **Cadernos de Educação Tecnologia e Sociedade**, v. 12, n. 1, p. 53-62, 2019.

DEPARTMENT OF THE ARMY. **TM 9-1005-319-10 Operator's Manual for Rifle, 5.56mm, M16A2 W/E, M16A3, M16A4, Carbine, 5.56mm, M4 W/E, M4A1**. Washington, DC, 1998.

GAZIOLI, S. F. **A comparação entre a família IA2 e a plataforma AR-15 visando a adoção de um novo fuzil de assalto para o Exército Brasileiro**. Resende-RJ, 2020.

GODOI, W. C. Método de construção das matrizes de julgamento paritários no AHP–Método do julgamento holístico. **Revista Gestão Industrial**, v. 10, n. 3, 2014.

GOMES, K. G. A. **Um Método Multicritério para Localização de Unidades Celulares de Intendência da FAB**. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio De Janeiro. Rio De Janeiro - RJ, 2009.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. **Princípios e métodos para a tomada de decisão: Enfoque multicritério** (6a ed.). São Paulo: Atlas, 2019.

GROSS, J.C. **Multicritério de apoio à decisão**. Indaial: UNIASSELVI, 2010.

HECKLER & KOCH INC. **HK 33 E / HK 53 Instruction Manual**. Sterling-Virginia, United States (S.d), 1968.

HECKLER & KOCH INC. **HK 416 Operator’s Manual**. Oberndorf am Neckar, Germany, 2004.

HECKLER & KOCH INC. **HK 417 D Operator’s Manual**. Oberndorf am Neckar, Germany, 2006.

HECKLER & KOCH INC. **HK Military LE Catalog**. Virginia, United States, 2008.

JANNUZZI, P. de M.; MIRANDA, W.L. de; SILVA, D.S.G da. Análise multicritério e tomada de decisão em políticas públicas: aspectos metodológicos, aplicativo operacional e aplicações. **Informática Pública**, Belo Horizonte, v. 11, n. 1, p. 69-87, 2009.

KNECHTEL, M. R. **Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada**. Curitiba-PR: Intersaberes, 2014.

MARINS, C. S.; SOUZA, D. O.; BARROS, M. S. **O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: um Estudo de Caso**. XLI SBPO 2009: Pesquisa Operacional na Gestão do Conhecimento, [S. L.], p. 1778-1788, 2009.

MEIER, T. M.; MORI, R. B. Z. **Uma Abordagem Multicritério para o Problema de Localização da Comissão de Aeroportos da Região Amazônica**, Pirassununga-SP, 2021.

MOREIRA, M.A.L.; DOS SANTOS, M.; GOMES, C.F.S. **Proposta de Modelagem Híbrida PROMETHEE-SAPEVO-M1: avaliação multicritério de drones para emprego na guerra naval**. XIX Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha, Rio de Janeiro, 2019.

OLIVEIRA, G.M. de. **O uso do fuzil HK-33 na defesa das instalações do COMAER no Rio de Janeiro**. 2008. 46 p. Pirassununga, SP. Disponível em: [https://redebria.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=28827](https://redebria.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=28827). Acesso em: 22 de ago. 2022. [Conteúdo digital acessível mediante login e senha em rede interna].

PASSOS, H. de S.; MENDONÇA, T.S. de. **Defendendo na Terra o Domínio do Ar: A**



História da Infantaria da Aeronáutica, Instituto Histórico-Cultural da Aeronáutica, Rio de Janeiro, 2017.

RODRIGUES, T.D. de F.F.; DE OLIVEIRA, G.S.; DOS SANTOS, J.A. AS PESQUISAS QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS NA EDUCAÇÃO. **Revista Prisma**, v. 2, n. 1, p. 154-174, 2021.

TAURUS ARMAS S.A. **T4 SERIES Manual de instruções**, 2019. Disponível em: [https://https://www.taurusarmas.com.br/assets/files/content/downloads/30004662\\_-\\_t4\\_bilingue\\_rev\\_01.2019\\_.pdf](https://https://www.taurusarmas.com.br/assets/files/content/downloads/30004662_-_t4_bilingue_rev_01.2019_.pdf). Acesso em: 31 de mar. 2020.

SAATY, R. W. **The Analytic Hierarchy Process: What it is and How it is Used**. Math Modelling, Pittsburgh, v. 9, n. 3-5, p. 161-176, 1987.

SAATY, T. L. Axiomatic Foundation of The Analytic Hierarchy Process. **Management Science**. v. 32, n. 7, p. 841-855, 1986.

SAATY, T. L. **Decision Making for Leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world**. Pittsburgh, RWS Publications, 1990.

SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, Makron Books, 1991.

SALOMON, V. P.; MONTEVECHI, J. A. B. **A compilation of comparisons on the Analytic Hierarchy Process and other multiple criteria decision making methods: some cases developed in Brazil**. VI International Symposium on the AHP, Bern, Switzerland, 2001.

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**. XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Vitoria, 2016.

SILVA, K.M.C. da. **Análise de viabilidade operacional da substituição do Fuzil HK-33 da Força Aérea Brasileira**. 2014. 91 p. Pirassununga, SP. Disponível em: [https://redebis.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo\\_sophia=28516](https://redebis.direns.aer.mil.br/index.asp?codigo_sophia=28516). Acesso em: 18 de ago. 2022. [Conteúdo digital acessível mediante login e senha em rede interna].

SILVA, W.G da. Sistema de guerra eletrônica para autodefesa de helicópteros de combate. **UNIFA**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 33, p. 25-37, 2013.

THIOLLENT, M. **Metodologia de Pesquisa-ação**. São Paulo: Saraiva, 2009.

VARGAS, R. V. **Utilizando a programação multicritério (Analytic Hierarchy Process-AHP) para selecionar e priorizar projetos na gestão de portfólio**. PMI Global Congress. Washington, USA, 2010.

VILLELA, F.R. **Análise multicritério para a definição do índice de qualidade de**

**fornecimento de energia elétrica por uma distribuidora.** Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp148299.pdf>. Acesso em: 15 de ago. 2022.