

MESTRADO EM
CONTABILIDADE, FISCALIDADE E FINANÇAS
EMPRESARIAIS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

TRABALHO DE PROJETO

Proposta de Substituição da HK G3: Aplicação da Metodologia
MACBETH

PATRICK PIRES

OUTUBRO 2019

MESTRADO EM
CONTABILIDADE, FISCALIDADE E FINANÇAS
EMPRESARIAIS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

TRABALHO DE PROJETO

Proposta de Substituição da HK G3: Aplicação da Metodologia
MACBETH

PATRICK PIRES

ORIENTAÇÃO:

PROFESSOR DOUTOR PEDRO VERGA MATOS

MAJOR AMÂNDIO RICARDO LEIRIA BESTEIRO

MAJOR ANTÓNIO JORGE COCHOFEL ESTÊVÃO

OUTUBRO 2019

Nota prévia: Este Trabalho Final de Mestrado destina-se exclusivamente para fins académicos, i. é., cumprindo assim o estabelecido na lei relativamente à obtenção do grau de Mestre em Contabilidade, Fiscalidade e Finanças Empresariais pela Universidade Técnica de Lisboa.

Nem o seu Autor, Orientador ou Co-Orientadores podem ser responsabilizados pela sua utilização para qualquer outra finalidade que não a de exercício puramente académico, utilização essa inadequada e abusivo

Resumo

Face aos novos desafios impostos às Forças Armadas estas encontram-se num processo de modernização dos seus equipamentos. A espingarda HK G3 encontra-se ao serviço da Força Aérea desde da década de 70. A saída das fileiras desta espingarda já se encontra a decorrer no Exército. O presente trabalho tem por objetivo escolher uma possível arma para a substituição da HK G3 na Força Aérea. Esta escolha assenta na aplicação da análise multicritério, através da metodologia MACBETH.

Para proceder à aplicação desta metodologia foi necessário criar um grupo de trabalho com especialistas das diferentes áreas ligadas ao armamento ligeiro. A implementação da metodologia foi feita através do *software* Wisedon e os dados foram obtidos através da Direção de Manutenção de Sistemas de Armas (DMSA).

Assim pretendeu-se dotar a Força Aérea de uma ferramenta de apoio à decisão para fazer face a uma questão atual, bem como demonstrar as potencialidades do *software* Wisedon.

Palavras-chave: HK G3, Força Aérea, Análise Multicritério, MACBETH, Wisedon.

Abstract

Regarding the new challenges posed to the Armed Forces they are in an equipment modernization process. The HK G3 rifle has been in service of the Portuguese Air Force since 1970s. The exit of the ranks of this rifle is already taking place in the Portuguese Army. This paper aims to choose a possible weapon for the replacement of the HK G3 in the Portuguese Air Force. This choice is based on the application of multicriteria analysis through the MACBETH methodology.

To apply this methodology it was necessary to create a working group with specialists from different areas related to light weaponry. The implementation of the methodology was done through Wisedon software and the data were obtained through the Weapons Systems Maintenance Department of the Portuguese Air Force.

This was intended to provide the Portuguese Air Force a decision support tool to address a current issue as well as demonstrate the potential of Wisedon software.

Key Words: HK G3, Portuguese Air Force, Multicriteria Analysis, MACBETH, Wisedon.

Agradecimentos

A elaboração do trabalho final de Mestrado representa o final de um ciclo. Este percurso foi sempre acompanhado por pessoas que de uma forma ou outra me ajudaram a superar as dificuldades que foram surgindo.

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus familiares por todo o apoio dado e sacrifícios partilhados. Estes foram a peça mais importante na construção deste *puzzle*, pois sempre me ajudaram a enfrentar todas as barreiras que foram surgindo ao longo do meu percurso. São incontáveis os desafios superados para que fosse possível chegar a esta etapa. Desta forma dedico este trabalho aos meus pais como uma pequena homenagem por tudo que fizeram por mim.

Quero agradecer ao meu Orientador, Doutor Pedro Verga Matos pelo contributo dado para a elaboração do presente trabalho.

Quero agradecer aos meus Co-orientadores. Quero começar por agradecer ao Sr. Major Besteiro pois foi quem iniciou este projeto comigo. Obrigado pela sua disponibilidade constante e esforço para me conseguir auxiliar nas questões que foram surgindo ao longo do trabalho bem como pela motivação dada. Quero também agradecer ao Sr. Major Estevão pois foi aquele que mais tempo partilhou comigo na elaboração deste trabalho. Obrigado pela sua disponibilidade, pelo seu esforço, pelas suas questões e pelos seus conselhos.

Quero agradecer aos meus camaradas Jokers pela camaradagem e amizade. Mais e melhor está para vir.

Por último, quero agradecer à minha namorada e aos meus amigos pois eles também tiveram o seu contributo na minha procura pelo sucesso.

“The harder the conflict, the more glorious the triumph.”

Thomas Paine

Índice

| | |
|---|-------------|
| Resumo | I |
| Abstract | II |
| Agradecimentos | III |
| Índice de Tabelas | VI |
| Índice de Figuras | VII |
| Abreviaturas | VIII |
| 1. Introdução | 1 |
| 2. Revisão da Literatura..... | 3 |
| 2.1. Estrutura | 3 |
| 2.2. Introdução | 3 |
| 2.3. Complexidade do processo de aquisição de armamento..... | 3 |
| 2.4. Procedimento Metodológico | 4 |
| 2.5. Metodologias de MCDM (Multicriteria Decision Making)..... | 5 |
| 2.6. Métodos de Análise de Decisão | 6 |
| 2.6.1. MAUT/MAVT | 8 |
| 2.6.2. AHP..... | 8 |
| 2.6.3. MACBETH..... | 9 |
| 2.6.3.1. Aplicações do MACBETH..... | 10 |
| 3. Enquadramento do Objeto de Estudo | 11 |
| 3.1. A Força Aérea enquanto Ramo das Forças Armadas | 11 |
| 3.2. A Força Aérea e a Segurança | 12 |
| 3.3. Aquisição de Armamento na Força Aérea | 14 |
| 3.4. Alternativas | 15 |
| 4. Metodologia e sua Aplicação | 16 |
| 4.1. Estudo de Caso..... | 16 |
| 4.2. Planeamento da Investigação | 16 |
| 4.3. Preparação para a recolha de dados | 17 |
| 4.4. Recolha de dados | 17 |
| 4.5. Avaliação da Solução Obtida..... | 18 |
| 4.6 Identificação, Explicação de Padrões e Aplicação da Metodologia | 18 |
| 4.6.1. Definição dos Critérios de avaliação | 19 |
| 4.6.2. Explicação dos critérios..... | 20 |
| 4.6.3. Construção de Escalas de Valor..... | 22 |
| 4.6.4 Atribuição das Ponderações dos Critérios | 24 |
| 4.6.5. Definição das Opções | 26 |

| | |
|---|-----------|
| 5. Análise de Resultados..... | 27 |
| 5.1. Apresentação dos Resultados..... | 27 |
| 5.2. Análise dos valores parciais..... | 28 |
| 5.3. Análise de Perfil..... | 29 |
| 5.4. Análise de Sensibilidade..... | 30 |
| 6. Conclusões..... | 32 |
| 6.1. Principais Conclusões..... | 33 |
| 6.2. Limitações e Estudos Futuros..... | 34 |
| 7. Referências Bibliográficas..... | 34 |
| 8. Anexos..... | 39 |
| Anexo 1- Descrição das Armas..... | 39 |
| Anexo 2- Árvore de Decisão..... | 44 |
| Anexo 3- Tabela de Avaliação..... | 45 |
| Anexo 4- Ordenação das Opções..... | 46 |

Índice de Tabelas

Tabela 1: Explicação dos critérios e subcritérios. 20

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Métodos MCA | 7 |
| Figura 2: Comparação aos pares de elementos em AHP..... | 8 |
| Figura 3: Escala de comparação de Saaty | 9 |
| Figura 4: Definição dos níveis de performance do critério “Alcance Útil” | 23 |
| Figura 5: Preenchimento da matriz de julgamento de atratividade do critério “Alcance Útil”. | 23 |
| Figura 6: Pontuações atribuídas aos níveis de performance do critério “Alcance Útil”. | 24 |
| Figura 7: Ordenação decrescente dos subcritérios do critério “Tiro” | 25 |
| Figura 8: Preenchimento da matriz de julgamento de atratividade dos subcritérios do critério “Tiro”. | 25 |
| Figura 9: Ponderações atribuídas aos subcritérios do critério “Tiro” | 26 |
| Figura 10: Análise dos Valores Parciais da opção “FN SCAR L” | 28 |
| Figura 11: Análise dos Valores Parciais da opção “HK 416” | 28 |
| Figura 12: Análise de Perfil da opção “FN SCAR L” e da opção “CZ BREN 2”. | 29 |
| Figura 13: Análise de Sensibilidade da componente Financeira | 31 |
| Figura 14: Análise de Sensibilidade da componente Operacional | 31 |
| Figura 15: Análise de Sensibilidade da componente Logística | 32 |

Abreviaturas

| | |
|------------------|---|
| AHP | <i>Analytical Hierarchy Process</i> |
| AWV | <i>Armored Wheeled Vehicles</i> |
| CA | Comando Aéreo |
| CEMFA | Chefe de Estado Maior da Força Aérea |
| CLAFA | Comando Logístico da Força Aérea |
| CRP | Constituição da República Portuguesa |
| DMSA | Direção de Manutenção de Sistemas de Armas |
| E.P.E | Entidade Pública Empresarial |
| EMGFA | Estado Maior General das Forças Armadas |
| EUA | Estados Unidos da América |
| H&K | <i>Heckler & Koch GmbH</i> |
| LOBOFA | Lei Orgânica de Bases da Organização das Forças Armadas |
| LOFA | Lei Orgânica da Força Aérea |
| MACBETH | <i>Measuring Attractiveness by a Categorical Evaluation Technique</i> |
| MADM | <i>Multiple-Attribute Decision-Making</i> |
| MAUT/MAVT | <i>Multi-attribute utility/ value theory</i> |
| MCA | <i>Multicriteria Analysis</i> |
| MCDN | <i>Multicriteria Decision Making</i> |
| MDN | Ministério da Defesa Nacional |
| MODM | <i>Multiple-Objective Decision-Making</i> |
| NATO | <i>North Atlantic Treaty Organization</i> |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| S.A. | Sociedade Anónima |
| SGPS | Sociedade Gestora de Participações Sociais |
| t.p.m | Tiros por minuto |

1. Introdução

A decisão é um esforço para tentar resolver problemas conflitantes, onde a existência de uma solução ótima não é possível. A tomada de decisão assenta na escolha de uma alternativa, que tem associado um ganho e uma perda. Decidir é um processo que consiste na recolha de dados, tratamento dos mesmos, procura de alternativas e escolha de uma alternativa com base nos resultados obtidos. (Gomes & Gomes, 2007).

O processo de tomada de decisão, a nível militar, é caracterizado segundo 4 vetores. É um processo flexível, uma vez que pode ser abreviado ou modificado. É compreensível, pois considera aspetos quantificáveis e aspetos intangíveis. É contínuo, pois é capaz de se manter atualizado e é focado no futuro, pois a tomada de decisão tem influência nos resultados futuros (Thomaz, 2005).

No processo de tomada de decisão é necessário possuir dados, no entanto estes encontram-se dispersos e fragmentados. Para maximizar o efeito da tomada de decisão é imprescindível conseguir tratar os dados inerentes à mesma (Angeloni, 2003). Regra geral, os sistemas de apoio à decisão operam através de um *software*. Este permite uma maior rapidez no tratamento dos dados, transformando-os em informações essenciais para a tomada de decisão (Guimarães & Évora, 2004).

A criação de um procedimento metodológico consiste no processo de delinear um conjunto de regras claras e adequadas, que operacionalizem os processos de tomada de decisão. Para tal é necessário ter em consideração aspetos de ordem processual e técnica, ambos com o mesmo grau de importância, pois estamos perante um problema sociotécnico (Costa, Costa-Lobo, Ramos, & Vansnick, 2001).

Os equipamentos militares são elementos chave para o estabelecimento das capacidades militares. Tais permitem ao Estado o poder efetivo. No entanto, muitos dos equipamentos atuais que as Forças Armadas possuem têm mais de 30 anos, o que põe em causa a eficácia¹ e eficiência² dos mesmos (Almeida, 2009).

¹ Grau com que se atingem os resultados. “Cumprir a missão”.

² Relação entre o resultado obtido num processo de tomada de decisão e o esforço necessário para o obter. “Cumprir a missão da melhor forma”.

A necessidade de substituir determinada arma surge quando a mesma se torna incapaz de cumprir a missão para a qual está destacada ou quando os custos de manutenção desse sistema, devido à idade ou uso, atinge valores demasiado elevados do ponto de vista económico-financeiro. Daí surge a necessidade de substituir o equipamento antigo por um novo (Marques, Silva, Leite, & Fontes, 2005).

A complexidade e os custos envolvidos no processo de aquisição e sustentação de uma arma são muito elevados. Não é aceitável que sejam usados métodos *ad hoc* e imaturos. É fulcral utilizar metodologias baseadas em doutrina, processos maduros e eficazes que visem boas práticas comerciais. A encruzilhada entre a recessão económica e a inevitabilidade da modernização das Forças Armadas impões novos desafios e a necessidade de implementar novas técnicas (Almeida, 2009).

As metodologias de apoio à tomada de decisão, nomeadamente a análise multicritério, têm sido aplicadas na área da Defesa, tanto a nível nacional como internacional. A alocação e avaliação de recursos humanos, financeiros e materiais são exemplos onde os resultados foram positivos (Thomaz, 2005). A análise multicritério vai ser usada neste trabalho com o objetivo de selecionar uma espingarda para a defesa das Unidades da Força Aérea.

O objetivo deste trabalho é, através da metodologia MACBETH, auxiliar a Força Aérea no processo de tomada de decisão de um problema atual. Esta solução, assente na aplicação de um método analítico, visa a otimização de recursos e eliminação de subjetividade. As questões de investigação deste trabalho são: (A) O método de análise multicritério, para a aquisição de armamento ligeiro, pode ser aplicado na Força Aérea? (B) A espingarda com maior pontuação global será capaz de desempenhar a missão que a Força Aérea lhe aloca? (C) O modelo proposto abrange todas as áreas de interesse intrínsecas ao Caderno de Encargos?

Este trabalho está estruturado em seis capítulos: (1) Introdução; (2) Revisão da Literatura; (3) Enquadramento do Objeto de Estudo; (4) Metodologia e sua Aplicação; (5) Análise de Resultados; (6) Conclusões.

2. Revisão da Literatura

2.1. Estrutura

A revisão da literatura é a base para a construção deste trabalho. Evidencia qual a base de estudo para a aplicação de um procedimento metodológico direcionado para a construção de um modelo de tomada de decisão.

Este capítulo está estruturado por subtítulos, partindo do geral para o específico. Começa por salientar a dificuldade do processo de tomada de decisão, bem como a sua importância. Apresenta ainda a análise multicritério como uma possível solução, salientando a metodologia MACBETH.

2.2. Introdução

As organizações modernas operam em ambientes complexos, onde a capacidade de se conseguirem adaptar é constante. Consequentemente, é necessário maximizar as decisões ótimas ou apropriadas, no entanto tal pode ser difícil de conseguir (Fabac, 2010).

A tomada de decisão nas organizações tem como principal objetivo a alocação de recursos (em regra escassos) a necessidades reais, de forma racional. Tal depende do conhecimento, experiência e ambiente organizacional do decisor (Simon, 1979).

A aquisição de um determinado bem ou serviço substancia-se numa alternativa estratégica, que tem como objetivo a maximização do valor da empresa (Sirower, 1997).

A análise multicritério é uma ferramenta de apoio à decisão. Tem como principal objetivo ajudar o decisor a chegar a uma decisão em cenários complexos, com grandes volumes de informação e de diferentes naturezas (Department for Communities and Local Government, 2009).

2.3. Complexidade do processo de aquisição de armamento

O aumento das capacidades militares das principais potências mundiais obriga as intuições militares a reformularem os seus processos de planeamento e decisão, com a certeza que no futuro o ambiente em que irão operar será mais volátil e incerto. A

atualização das capacidades militares é uma forma de conseguir assegurar a prontidão³ das tropas (Rich, Stanley, & Anderson, 1984).

A aquisição de equipamentos militares, nomeadamente armamento, é um processo complexo. Este é composto por diversas entidades. Para além dos Ramos são ainda intervenientes neste o Ministério da Defesa Nacional (MDN), o Estado-Maior General das Forças Armadas (EMGFA), os ministérios das Finanças e Economia, os Media, a Indústria nacional e internacional, Governos estrangeiros e organizações de cooperação internacionais (Almeida, 2009).

No processo aquisitivo de uma arma é necessário ter em conta as características do equipamento e a finalidade para qual o mesmo vai ser utilizado. Características como o alcance, trajetória, poder derrubante, precisão, simplicidade ou manejabilidade são alguns dos fatores a ter em conta (Santos, 2010).

A complexidade é evidente na realidade atual. A evolução constante a nível económico, social e tecnológico vieram aumentar os níveis de incerteza e instabilidade. Para fazer face a esta realidade complexa é necessário ao decisor o uso de técnica que estabeleçam a ponte entre a teoria financeira e a modelação matemática. Técnicas no campo da otimização, simulação, previsão e apoio à decisão (Zopounidis & Doumpos, 2002).

2.4. Procedimento Metodológico

Os primeiros estudos realizados nesta área surgem após a Revolução Francesa com as publicações de Borda e Condorcet. O objetivo destes era resolver problemas de conflitos de opinião, nomeadamente na atribuição de penas em tribunal (Barba-Romero, Pomerol, & Jean-Charles, 1997).

Segundo Costa, Corrêa, Corted e Vansnick (2002) o processo de apoio à decisão compreende três fases: 1. Estruturação; 2. Avaliação; e 3. Recomendações. A fase de estruturação é a maior das três, representando cerca de 80% da totalidade do processo. Esta fase trata da formulação do problema, bem como da identificação dos objetivos a atingir (Costa, Ferreira, & Corrêa, 2000).

³ Capacidade de reação a um estímulo em tempo útil.

A tomada de decisão neste tipo de metodologia é do tipo coletivo. Diversos estudos (Laughlin, Hatch, Silver e Boh, (2006), Tziner (1993), Tindale e Sheffey (2002), Sniezek e Henry, (1989)) salientam o “*assembly bonus effect*”: a *performance* de um grupo na tomada de decisão é melhor que a *performance* individual de cada decisor. Este efeito é potenciado na presença de especialistas de diversas áreas, bem como da formação e experiência individual de cada decisor.

A análise multicritério tem uma componente sociotécnica. A abordagem sociotécnica baseia-se na conjugação da componente social e da componente técnica, com o intuito de envolver todos no desenvolvimento do planeamento estratégico (Costa, Lourenço, & Costa, 2010).

A utilização de um *software* adequado permite às organizações lidar com um maior volume de informação, não perder informação ao longo do processo e conseguir fazer análises mais robustas. Os *softwares* são munidos com diversas ferramentas, que em regra, podem ser ajustados às necessidades da organização (Jadhav & Sonar, 2009). Neste trabalho vai ser utilizado o *software* Wisedon para a aplicação da metodologia em causa.

2.5. Metodologias de MCDM (*Multicriteria Decision Making*)

Os MCDM são usados como suporte de apoio à decisão em casos onde existam conflitos de natureza económica, ambiental, técnica e social. Esta metodologia possibilita o uso de critérios heterogéneos, como o custo-benefício, o impacto ambiental ou o impacto social. Possibilita a integração de aspetos quantitativos e qualitativos (Munda, Nijkamp, & Rietveld, 1995).

Os MCDM estabelecem preferências entre opções, tendo em conta um determinado objetivo. Para tal, são usados critérios mensuráveis que visam avaliar cada uma das opções. Tais critérios são preferencialmente independentes. No entanto este tipo de metodologia resume todos os critérios a um valor. Tal só é possível devido aos procedimentos de agregação matemáticos. A agregação dos critérios é resultado da multiplicação das pontuações dos critérios (*scores*) pelas suas ponderações (*weights*) (Department for Communities and Local Government, 2009).

Os problemas MCDM podem ser classificados em dois grupos: multiatributo (*Multiple-Attribute Decision-Making* (MADM)) e multiobjectivo (*Multiple-Objective Decision-Making* (MODM)). Os problemas MADM lidam com alternativas discretas

enquanto que os problemas MODM consideram um espaço de alternativas contínuo. (Mollaghasemi & Pet-Edwards, 1997) Desta forma, a escolha da técnica a utilizar depende do tipo de problema (Malczewski, 1999).

A escolha da metodologia não é um processo fácil e tem impacto no resultado. A utilização de métodos inapropriados pode conduzir a escolhas não ótimas (Ozernoy, 1992).

Segundo Mollaghasemi e Pet-Edwards (1997) é necessário ter em consideração 3 fatores no momento da escolha da metodologia: (1) as características do problema, (2) as características dos decisores, e (3) as características da solução.

Podemos distinguir as metodologias MCDM em 3 diferentes categorias: (1) *Value measurement models*: atribuição de uma pontuação às alternativas para criar um classificação; (2) *Goal aspiration or reference level models*: cada critério deve atingir um nível de *performance* satisfatório ou desejável; (3) *Outranking models*: os critérios de cada alternativa são comparados de forma emparelhada, com o objetivo de encontrar uma alternativa preferida a todas as outras (Belton, 2002).

Os MCDM apresentam várias vantagens, nomeadamente: (1) são uma metodologia aberta e explícita; (2) são adaptáveis; (3) têm base científica; e (4) facilitam a comunicação entre decisores. Tais propriedades tornam esta metodologia capaz na resolução de problemas complexos com diferentes tipos de dados (Mendoza & Martins, 2006).

No entanto existem também algumas críticas a esta metodologia. É uma metodologia que se pode revelar complexa para os decisores que não sejam conhecedores da teoria, podendo levar os decisores a questionar a validade dos resultados. A aplicação desta metodologia necessita de um agente externo, o analista, que acarreta custos e levanta questões ao nível da partilha de informação (Papamichail & French, 2013).

2.6. Métodos de Análise de Decisão

Indicadores compostos por diferentes variáveis são considerados uma aproximação inovadora para a avaliação de projetos. Para a criação desses indicadores é necessária a utilização de ponderações e métodos de agregação (Singh, Murty, Gupta, & Dikshit, 2009).

A *Multicriteria Analysis* (MCA) pode ser definida como uma estrutura que estabelece preferências entre diferentes opções. Os métodos MCA variam tendo em conta o tipo de informação que usam. Podem ser modelos simples que necessitam de pouca informação ou modelos sofisticados que necessitam de grandes bases de dados para chegar à decisão (Greening & Bernow, 2004).

A variedade de métodos MCA e as diferentes classificações de métodos podem ser confusos. A figura abaixo representa os diferentes métodos MCA.

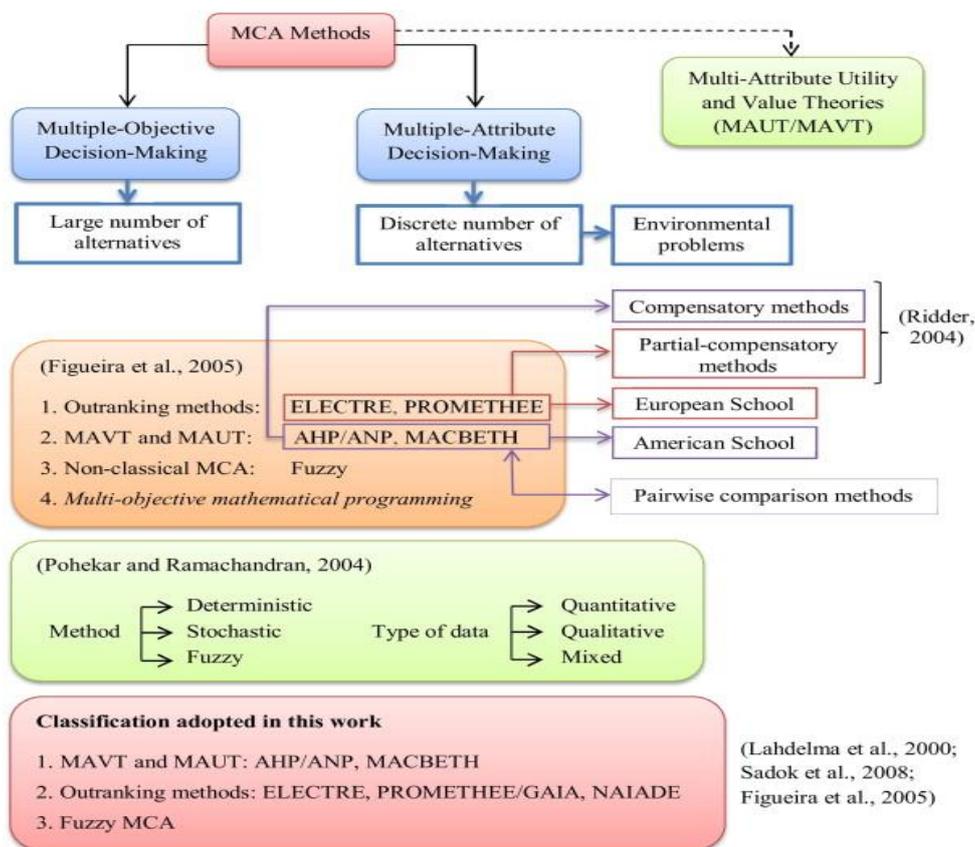


Figura 1: Métodos MCA. Fonte: (Herva & Roca, 2013)

Para a realização deste trabalho apenas os procedimentos agregados vão ser tidos em conta, uma vez que se encontram associados ao método MACBETH. Segundo Brucker, Macharis e Verbeke (2013), são métodos agregados o método MAUT/MAVT (*Multi-attribute utility/ value theory*), o método AHP (*Analytical Hierarchy Process*), o e o MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*). Estes métodos encontram-se associados ao *Value Measurement Models* referenciado acima (Belton, 1999).

2.6.1. MAUT/MAVT

Os métodos MAUT/MAVT definem uma função que expressa as preferências do decisor. Estes agregam os diferentes critérios num critério único, de escala entre 0 e 1, de utilidade/valor. Para tal é necessário calcular ponderações que representam a importância relativa de cada critério, tendo como referência a métrica utilizada (utilidade ou valor) (Kiker, Bridges, Varghese, Seager, & Linkovjj, 2005).

O método MAUT utiliza a função de utilidade $U = \sum_i w_i u_i(x_i)$, onde $u_i(x_i)$ corresponde à avaliação da alternativa no critério i e w_i é a ponderação atribuída a esse critério (Edwin, Suen, & Chan, 2006).

O método MAVT é uma simplificação do método MAUT, uma vez que este não tem em consideração qual a atitude perante o risco do decisor. A lógica do MAVT é representar as preferências do decisor através de uma função de valor, $V(x)$, tal que se A é preferível a B então $V(A) > V(B)$ (Belton, 1999).

2.6.2. AHP

O método AHP é um método matemático de apoio à decisão. Foi desenvolvido por Saaty (1980). A base deste modelo é a comparação das alternativas de forma emparelhada (Kurttilaa, Pesonena, Kangas, & Kajanus, 2000).

A implementação do AHP contempla 3 etapas: (1) cálculo das ponderações dos critérios; (2) construção da matriz de pontuação das alternativas; e (3) hierarquização das alternativas (Saaty, 1980).

Para calcular as ponderações dos diferentes critérios é necessário criar uma matriz de comparação emparelhada. A matriz tem a forma $m \times m$ (m =critérios), onde os critérios são comparados entre si.

$$D = \begin{bmatrix} C_1/C_1 & C_1/C_2 & \dots & C_1/C_n \\ C_2/C_1 & C_2/C_2 & \dots & C_2/C_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ C_n/C_1 & C_n/C_2 & \dots & C_n/C_n \end{bmatrix}$$

Figura 2: Comparação aos pares de elementos em AHP. Fonte: (Wang, Jing, Zhang, & Zhao, 2009)

Após determinar as ponderações de cada critério as alternativas são comparadas de forma emparelhada em cada critério com o objetivo de lhe serem atribuídas pontuações. Para tal é criada uma matriz $m \times n$ (m =critérios e n =alternativas). Com as ponderações e as pontuações calculadas o desempenho de cada alternativa é calculado através de um modelo linear aditivo. O resultado final varia entre 0 e 1, sendo que é preferível 1 a 0.

A principal desvantagem apontada a este modelo é a escala utilizada por Saaty uma vez que é teoricamente questionável (Department for Communities and Local Government, 2009).

| How important is A relative to B? | Preference Index assigned |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Equally important | 1 |
| Moderately more important | 3 |
| Strongly more important | 5 |
| Very strongly more important | 7 |
| Overwhelmingly more important | 9 |

Figura 3: Escala de comparação de Saaty. Fonte: (*Department for Communities and Local Government, 2009*)

2.6.3. MACBETH

O significado de MACBETH é *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*. MACBETH é uma metodologia de apoio à decisão desenvolvida por Bana e Costa e Vansnick (2005), no início dos anos 90.

O MACBETH é um método de tipo MAUT. A metodologia MACBETH é caracterizada pelo facto de apenas utilizar julgamento qualitativos que avaliam as diferenças de atratividade entre alternativas. O objetivo desta metodologia é apoiar o processo de decisão através da priorização e seleção da melhor alternativa como resposta a um problema (Costa, Vansnick, & Corte, 2003).

A metodologia MACBETH é um processo sociotécnico que consiste na tomada de decisão em grupo, tendo em conta aspetos técnicos e sociais (Costa, Lourenço, & Costa, 2010).

O MACBETH assenta num modelo aditivo que agrega o valor dos vários critérios num único. Para tal é necessário o cálculo de ponderações e de funções de valor, onde o suporte de um *software* capaz é essencial (Costa, Fernandes, & Correia, 2006).

O modelo do procedimento é dado pela seguinte equação matemática:
(1) $v_a = \sum_{i=1}^n w_i v_i(g_i(a))$.

onde w_i é a ponderação determinada a partir dos julgamentos qualitativos sobre os critérios e subcritérios multiplicado por $v_i(g_i(a))$ que representa o valor de cada opção, sendo que v_i representa a escala de atratividade de cada critério e $g_i(a)$ representa a *performance* de cada opção num determinado critério (Costa & Vansnick, Applications of the MACBETH Approach in the Framework of an Additive Aggregation Model, 1997).

A metodologia MACBETH está associada ao uso de um *software*. Este permite a aplicação de toda a metodologia matemática, garantindo o cumprimento de todos os pressupostos e resolvendo problemas de inconsistência (Costa & Vansnick, 2005).

2.6.3.1. Aplicações do MACBETH

A metodologia MACBETH tem provas dadas no apoio à tomada de decisão tanto em organizações públicas como privadas. São exemplos de algumas aplicações do MACBETH projetos desenvolvidos por entidades como o Metropolitano de Lisboa E.P.E, o Metro do Porto, S.A., a Gás de Portugal SGPS, SA., entre outras (Costa et al., 2000). A utilização da metodologia MACBETH também já foi usada no apoio à decisão em projetos militares. O programa de aquisição do 8x8 *Armored Wheeled Vehicles* (AWV) para o Exército e para a Marinha conduzido pelo Ministério da Defesa Nacional é um exemplo da aplicação desta metodologia em aquisições de âmbito militar. Considerando o elevado nível de complexidade do projeto, a utilização da metodologia MACBETH foi um fator chave para o sucesso, demonstrando que a mesma é flexível, consistente e robusta (Costa & Marques, 2005).

A nível público uma das aplicações da metodologia MACBETH foi a comparação do nível de transparência dos portais de internet do governo brasileiro e espanhol. Através da aplicação da metodologia foi possível perceber o que define o nível de transparência de um portal *online* e quais as intervenções que os respetivos governos poderiam adotar

no sentido de aumentar o nível de transparência dos mesmos (Lyrio, Leão, & Taliani, 2019)

A avaliação de pilotos de *Very Light Jets*⁴ é mais um dos casos onde a metodologia MACBETH apresenta resultados. O objetivo deste estudo foi conseguir definir qual o nível de proficiência, bem como, o perfil que um piloto deve possuir para poder operar uma aeronave com estas características. Tal não se encontra definido pelos fabricantes, autoridades aeronáuticas, operadores e demais intervenientes (Stolt & Ensslin, 2009).

Desta forma é plausível afirmar que esta metodologia é adequada para a realização deste projeto.

3. Enquadramento do Objeto de Estudo

3.1. A Força Aérea enquanto Ramo das Forças Armadas

O Artigo 275.º da Constituição da República Portuguesa⁵ (CRP) define o papel das Forças Armadas. O n.º 1 do mesmo Artigo prevê que “Às Forças Armadas incumbe a defesa militar da República”.

A estrutura das Forças Armadas é definida pelo n.º 1 Artigo 7.º da Lei Orgânica de Bases da Organização das Forças Armadas (LOBOFA)⁶, sendo constituídas por:

- a) O Estado-Maior -General das Forças Armadas;
- b) Os três ramos das Forças Armadas (Marinha, Exército e Força Aérea);
- c) Os órgãos militares de comando das Forças Armadas.

O Artigo 14.º da LOBOFA determina que “Os ramos das Forças Armadas – Marinha, Exército e Força Aérea – têm por missão principal participar, de forma integrada, na defesa militar da República, nos termos do disposto na Constituição e na lei, sendo fundamentalmente vocacionados para a geração, preparação e sustentação das forças da componente operacional do Sistema de Forças Nacional, assegurando também

⁴ Aeronave operada por um único piloto, com capacidade para 8 tripulantes e peso máximo à descolagem de 4540kg. Agrega os recursos tecnológicos de jatos maiores (Stolt & Ensslin, 2009).

⁵ Diário da República n.º 86/1976, de 10 de março.

⁶ Lei Orgânica n.º 6 /2014, de 9 de setembro.

o cumprimento das missões particulares aprovadas, de missões reguladas por legislação própria e de outras missões de natureza operacional que sejam atribuídas aos ramos.”

Segundo o Artigo 23.º da Lei de Defesa Nacional e das Forças Armadas (LDNFA)⁷ as Forças Armadas “integram-se na administração direta do Estado através do Ministério da Defesa Nacional”.

O Artigo 1.º da Lei Orgânica da Força Aérea (LOFA)⁸ determina que “A Força Aérea é um ramo das Forças Armadas, dotado de autonomia administrativa, que se integra na administração direta do Estado, através do Ministério da Defesa Nacional” e o Artigo 2.º da LOFA determina que a “Força Aérea tem por missão principal participar, de forma integrada, na defesa militar da República, nos termos do disposto na Constituição e na lei, sendo fundamentalmente vocacionada para a geração, preparação e sustentação de forças da componente operacional do sistema de forças.”.

3.2. A Força Aérea e a Segurança

A Força Aérea preconiza como doutrina na área da Segurança e Defesa, a *Segurança Interna* e a *Defesa Imediata*. Estes são fatores essenciais para o cumprimento da missão. Possui ainda capacidade de proteção destacável, tanto em operações nacionais como operações de projeção de forças no âmbito da Organização das Nações Unidas (ONU) e da *North Atlantic Treaty Organization* (NATO) (Força Aérea Portuguesa, 2015).

A *Segurança Interna* compreende um conjunto de medidas ativas e passivas de prevenção e reação às ameaças e riscos potenciais contra recursos humanos e materiais da Força Aérea. São exemplos de ameaças e riscos potenciais o vandalismo, a criminalidade, a espionagem, a sabotagem, o terrorismo e a subversão. A *Defesa Imediata* compreende um conjunto de medidas de defesa ativa cujas ações têm lugar no interior do perímetro da Unidade em reação a um ataque. A defesa ativa é um conjunto de medidas necessárias para dissuadir, prevenir, neutralizar ou reduzir a eficácia de um ataque inimigo, incluindo a defesa contra ataques por vetores aéreos ou de superfície. Consiste no emprego da força contra o agressor, de forma a negar as suas intenções hostis, ou

⁷ Lei n.º 31-A/2009, de 7 de julho.

⁸ Decreto-Lei n.º 187/2014, de 29 de dezembro.

neutralizar a sua capacidade de atacar ou de se configurar como ameaça viável para a força. (Força Aérea Portuguesa, 2015).

Relativamente à projeção de forças é necessário garantir a segurança dos tripulantes e respetivas aeronaves, bem como garantir a capacidade de “*Combat rescue*”⁹. (Força Aérea Portuguesa, 2015)

O Regime de estado de sítio e estado de emergência¹⁰ define as duas situações onde o uso de força fora das unidades militares está previsto. O n.º 2 do Artigo 8.º prevê a “subordinação das autoridades civis às autoridades militares ou a sua substituição por estas” quando declarado estado de sítio. No caso de estado de emergência o n.º 3 do Artigo 9.º apenas prevê “reforço dos poderes das autoridades administrativas civis e o apoio às mesmas por parte das Forças Armadas” visto ser uma situação menos gravosa.

Para fazer face ao cumprimento destes objetivos a Força Aérea possui no seu inventário armamento diverso, do qual faz parte a espingarda HK G3 como espingarda padrão. A HK G3 é uma espingarda automática de calibre 7,62X51mm NATO. É uma arma de origem alemã produzida pela *Heckler & Koch GmbH* (H&K) em 1959. A HK G3 chegou a Portugal em 1962 devido à Guerra do Ultramar em África. Portugal adquiriu a licença de fabricação da arma, passando a ser produzida pela Fábrica de Braço de Prata. Neste processo de fabricação foram introduzidas algumas alterações à arma. Entrou ao serviço da Força Aérea na década de 70. Atualmente o único país que produz esta espingarda são os Estados Unidos da América (EUA), onde a arma é utilizada na prática de caça grossa. As suas principais limitações são de duas naturezas: operacionais e logísticas. A nível operacional é uma arma pouco versátil e com a impossibilidade de montagem de equipamentos. A nível logístico encontra-se limitada ao nível de sobresselentes, dadas as alterações que a arma sofreu no seu processo de fabricação a nível nacional.

O objetivo deste trabalho é analisar, através da metodologia de análise multicritério, qual a alternativa mais adequada para substituir a HK G3 no contexto da defesa das Unidades da Força Aérea.

⁹ Capacidade de resgate de militares em território inimigo.

¹⁰ Lei n.º 44/86, de 30 de setembro.

3.3. Aquisição de Armamento na Força Aérea

O processo de aquisição de armamento na Força Aérea é multidisciplinar. A otimização da escolha do equipamento a adquirir depende dos militares intervenientes no processo, bem como das valências dos mesmos. Desta forma, o processo é analisado de diferentes óticas: operacional; logístico; e financeiro.

Gestor- responsável pela verificação do estado das armas, bem como pela proposta de substituição das mesmas quando estas atingem o seu limite de potencial¹¹ ou se encontram obsoletas. (Operacional, Logístico e Financeiro)

Divisão de Operações- responsável pela elaboração de estudos de estado maior com o objetivo de escolher quais os requisitos da arma que vai suprimir a necessidade em causa. (Logístico)

Divisão de Recursos- responsável por definir qual o número de armas a adquirir tendo em conta as necessidades organizacionais. (Logístico)

Comando da Logístico da Força Aérea (CLAFA)- responsável por proceder à aquisição do equipamento em causa através da Direção de Manutenção de Sistemas de Armas. (Logístico)

Comando Aéreo (CA)- responsável por definir quais os requisitos de segurança das Unidades, assinalar necessidades de armamento tendo em conta as missões a decorrer bem como nomear das equipas de teste. (Operacional)

Chefe de Estado Maior da Força Aérea (CEMFA) – responsável pela autorização da aquisição da arma tendo em conta as propostas apresentadas, sendo ainda responsável pelo processo de alienação das armas que vão ser substituídas a nível interno. (Operacional, Logístico e Financeiro)

O processo de substituição de uma arma não é linear, podendo assumir diferentes formas, dependendo do valor de aquisição das armas ou da urgência da compra.

¹¹ Vida útil do cano.

3.4. Alternativas

Para testar o modelo é necessário definir quais as alternativas a estudar. Desta forma foram selecionadas armas de fabricantes com os quais a Força Aérea já tem relações estabelecidas. Os fabricantes selecionados pertencem ao mercado europeu. Tal facilita a aquisição de sobresselentes, bem como o deslocamento dos militares que vão receber formação nas instalações destes. A proximidade geográfica e todos os fabricantes estarem sediados em países pertencentes ao espaço Schengen¹² são mais-valias.

Existem à partida requisitos a cumprir na seleção das alternativas. Têm de possuir um calibre NATO. O calibre selecionado foi o 5,56X45mm NATO, uma vez que o mesmo garante as melhores condições para a realização da missão. As armas devem possuir calhas *Picatinny*¹³, bem como sistemas de segurança que impeçam disparos involuntários. As armas devem ainda permitir utilização total das suas funcionalidades quando equipado com o fato de proteção NRBQ¹⁴ em PPOM4R¹⁵.

Desta forma as armas selecionadas são:

- FN SCAR L;
- HK416;
- SIG 516;
- CZ BREN 2;
- HK G36.

As armas possuem características similares. Todas elas são modulares. No entanto não são iguais, possuem características diferenciadoras, tanto a nível operacional, logístico como financeiro. As armas possuem diferentes versões tendo em conta a sua configuração, sendo que o aspeto diferenciador entre as diferentes versões de cada arma são as dimensões da mesma. Para a realização deste trabalho foram selecionadas as armas na sua versão *standard*, isto é, na sua versão intermédia. A caracterização das armas encontra-se no Anexo 2.

No próximo capítulo apresentar-se-á a aplicação da metodologia MACBETH.

¹² Livre circulação de pessoas.

¹³Plataforma *standard* onde podem ser montados acessórios.

¹⁴Nuclear, Radiológico, Biológico e Químico.

¹⁵Postura de Proteção Orientada para a Missão com Respiradouro.

4. Metodologia e sua Aplicação

4.1. Estudo de Caso

Um estudo de caso assenta na investigação de um fenómeno contemporâneo dentro de um contexto real. Os limites entre o fenómeno e o seu contexto não são evidentes. Esta metodologia deriva das ciências sociais, como a psicologia, sociologia e economia, mas pode ser aplicada em outras áreas como as áreas ambientais, educacionais ou industriais (Yin, 1989).

As condições para a realização de um estudo de caso são: (1) o foco do estudo é responder “como” e “porquê” à questão; (2) não é possível manipular o comportamento dos agentes envolvidos no estudo; (3) é necessário ter em consideração o contexto, pois é relevante para perceber o fenómeno em causa; ou (4) os limites entre o fenómeno e o contexto não são claros (Yin, 2012).

Um dos aspetos diferenciadores do estudo de caso é a combinação entre a aproximação quantitativa e qualitativa, garantindo o equilíbrio entre a verdade, aplicabilidade, consistência e neutralidade (Johansson, 2003)

Tendo em conta as características do estudo de caso, bem como as suas capacidades, é possível enquadrar este trabalho nesta tipologia de estudo, dada a versatilidade do processo de tomada de decisão bem como a tipologia de dados utilizados.

4.2. Planeamento da Investigação

O objetivo de um projeto de investigação é desenvolver conhecimento e possíveis cursos de ação. Desta forma, o propósito da revisão de literatura é a aquisição de conhecimento relativo a um determinado tópico. Perceber que tipo de investigações já foram realizadas e de que forma foram conduzidas é essencial. A revisão da literatura é um garante da validade académica da investigação, bem como uma questão de ética académica para com os outros autores (Hart, 2018).

A análise multicritério foi elaborada segundo a metodologia MACBETH, apoiada pelo *software* Wisedon.

A recolha de dados para o desenvolvimento do projeto vai compreender duas fases. A primeira fase através de reuniões exploratórias, com o objetivo de melhor

perceber o projeto, o papel dos intervenientes e as suas opiniões relativas ao tema. Esta primeira fase substancia-se na criação de um grupo de trabalho onde o objetivo é conseguir que as decisões tomadas sejam mais racionais, de forma a minimizar as crenças pessoais e/ou as limitações individuais de cada decisor (Laughlin et al., 2006). A segunda fase consiste na análise de peças de concursos públicos anteriores para a aquisição de armamento. A definição dos critérios e a obtenção dos julgamentos de atratividade vão ser resultado destas duas fases.

A aplicação da metodologia MACBETH vai ser composta por cinco fases: (1) Definição dos Critérios de Avaliação; (2) Construção das Escalas de Valor; (3) Atribuição das Ponderação dos Critérios; (4) Definição das Opções; (5) Análise de Resultados.

4.3. Preparação para a recolha de dados

A aquisição de armamento ou de qualquer sistema de armas por parte da Força Aérea é um processo complexo. A consulta de documentação relativa à avaliação e aquisição de armamento foi essencial, bem como a realização de entrevistas a militares que têm contacto com aspetos relacionados com o processo de aquisição, operação e manutenção de armamento ligeiro.

O principal objetivo desta fase foi perceber quais as áreas envolvidas no processo de avaliação e aquisição de uma arma, quais as responsabilidades de cada um destes agentes e quais os requisitos essenciais a analisar. Foi indispensável identificar e esquematizar as principais fases deste processo para conseguir perceber que tipo de informação procurar e onde o fazer.

4.4. Recolha de dados

As fontes utilizadas para a obtenção de dados resultaram de reuniões com militares especialistas na área de armamento ligeiro, tanto operacionais como responsáveis pela manutenção e gestão deste tipo de equipamento. Este processo foi corroborado com a análise documental realizada.

A definição dos critérios de avaliação foi um processo composto por duas fases. A primeira fase através da análise documental. Os documentos analisados foram peças de um plano de testes de armas realizado por uma comitiva composta por militares dos três ramos das Forças Armadas Portuguesas. A segunda fase através de reuniões com militares

especialistas na área operacional, da manutenção e com o gestor. O objetivo destas reuniões foi perceber qual a validade dos critérios resultantes da análise documental para este estudo em concreto e a existência de outros possíveis critérios.

4.5. Avaliação da Solução Obtida

A espingarda escolhida para substituir a HK G3 deve garantir o cumprimento da missão a que a mesma se propõe. Para tal é necessário que todos os requisitos enunciados se encontram satisfeitos. Assim torna-se fulcral definir quais os níveis de *performance* exigidos a cada critério e que critérios apresentam maior grau de importância. Tal visa resolver problemas de confronto entre duas opções que aparentemente são igualmente capazes, garantindo a aquisição da espingarda mais vantajosa à Força Aérea.

A solução encontrada deve ser a que maximiza o cumprimento dos requisitos estabelecidos.

4.6 Identificação, Explicação de Padrões e Aplicação da Metodologia

O modelo de análise multicritério escolhido para a avaliação das diferentes opções foi o modelo aditivo ponderado. Desta forma, as pontuações finais resultam do somatório das pontuações de cada critério. Para a aplicação da metodologia MACBETH foi necessária a utilização de um *software* que fosse responsável pelo tratamento dos dados recolhidos. O *software* utilizado para a realização deste trabalho foi o Wisedon.

A aplicação da metodologia MACBETH através do Wisedon divide-se em cinco fases: (1) Definição dos Critérios de Avaliação; (2) Construção das Escalas de Valor; (3) Atribuição das Ponderação dos Critérios; (4) Definição das Opções; (5) Análise de Resultados.

O Wisedon é responsável pela determinação das pontuações e ponderações dos critérios. O cálculo das ponderações resulta dos julgamentos de atratividade. Estes representam as diferenças de atratividade entre critérios. São utilizadas 7 categorias semânticas nos julgamentos de atratividade: (1) "Nula"; (2) "Muito Fraca"; (3) "Fraca"; (4) "Moderada"; (5) "Forte"; (6) "Muito Forte"; (7) "Extrema".

4.6.1. Definição dos Critérios de avaliação

Através da análise documental efetuada e das reuniões com os militares relacionados com o processo de aquisição de armamento foi possível fazer o levantamento de uma série de critérios que são tidos em conta na escolha de uma espingarda.

Para a realização deste trabalho não foi possível ter em conta todos os critérios identificados, devido à natureza e dimensão dos mesmos, bem como à dificuldade de reunir dados, em tempo útil, para caracterizar alguns. Para uma melhor análise os critérios foram divididos em 3 grupos (Operacional, Financeiro e Logístico) tendo em conta a sua natureza, sendo por sua vez subdivididos em subcritérios que os caracterizam (os critérios estão assinalados a negrito).

A nível Operacional os critérios e subcritérios identificados foram: **Tiro**, Alcance útil, Efeito recuo, Cadência de tiro; **Aparelho de pontaria**, Precisão, Robustez; **Coronha**, Tipo de coronha; **Carregador**, Material do carregador; **Peso**, Massa total da arma; **Extras**, Número de extras.

A nível Financeiros os critérios e subcritérios identificados foram: **Preço**, Preço da arma, Preço dos sobresselentes, Preço das ferramentas.

A nível Logístico os critérios e subcritérios identificados foram: **Manutenção**, Facilidade de aquisição dos sobresselentes, Oferta formativa de manutenção; **Armazenamento e Transporte**, Comprimento mínimo da arma.

Para a realização deste trabalho foi necessário proceder à definição dos critérios. Nesta fase é essencial garantir a definição clara e objetiva dos critérios para conseguir minimizar os efeitos resultantes da subjetividade. A definição teórica dos critérios foi retirada do Manual de Armamento da Academia Militar (Santos, 2010)

4.6.2. Explicação dos critérios

Tabela 1: Explicação dos critérios e subcritérios.

| | |
|----------------------|---|
| Tiro | Conjunto de indicadores físicos que caracterizam o disparo. |
| Alcance útil | É o alcance permitido pelas possibilidades técnicas da arma em geral, traduzido pelo máximo alcance do aparelho de pontaria. |
| Efeito recuo | Para que uma arma tenha um recuo suportável, face a uma desejada potência balística, recorre-se à fórmula de Saint Robert, isto é, $(2) v = \frac{v_0(p + \frac{w}{2})}{P}.$ <p>v– Velocidade de recuo da arma v_0– velocidade inicial do projétil p– massa da carga w– massa do projétil P– massa da arma</p> |
| Cadência de tiro | Número de tiros que um atirador em condições ideais pode executar num minuto. É expresso em tiros por minuto (t.p.m.). |
| Aparelho de pontaria | O aparelho de pontaria destina-se a apontar a arma, isto é, dirigi-la de forma que a trajetória do projétil intercete o alvo. |
| Robustez | O aparelho de pontaria deve ser sólido e estar protegido por órgãos protetores metálicos para evitar deslocamentos acidentais que alterariam a posição da linha de mira. |
| Coronha | A coronha é a parte da espingarda destinada a alojar todas as peças que a constituem, permitindo ao mesmo tempo o seu manejo. |
| Tipo de coronha | Existem diferentes tipos de coronhas, tanto ao nível da sua forma como da sua constituição. As coronhas são caracterizadas pelo conforto que proporcionam ao atirador no momento do disparo bem como pela sua versatilidade, isto é, possuírem a capacidade retrátil ou rebatível. A avaliação das coronhas vai ser feita tendo em conta a sua ergonomia e de que forma facilitam o transporte da arma. |

| | |
|--|--|
| Carregador | Dispositivo amovível onde se encontram as munições. |
| Material do carregador | Os carregadores são geralmente de compósito ou metal. O material com que o carregador é feito influencia o peso e durabilidade do mesmo (os carregadores metálicos são mais pesados, mas têm uma vida útil superior enquanto que o contrário se verifica nos carregadores de compósito) |
| Peso | O peso da arma é um dos fatores que influencia a manejabilidade da arma, bem como a qualidade do tiro e o transporte da mesma. |
| Massa total da arma | A massa total da arma é a massa da arma desmuniçada. |
| Extras | Características diferenciadoras da arma. Ex: espaço de armazenamento no punho. |
| Número de extras | Número de extras que a arma possui na sua versão <i>standard</i> . |
| Preço | Rubrica agregadora que representa o valor global de aquisição da arma. O efeito escala é desprezado. |
| Preço da arma | Valor de aquisição da arma. |
| Preço dos sobresselentes | Preço dos sobresselentes aconselhados pelo fabricante. |
| Preço das ferramentas | Preço das ferramentas exclusivas da arma. |
| Manutenção | Tem em conta os aspetos de sustentação e manutenção da arma. |
| Facilidade de aquisição dos sobresselentes | A facilidade de aquisição dos sobresselentes é caracterizada pelo tempo médio de entrega dos mesmos. |
| Oferta formativa de manutenção | Qual o tipo de oferta formativa de manutenção (1º, 2º ou 3º escalão) que o fabricante oferece e a quantos militares. A manutenção de 1º escalão consiste na limpeza da arma, a de 2º escalão na inspeção de desgaste das partes da arma e a 3º escalão na substituição de peças fixas da arma. |

| | |
|----------------------------|---|
| Armazenamento e Transporte | A dimensão da arma é um dos aspetos que condiciona a empregabilidade da arma em determinados cenários de combate. Tem ainda influência no processo de armazenamento da mesma. A característica da arma mais limitativa é o seu comprimento. |
| Comprimento mínimo da arma | Comprimento mínimo da arma é a distância desde da ponta do cano até ao ponto mais distante da arma. O objetivo é perceber em que medida a coronha tem a capacidade de reduzir o comprimento da arma. |

Autoria Própria, baseado em (Santos, 2010)

A definição dos critérios não consiste só em estabelecer quais os critérios a utilizar, mas também no método segundo o qual os mesmos vão ser avaliados. O Wisedon permite 4 métodos: (1) Escala Quantitativa, (2) Escala Qualitativa, (3) Opção com 2 referências e (4) Opção.

A estruturação dos critérios é essencial para a compreensão do modelo. A criação da árvore de decisão é essencial para perceber quais as relações que existentes entre os critérios. Tal vai ser essencial para o cálculo das ponderações dos critérios e subcritérios. A árvore de decisão encontra-se no Anexo 3.

4.6.3. Construção de Escalas de Valor

Com os critérios e subcritérios definidos foi necessário proceder à avaliação dos mesmos. Para tal foram definidos 5 níveis de avaliação para todos os critérios, com exceção dos subcritérios “Robustez” e “Material do Carregador” onde apenas foram definidos 3. Os níveis de avaliação de variam entre “Ótimo”, “Bom”, “Médio”, “Fraco” e “Mau”. Nos casos “Robustez” e “Material do Carregador” os níveis de avaliação variam entre “Mau” ou “N/A”, “Médio” e “Ótimo”. Isto deve-se às especificidades destes subcritérios.

O Wisedon exige a definição de um nível “Neutro” e um nível “Bom”. O nível “Neutro” representa o nível mínimo de *performance* que cada critério deve apresentar, enquanto que o nível “Bom” representa um nível de *performance* muito satisfatório. O nível “Bom” não representa o teto, podendo haver *performances* acima desse nível. Neste projeto foi definido como “Bom” o nível “Ótimo” com uma avaliação de 100 pontos e

identificado com a cor verde. O “Neutro” corresponde ao nível “Médio”, é avaliado com 0 pontos e identificado com a cor azul. Os níveis de *performance* abaixo do nível “Neutro” têm pontuação negativa. Tal encontra-se exemplificado na imagem abaixo relativamente ao “Alcance Útil”. A definição do nível “Neutro” e “Bom” é essencial para proceder à atribuição de pontuações dos restantes níveis de *performance*, pois apesar de resultarem do preenchimento da matriz de julgamento têm como referência estes dois níveis de *performance*.

| | |
|-------|-----|
| Ótimo | 500 |
| Bom | 400 |
| Médio | 300 |
| Fraco | 200 |
| Mau | 100 |

Figura 4: Definição dos níveis de performance do subcritério “Alcance Útil”.

Fonte: Wisedon

Com os níveis de *performance* definidos procedeu-se ao preenchimento das matrizes de julgamentos dos subcritérios. O preenchimento das matrizes de julgamento é feito com as 7 categorias semânticas anteriormente enunciadas. O preenchimento da matriz de julgamento reflete as diferenças de atratividade entre os diferentes níveis de *performance* de um critério. No caso do critério “Alcance Útil” a diferença de atratividade entre a capacidade do aparelho de pontaria ser 500m ou 100m é extrema.

| | | | | |
|-----|----------|--------|-------------|---------|
| | 400 | 300 | 200 | 100 |
| 500 | moderate | strong | very strong | extreme |
| 400 | | strong | very strong | extreme |
| 300 | | | very strong | extreme |
| 200 | | | | extreme |

Figura 5: Preenchimento da matriz de julgamento de atratividade do critério “Alcance Útil”. Fonte: Wisedon

O resultado da matriz de atratividade vai definir a função que atribui as pontuações de cada nível de *performance* identificado. Não esquecendo que ao nível “Neutro” vão ser atribuído 0 pontos e ao nível “Bom” 100. Neste exemplo um aparelho de pontaria com a capacidade de 400m vai receber 57,14 pontos.

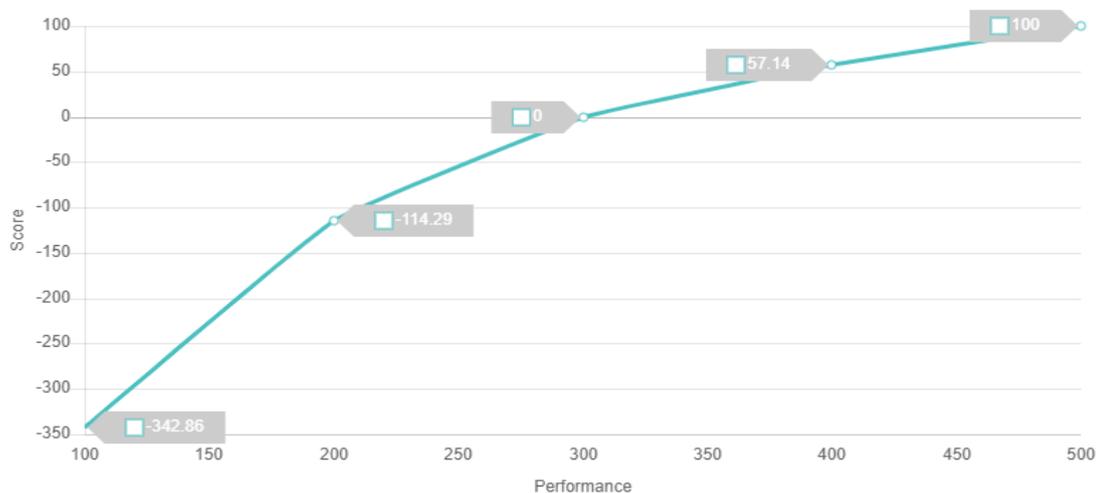


Figura 6: Pontuações atribuídas aos níveis de performance do critério “Alcance Útil”.
Fonte: Wisedon

4.6.4 Atribuição das Ponderações dos Critérios

As ponderações resultam da comparação dos critérios e subcritérios. Para tal é necessário proceder à ordenação dos mesmos e posteriormente ao preenchimento das respetivas matrizes de julgamento.

Primeiramente os subcritérios são ordenados de forma decrescente tendo em conta o grau de importância da passagem do nível “Neutro” para o nível “Ótimo” de um critério ou subcritério. Por exemplo, no caso do critério **Tiro** os seus subcritérios foram ordenados da seguinte forma:

- Alcance Útil > Efeito de recuo > Cadência de Tiro.

Isto é, a passagem do nível “Neutro” para o nível “Bom” do subcritério “Alcance Útil” é mais atrativo que a passagem do nível “Neutro” para o nível “Bom” do subcritério “Efeito de recuo”, que por sua vez é mais atrativo que a passagem do nível “Neutro” para o nível “Bom” do subcritério “Cadência de Tiro”.

| | | | |
|-----|---|-----|------------------|
| 300 | → | 500 | Alcance útil |
| 3 | → | 1 | Efeito de recuo |
| 600 | → | 800 | Cadência de tiro |

Figura 7: Ordenação decrescente dos subcritérios do critério “Tiro”. Fonte: Wisedon

De seguida é necessário ordenar os critérios dentro de cada categoria. Na componente Operacional temos:

- **Tiro>Coronha>Aparelho de Pontaria>Peso>Extras>Carregador.**

O último passo consiste na ordenação das 3 grandes componentes, sendo que o resultado foi:

- Operacional>Financeiro>Logístico

Após a ordenação dos critérios foi necessário proceder ao preenchimento das matrizes de julgamento. As ponderações resultam da comparação dos critérios e subcritérios. A avaliação feita assenta na matriz de julgamento onde se avalia a atratividade da passagem do nível “Neutro” para o nível “Bom” de um critério ou subcritério. O preenchimento da matriz de julgamento nesta fase da metodologia é diferente da anterior. O preenchimento inicia-se com a definição do nível de atratividade de um critério ou subcritério passar de “Neutro” para “Bom”. Desta forma é possível observar que a última coluna da matriz de julgamento é designada de “Neutral”. Seguidamente procedeu-se à comparação da atratividade relativa entre critérios e subcritérios.

| | Efeito de recuo | Cadência de tiro | Neutral |
|------------------|-----------------|------------------|---------------|
| Alcance útil | moderate | strong | strong |
| Efeito de recuo | | strong | strong |
| Cadência de tiro | | | strong |

Figura 8: Preenchimento da matriz de julgamento de atratividade dos subcritérios do critério “Tiro”. Fonte: Wisedon

Do preenchimento das matrizes de julgamento resulta o cálculo das ponderações dos critérios e subcritérios.

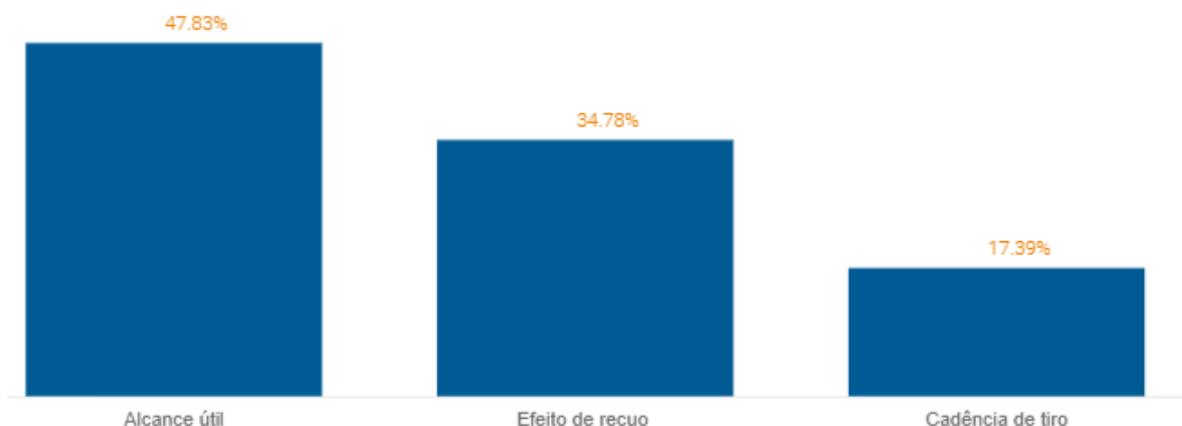


Figura 9: Ponderações atribuídas aos subcritérios do critério “Tiro”. Fonte: Wisedon

4.6.5. Definição das Opções

As opções definidas para testar o modelo proposto foram: FN SCAR L; HK 416; SIG 516; CZ BREN 2; HK G36. As opções são inseridas na rubrica “Definir e Avaliar Alternativas”.

Nesta mesma rubrica procedeu-se à avaliação das opções. Para tal foi necessário inserir os dados referentes às opções (exemplo: cadência de tiro de cada uma das alternativas). A avaliação das opções depende da atribuição dos dados das armas para os diferentes critérios e subcritérios. Os dados vão ser convertidos em *scores* tendo por base todo o procedimento metodológico realizado anteriormente.

Concluído todo este processo o Wisedon procedeu à aplicação do método aditivo ponderado. Tal resultou nas pontuações finais de cada uma das opções e na criação de um *ranking* de atratividade das mesmas (para este cenário em concreto). O preenchimento da tabela de avaliação das opções encontra-se no Anexo 4.

Os resultados e a sua análise vão ser o objeto do próximo capítulo.

5. Análise de Resultados

5.1. Apresentação dos Resultados

Após a definição e caracterização das opções o Wisedon apresenta-nos os resultados. Os resultados são as pontuações globais de cada uma das opções que são obtidas através da aplicação do modelo aditivo ponderado:

$$(1) v_a = \sum_{i=1}^n w_i v_i(g_i(a)).$$

onde w_i é a ponderação determinada a partir dos julgamentos qualitativos sobre os critérios e subcritérios multiplicado por $v_i(g_i(a))$ que representa o valor de cada opção, neste caso cada espingarda, sendo que v_i representa a escala de atratividade de cada critério e $g_i(a)$ representa a *performance* de cada opção num determinado critério.

Os resultados apresentados pelo Wisedon foram os seguintes:

- 1º- FN SCAR L (42,55 pontos)
- 2º- CZ BREN 2 (24,26 pontos)
- 3º- SIG 516 (15,57 pontos)
- 4º- HK G36 (3,32 pontos)
- 5º- HK 416 (-97,89 pontos)

Através deste *ranking* é possível perceber que a espingarda que reúne as melhores características (tendo em conta o modelo desenvolvido) é a FN SCAR L. Todas as espingardas tiveram pontuações positivas, à exceção da HK 416. A ordenação das opções encontra-se no Anexo 5.

O *software* apresenta algumas ferramentas para melhor perceber o porquê destes resultados, bem como o seu significado.

5.2. Análise dos valores parciais

Uma das ferramentas que o Wisedon possui é a análise parcial das pontuações. Esta permite perceber qual foi a pontuação de cada uma das opções nos 3 grupos de análise (Operacional, Logístico e Financeiro), independentemente da ponderação dos critérios e subcritérios.

No caso da espingarda vencedora (FN SCAR L) é possível observar foi a única que obteve pontuação positiva nas 3 áreas, apesar não ter sido aquela que teve maior pontuação em todas as áreas de análise.

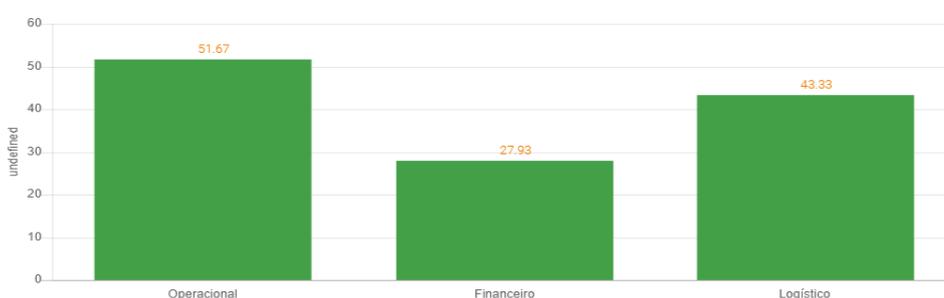


Figura 10: Análise dos Valores Parciais da opção “FN SCAR L”. Fonte: Wisedon

No caso da espingarda HK 416 é de notar que é a opção com pior desempenho. Tal deve-se principalmente ao fator Financeiro, onde apresenta uma pontuação negativa de -325,49 pontos. Tal deve-se ao seu preço de aquisição ser em cerca de 1000€ superior às outras opções. O mesmo se verifica no caso do preço dos sobresselentes aconselhados pelo fabricante e no preço das ferramentas exclusivas da arma onde o diferencial positivo no preço varia entre os 150€-200€ em relação às restantes alternativas. A nível Logístico também se verifica uma pontuação negativa. O principal fator é o facto da espingarda possuir uma coronha telescópica que incapacita a mesma de assumir configurações mais curtas, sendo necessário mais espaço para armazenar a mesma.

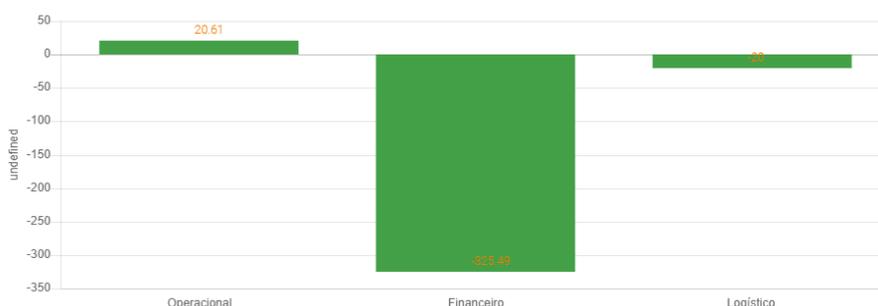


Figura 11: Análise dos Valores Parciais da opção “HK 416”. Fonte: Wisedon

5.3. Análise de Perfil

Esta análise consiste na comparação direta entre duas das opções. Permite perceber quais são as diferenças a nível de pontuação das opções. Apresenta ainda um gráfico onde apenas são apresentadas as vantagens comparativas das opções em análise e a sua quantificação.

Torna-se pertinente proceder à comparação entre o primeiro e o segundo classificado, mais concretamente a FN SCAR L e a CZ BREN 2.

É possível observar que a CZ BREN 2 tem um melhor desempenho em termos operacionais (com uma pontuação de 58,44 pontos) que a FN SCAR L (com 51,67 pontos). A nível Financeiro a CZ BREN 2 teve uma *performance* negativa, com – 28,69 pontos, enquanto que a FN SCAR L obteve 27,93 pontos, o que perfaz um diferencial de 56,62 pontos entre as duas opções. Isto deve-se à CZ BREN 2 ter um valor de aquisição, dos seus sobresselentes e das suas ferramentas mais elevado que a FN SCAR L e superior ao nível “Neutro”. Por último, a nível Logístico ambas as espingardas tiveram pontuações positivas, no entanto a FN SCAR L destaca-se com mais 19,5 pontos que a CZ BREN 2, pois possui um comprimento mínimo inferior.

A análise perfil permite-nos aferir quais os grupos de critérios onde se verifica maior discrepância.

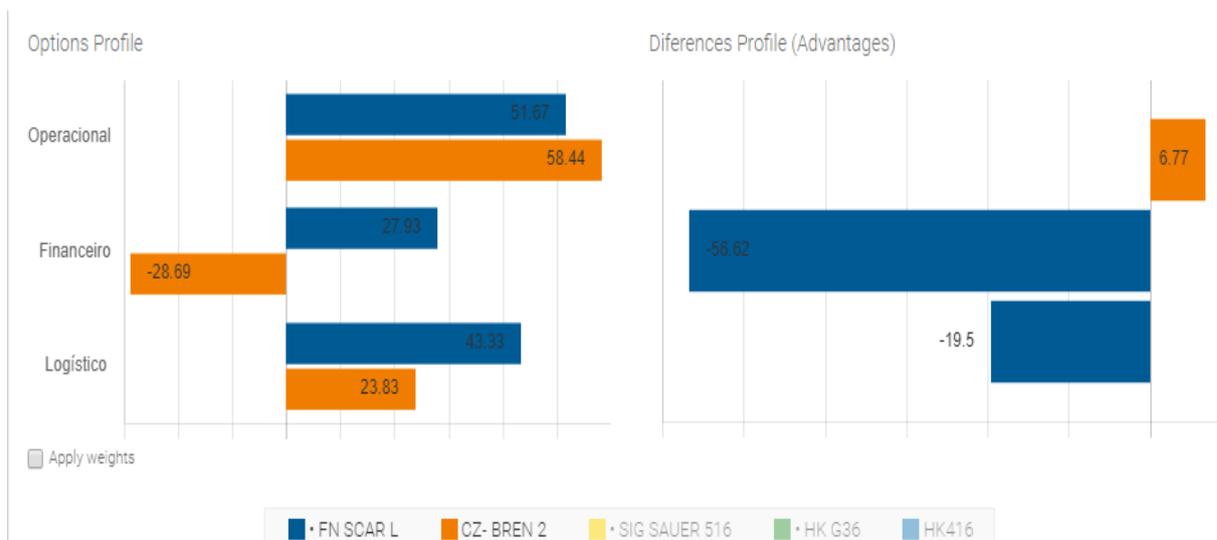


Figura 12: Análise de Perfil da opção “FN SCAR L” e da opção “CZ BREN 2”.

Fonte: Wisedon

5.4. Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade tem em conta a ponderação atribuída aos critérios. Esta avaliação permite aferir quais seriam os resultados caso a ponderação de um critério sofresse alterações. Esta informação é essencial para a produção de recomendações.

Tendo em conta a análise de perfil às duas espingardas com melhor *performance* é pertinente fazer uma análise de sensibilidade tendo por base os critérios de aspeto Financeiro, uma vez que foi onde a discrepância entre as pontuações das opções foi maior.

Uma vez que a CZ BREN 2 é uma espingarda mais dispendiosa é previsível que com o aumento da ponderação do grupo de critérios da área Financeira a discrepância entre esta e a FN SCAR L aumente. No entanto o efeito da diminuição da ponderação desse grupo de critério não é evidente.

Através da realização da análise de sensibilidade foi possível observar que independente da ponderação dos critérios Financeiros não haveria mudança de posição entre as duas opções, sendo que caso os critérios Financeiros fossem desprezados, isto é, assumissem uma ponderação de 0 (Cenário 1) a diferença entre as duas opções seria de 0,7 pontos. No cenário oposto, em que os critérios Financeiros assumissem uma ponderação de 100% (Cenário 2) a diferença entre as opções seria de 56,62 pontos. Com esta análise foi ainda possível observar uma reorganização do *ranking* em ambos os cenários mencionados, sendo que no Cenário 2 haveria inclusive uma alteração da escolha. Caso a componente Financeira tivesse uma ponderação superior a 85% a opção com melhor pontuação seria a SIG 516.

| Cenário 1 | Cenário 2 |
|--------------|--------------|
| 1º FN SCAR L | 1º SIG 516 |
| 2º CZ BREN 2 | 2º FN SCAR L |
| 3º HK 416 | 3º HK G36 |
| 4º SIG 516 | 4º CZ BREN 2 |
| 5º HK G36 | 5º HK 416 |

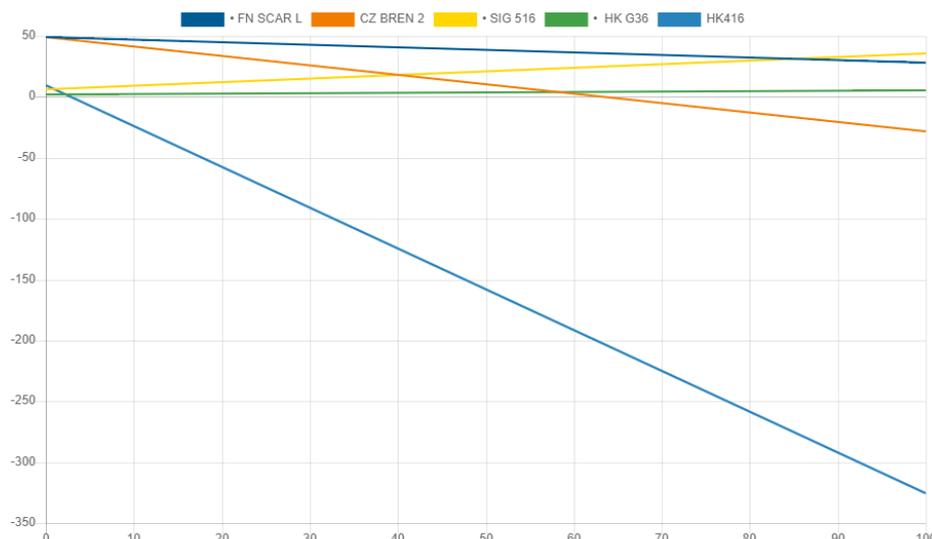


Figura 13: Análise de Sensibilidade da componente Financeira. Fonte: Wisedon

A nível Operacional a FN SCAR L iria ser ultrapassada pela CZ BREN 2 caso este conjunto de critérios assumisse uma ponderação na casa dos 87%. Ao mesmo tempo haveria uma passagem da HK 416 para 4º lugar e uma descida da HK G36 para último lugar. Haveria ainda uma reorganização do *ranking* sem alteração da opção vencedora com a diminuição da ponderação para este grupo de critérios para cerca de 30%.

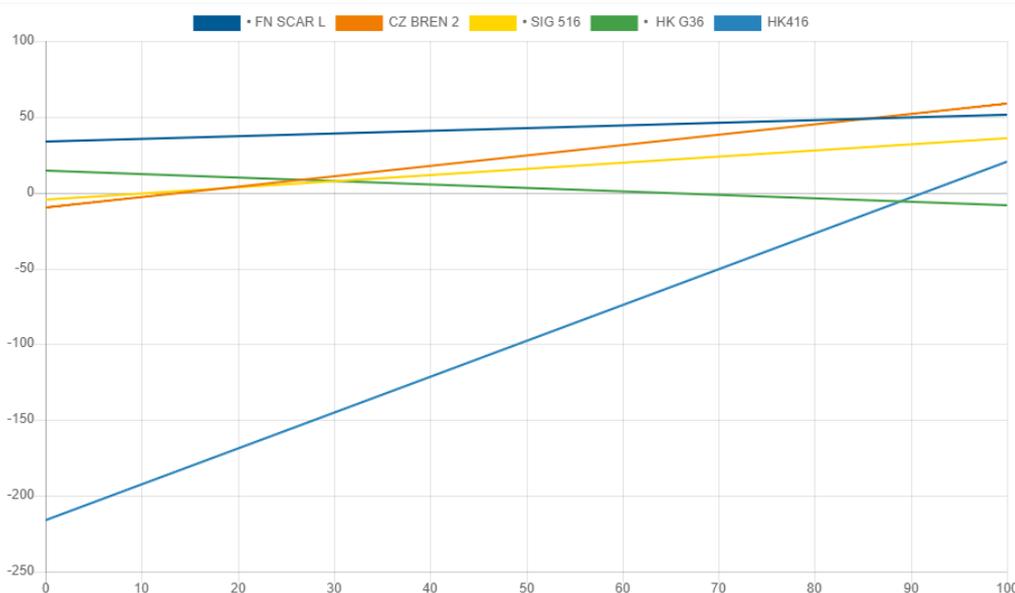


Figura 14: Análise de Sensibilidade da componente Operacional. Fonte: Wisedon

Por último, a análise de sensibilidade a nível Logístico revela que não haveria alteração da opção vencedora (FN SCAR L). Com a diminuição para 10% da ponderação deste grupo de critério a SIG 516 assumiria a segunda posição do *ranking* e com o aumento da ponderação para 80% a HK G36 assumiria a segunda posição.

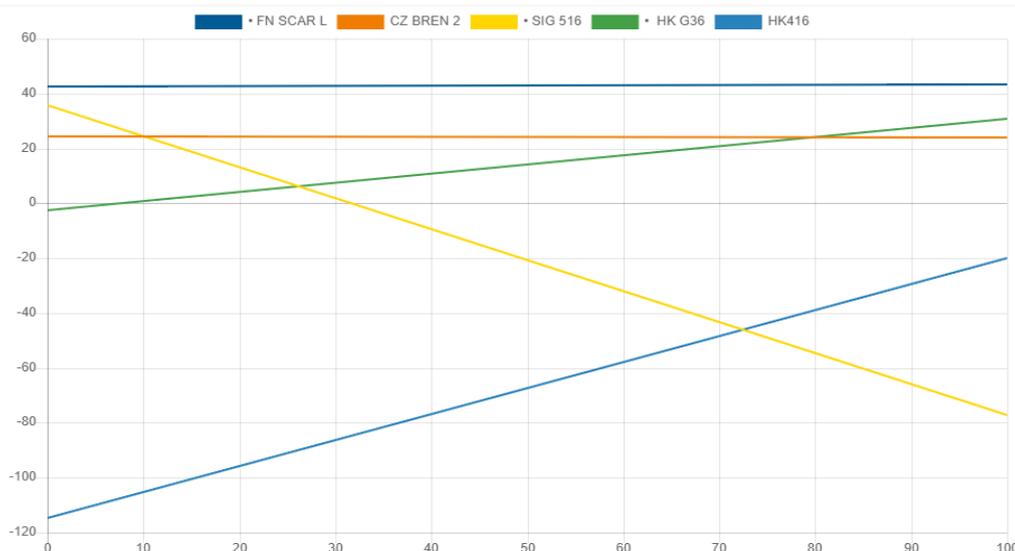


Figura 15: Análise de Sensibilidade da componente Logística. Fonte: Wisedon

Concluindo, foi possível observar que a pontuação atribuída à FN SCAR L é bastante robusta. A análise de sensibilidade às três componentes que constituem o modelo revelou que apenas alterações significativas na ponderação dos grupos de critérios alterariam o *output*. As alterações que se verificaram foi a passagem da opção FN SCAR L da primeira para a segunda posição do *ranking*. Alterações com esta magnitude são improváveis tendo em conta a estrutura do modelo, visto que a análise é feita a um grupo de critérios e não a um critério único.

6. Conclusões

Este trabalho encontra-se dividido em 6 capítulos. O primeiro capítulo é introdutório. Aí encontram-se espelhados alguns conceitos nucleares para a realização do trabalho. Ainda nesse capítulo é definido o tema, o objetivo e as questões de investigação do trabalho. A revisão da literatura constitui o segundo capítulo. Esta foi essencial, tanto no processo de aculturação ao tema, bem como garante da validade académica do trabalho. O segundo capítulo foi ainda o responsável por garantir que a metodologia MACBETH, no que respeita às metodologias MCDM, era a indicada para a realização deste estudo. No terceiro capítulo encontra-se o enquadramento do objeto de estudo. Foi feito um enquadramento da Força Aérea dentro das Forças Armadas, bem como dos princípios de segurança inerentes à defesa das Unidades militares da Força Aérea. No quarto capítulo encontra-se descrito todo o processo metodológico inerente à metodologia MACBETH. No quinto capítulo os resultados foram expostos e analisados.

6.1. Principais Conclusões

O presente trabalho pretendia comprovar a aplicabilidade da metodologia MACBETH no processo de seleção de uma espingarda para a substituição da atual HK G3. Foi possível observar que todas as fases do processo tiveram sucesso e que a aplicação da metodologia através do *software* Wisedon ocorreu normalmente. A aplicação da metodologia permitiu incluir todas as componentes intrínsecas do Caderno de Encargos.

O desenvolvimento do modelo foi realizado por vários militares de diferentes áreas onde foram evidenciados os aspetos operacionais, financeiros e logísticos. As integrações destas três áreas no modelo tornam o mesmo realista.

A espingarda que obteve maior pontuação global foi a FN SCAR L, arma recentemente adquirida pelo Exército. Apesar de não ser a arma com maior pontuação em nenhuma das áreas foi a única que conseguiu ter pontuação positiva nas três, o que globalmente se revelou positivo. A mesma é capaz de cumprir a missão que a Força Aérea lhe incumbe.

Através da análise de perfil foi possível observar que a FN SCAR L e a CZ BREN 2 (segunda opção mais atrativa) apresentam uma maior diferença de atratividade na área Financeira. A análise de sensibilidade demonstrou que independentemente da ponderação dos critérios desta área não haveria alteração de atratividade entre estas duas armas. Foram ainda realizadas análises de sensibilidade à componente Operacional e Logística. Estas serviram para reafirmar a validade dos resultados obtidos.

O *software* Wisedon mostrou-se capaz de fazer face ao problema em causa e possui várias ferramentas de análise que permitem perceber qual o resultado dos julgamentos de atratividade feitos ao longo da aplicação metodológica, bem como qual a alteração dos resultados caso os critérios assumissem uma ponderação diferente.

Este projeto apresentou uma nova metodologia de trabalho e pode servir de ponto de comparação com a metodologia atual, evidenciando possíveis vantagens tanto ao nível do cálculo das ponderações dos critérios bem como na fase de análise de resultados.

6.2. Limitações e Estudos Futuros

As limitações sentidas durante a realização deste trabalho estiverem relacionadas com a falta de informação. Ao longo do desenvolvimento de projeto os critérios tiveram de ser redefinidos diversas vezes, pois não era possível obter em tempo útil dados para o preenchimento dos mesmos. Para colmatar esta situação foi necessário proceder a uma simplificação da árvore de decisão.

A nível de investigações futuras poderia revelar-se interessante proceder à aquisição de uma nova arma usando paralelamente a metodologia atual e a metodologia MACBETH e tentar perceber quais as diferenças nos resultados e qual o impacto dos mesmos. Numa análise futura seria ainda interessante a utilização desta metodologia na avaliação dos Pilotos-Aviadores no processo de alocação dos mesmos às suas respetivas aeronaves. Aquando da substituição da HK G3 é ainda necessário estudar qual o modelo mais vantajoso de alienação deste equipamento.

7. Referências Bibliográficas

- Almeida, C. P. (2009). A metodologia nacional de aquisição de equipamentos militares para as Forças Armadas (face à perspectiva do seu emprego nos cenários de evolução estratégica, durante o seu ciclo de vida). Lisboa.
- Angeloni, M. T. (2003). Elementos intervinientes na tomada de decisão . *Brasília*, vol.32, 17-22.
- Barba-Romero, Pomerol, S., & Jean-Charles. (1997). *Decisiones Multicriterio, Fundamentos teoricos y Utilizacion Practica*. Alcalá: Colección de Economía.
- Belton, V. (1999). Multi-Criteria Problem Structuring and Analysis in a Value Theory Framework. Em T. Gal, T. J. Stewart, & T. Hanne, *Multicriteria Decision Making. International Series in Operations Research & Management Science*, vol 21.v (pp. 335-366). Boston: Springer.
- Belton, V. (2002). *Multiple Criteria Decision Analysis. An Integrated Approach*. Massachusetts: Kluwer Academic Publishers.
- Brucker, K. D., Macharis, C., & Verbeke, A. (2013). Multi-criteria analysis and the resolution of sustainable development dilemmas: A stakeholder management approach. *European Journal of Operational Research*, 224(1), 122–131.
- Costa, C. A., & Marques, M. S. (2005). Procurement Decision Support for the Portuguese MoD: The MACBETH Approach and the Acquisition of 8x8 AWW.

- Costa, C. A., & Vansnick, J.-C. (1997). Applications of the MACBETH Approach in the Framework of an Additive Aggregation Model. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 107-114.
- Costa, C. A., Corrêa, E. C., Corted, J.-M. D., & Vansnick, J.-C. (2002). Facilitating bid evaluation in public call for tenders: a socio-technical approach. *OMEGA The International Journal of Management and Science*, 227 – 242.
- Costa, C. A., Corte, J.-M. D., & Vansnick, J.-C. (2005). On the mathematical Foundations of MACBETH. Em *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 409-437). New York: Springer.
- Costa, C. A., Costa-Lobo, M. L., Ramos, I. A., & Vansnick, J.-C. (2001). Multicriteria Approach for Strategic Town Planning The Case of Barcelos. Em *International Series in Operations Research & Management Science* (pp. 429-456). Springer, Boston, MA.
- Costa, C. A., Fernandes, T. G., & Correia, P. V. (2006). Prioritisation of public investments in social infrastructures using multicriteria value analysis and decision conferencing: a case study. *International transitions in operational research* , 279-297.
- Costa, C. A., Ferreira, J. A., & Corrêa, É. C. (2000). Metodologia Multicritério de Apoio à Avaliação de Propostas de Concursos Públicos. Em C. H. Antunes, *Casos de Aplicação da Investigação Operacional* (pp. 336-363). Amadora: McGraw-Hill.
- Costa, C. A., Lourenço, J. C., & Costa, J. C. (2010). A Socio-Technical approach for group decision support in public strategic planning: The Pernambuco PPA case.
- Costa, C. A., Vansnick, J.-C., & Corte, J.-M. D. (2003). MACBETH. (Overview of MACBETH multicriteria decision analysis approach). *International Journal of Information Technology and Decision Making*.
- Department for Communities and Local Government. (2009). *Multi-criteria analysis: a manual*. London: Communities and Local Government Publications.
- Edwin, H. W., Suen, H., & Chan, C. (2006). MAUT-Based Dispute Resolution Selection Model Prototype for International Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 444-451.
- Fabac, R. (2010). Complexity in Organizations and Environment - Adaptive Changes and Adaptive Decision-Making. *Interdisciplinary Description of Complex Systems*, 34-48.
- Força Aérea Portuguesa. (2015). *Individual Common Core Skills: Booklet de ICCS*.
- Gomes, C. F., & Gomes, L. F. (2007). A Função de Decisão Multicritério. Parte I: Dos Conceitos Básicos à Modelagem Multicritério. *Revista do Mestrado em Administração e Desenvolvimento Empresarial*, vol 2. n. 3, 1-25.

- Greening, L., & Bernow, S. (2004). Design of coordinated energy and environmental policies: use of multi-criteria decision-making. *Energy Policy*, 721-735.
- Guimarães, E. M., & Évora, Y. D. (2004). Sistema de informação: instrumento para tomada. *Brasília*, vol. 33, 72-80.
- Hart, C. (2018). *Doing a Literature Review: Releasing the Research Imagination*. London : SAGE.
- Herva, M., & Roca, E. (2013). Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation. *Journal of Cleaner Production*, vol. 39, 355-371.
- Jadhav, A. S., & Sonar, R. M. (2009). Evaluating and selecting software packages: A review. *Information and Software Technology*, 555–563.
- Johansson, R. (2003). Case Study Methodology. *Methodologies in Housing Research*, (pp. 22–24). Stockholm.
- Kiker, G. A., Bridges, T. S., Varghese, A., Seager, T. P., & Linkovjj, I. (2005). Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making. *Integrated Environmental Assessment and Management — vol 1, n.º 2*, 95–108.
- Kurtilaa, M., Pesonena, M., Kangas, J., & Kajanus, M. (2000). Utilizing the analytic hierarchy process AHP in SWOT analysis - a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest Policy and Economics*, 41-52.
- Laughlin, P. R., Hatch, E. C., Silver, J. S., & Boh, L. (2006). Groups Perform Better Than the Best Individuals on Letters-to-Numbers Problems: Effects of Group Size. *Journal of Personality and Social Psychology*, 644 – 651.
- Lyrio, M., Leão, V., & Taliani, E. C. (2019). Transparency in the context of brazilian and spanish governments: proposal of a model for comparative analysis. *Revista Internacional: Transparecia e Integridad*.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York: John Wiley and Sons.
- Marques, G. M., Silva, M. L., Leite, H. G., & Fontes, A. A. (2005). Aplicação da programação dinâmica na substituição de equipamentos. *Revista Árvore*, Vol.29, 749-756.
- Mendoza, G., & Martins, H. (2006). Multi-Criteria Decision Analysis in Natural Resource Management: A Critical Review of Methods and New Modelling Paradigms. *Forest Ecology and Management*, 1-22.
- Mollaghasemi, M., & Pet-Edwards, J. (1997). *Making Multi-Objective Decisions*. IEEE Computer Society Press.

- Munda, G., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (1995). Qualitative multicriteria methods for fuzzy evaluation problems: An illustration of economic-ecological evaluation. *European Journal of Operational Research*, 79-97.
- Ozernoy, V. M. (1992). Choosing the "Best" Multiple Criteria Decision-Making Method. *Canadian Operational Research Society*, 159-171.
- Papamichail, K. N., & French, S. (2013). 25 Years of MCDA in nuclear emergency management. *Journal of Management Mathematics*, 481–503.
- Rich, M., Stanley, W., & Anderson, S. (1984). *Improving US. Air Force Readiness and Sustainability*.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Santos, C. C. (2010). M211 - Elementos de Armamento- Manual do Aluno. Lisboa: Academia Militar.
- Simon, H. A. (1979). Rational Decision Making in Business Organizations. *The American Economic Review*, 493-513.
- Singh, R., Murty, H., Gupta, S., & Dikshit, A. (2009). An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological indicators* 9, 182-212.
- Sirower, M. L. (1997). *The synergy trap: how companies lose the acquisition game*. New York: The free press.
- Snizek, J. A., & Henry, R. A. (1989). Accuracy and confidence in group judgment. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 1-23.
- Stolt, R., & Ensslin, L. (2009). Avaliação de pilotos de Very Light Jets utilizando-se a MCDM-C. *Revista Conexão SIPAER*, 85-103.
- Thomaz, J. P. (19 de Setembro de 2005). O apoio à tomada de decisão na avaliação de desempenho de pessoas: contributos para o processo de decisão militar em tempos de paz.
- Tindale, R. S., & Sheffey, S. (2002). Shared Information, Cognitive Load, and Group Memory. *Group Processes &*, 5-18.
- Tziner, A. (1993). The Assembly Bonus Effect: A Comment on the Dispute between Michaelsen, et al. (1989, 1992) and Tindale and Larson (1992). *Professional Forum: The assembly bonus effect* , 241-243.
- Wang, J.-J., Jing, Y.-Y., Zhang, C.-F., & Zhao, J.-H. (2009). Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, 2263–2278.
- Yin, R. K. (1989). *Case study research: design and methods*. Beverly Hills: Sage.
- Yin, R. K. (2012). *Applications of Case Study Research, Third Edition* . Los Angeles: SAGE.

Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2002). Multi-criteria Decision Aid in Financial Decision Making: Methodologies and Literature Review. *Journal of multi-criteria decision analysis*, 167–186.

Diplomas Legais

Assembleia Constituinte (1976), Diário da República n.º 86/1976, 10 de março
Constituição da República Portuguesa.

Assembleia da República (2009). Lei Orgânica n.º 31-A/2009, de 7 de julho – Lei de
Defesa Nacional.

Assembleia da República (2014). Lei Orgânica n.º 6/2014, de 9 de setembro – Lei
Orgânica de Bases da Organização das Forças Armadas.

Assembleia da República (2014). Lei n.º 187/2014, de 30 de setembro – Regime do estado
de sítio e do estado de emergência

Ministério da Defesa Nacional (2014b). Decreto-Lei n.º 187/2014 – Lei Orgânica da Força
Aérea.

Websites

Consulado Geral de Portugal. Lista de Países que pertencem ao Espaço Schengen.
Disponível em: <https://consuladoporugal.sp.org.br/lista-dos-paises-que-pertencem-ao-espaco-schengen/> [Acesso em 03 de abril de 2019]

CZ. CZ Bren2. Disponível em: <https://www.czub.cz> [Acesso em 05 de abril de 2019]

FN Herstal. FN SCAR L. Disponível em: <https://www.fnherstal.com> [Acesso em 05 de abril de 2019]

H&K. HK 416. Disponível em: <https://www.heckler-koch.com> [Acesso em 05 de abril de 2019]

SIG Sauer. SIG516. Disponível em: <https://www.sigsauer.com/> [Acesso em 05 de abril de 2019]

8. Anexos

Anexo 1- Descrição das Armas

| | |
|--------------------------------|--|
| FN SCAR L | |
| Fabricante (Origem) | FN Herstal (Bélgica) |
| Versões | FN SCAR L (5,56x45mm NATO) |
| Exemplo de utilizadores | Portugal, EUA, Itália, Alemanha, Malásia, Espanha. |
| Descrição | <p>A FN SCAR é uma espingarda automática. É uma arma modular com a capacidade de substituição do cano, dependendo do cenário operacional. As suas calhes <i>picatinny</i> permitem acoplar equipamentos em cima ou em baixo do cano. Possui uma coronha rebatível.</p> <p>A FN SCAR L (<i>assault rifle</i>) possuem 3 configurações, uma versão curta, uma intermédia e uma longa.</p> <p>O peso desta arma varia de versão para versão sendo que a versão <i>standard</i> da FN SCAR L tem um peso de 3.29kg.</p> <p>Para a versão FN SCAR L a capacidade do carregador é de 30.</p> |

Autoria Própria. Fonte: (FN Herstal, 2019)



| | |
|--------------------------------|---|
| HK416 | |
| Fabricante (Origem) | Heckler & Koch <i>GmbH</i> (Alemanha) |
| Versões | HK416 (5,56x45mm NATO) |
| Exemplo de utilizadores | Austrália, França, Brasil, Portugal, Alemanha, Espanha, EUA |
| Descrição | <p>A HK416 é uma espingarda automática. É uma arma modular com calhes <i>picatinny</i> dos 4 lados do cano. Estas podem ser removíveis sem o auxílio de qualquer ferramenta e não estão em contacto com o cano o que aumenta a precisão da arma. A coronha telescópica é ajustável, e o punho possui um compartimento de armazenamento.</p> <p>A versão HK416 é uma <i>assault rifle</i> que possui 4 configurações. O comprimento do cano varia consoante a configuração.</p> <p>O peso desta arma varia de versão para versão sendo que a HK416 se encontra no intervalo de peso dos 2,95-3,85kg.</p> <p>Para a versão HK416 a capacidade do carregador é de 30 munições.</p> |

Autoria Própria. Fonte (H&K, 2019)



| | |
|--------------------------------|---|
| SIG516 | |
| Fabricante (Origem) | SIG Sauer (EUA/ Suíça) |
| Versões | SIG516 (5,56x45mm NATO) |
| Exemplo de utilizadores | Suíça, Argentina, México, EUA, Turquia |
| Descrição | <p>A SIG516 é uma espingarda automática. É uma arma modular com 4 calhes <i>picatinny</i> na versão SIG516. Possui uma válvula de gás ajustável que permite variar o fluxo de ar circulante caso as condições climáticas ou as munições assim o exijam. É uma arma ambidestra no que toca ao controlo e municionamento. A coronha telescópica é ajustável.</p> <p>O peso da SIG516 varia entre os 3.2-3.4kg.</p> <p>Para a versão SIG516 a capacidade do carregador é de 30 munições.</p> |

Autoria Própria. Fonte: (SIG SAUER, 2019)



| | |
|--------------------------------|---|
| CZ BREN 2 | |
| Fabricante (Origem) | CZ (República Checa) |
| Versões | CZ BREN 2 (5,56x45mm NATO) |
| Exemplo de utilizadores | República Checa, Egito, França, Hungria, México |
| Descrição | <p>A CZ Bren 2 é uma espingarda automática disponível no calibre 5,56x45mm NATO e 7,62x39mm. A alteração do calibre pode ser feita através da substituição do cano. Ambas as versões são modulares, com calhes <i>picatinny</i> à volta do cano. É uma arma ambidestra no que toca aos controlos e municiação. A coronha é rebatível.</p> <p>A versão CZ Bren 2 é uma <i>assault rifle</i> (no calibre 5,56x45mm NATO).</p> <p>O peso da CZ Bren 2 varia entre os de 3.10-3.40kg.</p> <p>Para a versão CZ Bren 2 a capacidade do carregador é de 30 munições.</p> |

Autoria Própria. Fonte: (CZ, 2019)



| | |
|--------------------------------|---|
| HK G36 | |
| Fabricante (Origem) | Heckler & Koch <i>GmbH</i> (Alemanha) |
| Versões | G36 (5,56x45mm NATO) |
| Exemplo de utilizadores | Austrália, França, Brasil, Portugal, Alemanha, Espanha, EUA |
| Descrição | <p>A G36 é uma espingarda automática. É uma arma modular com calhes <i>picatinny</i> dos 4 lados do cano. É uma arma ambidestra no seu todo, uma vez que os controlos, o municionamento e o manobrador da culatra funcionam dos dois lados da arma. A coronha da G36 é rebatível.</p> <p>A G36 é uma <i>assault rifle</i> e possui 3 configurações. O comprimento do cano vai variando consoante a configuração.</p> <p>O peso desta arma varia tendo em conta a configuração e encontra-se entre os 3.0-3.30kg.</p> <p>A capacidade do carregador da G36 é de 30 munições.</p> |

Autoria Própria. Fonte: (H&K, 2019)



Anexo 2- Árvore de Decisão



Anexo 3- Tabela de Avaliação

| | FN SCAR L | HK 416 | SIG 516 | CZ Bren 2 | HK G36 |
|--|-----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|
| Tiro | | | | | |
| Alcance Útil | 300m | 400m | 400m | 400m | 300m |
| Efeito recuo (1) | 1,845m/s | 2,012m/s | 1,903m/s | 2,077m/s | 1,921m/s |
| Cadência de tiro | 650 t.p.m | 850 t.p.m | 750 t.p.m | 760 t.p.m | 750 t.p.m |
| Aparelho de pontaria | | | | | |
| Precisão | 430mm | 340mm | 360mm | 395mm | 325mm |
| Robustez | Ponto de mira | Ponto de mira e alça posterior | Ponto de mira e alça posterior | Ponto de mira e alça posterior | Ponto de mira |
| Coronha | | | | | |
| Tipo de coronha | Rebatível e Telescópica Ajustável | Telescópica | Telescópica | Telescópica | Rebatível |
| Carregador | | | | | |
| Capacidade do carregador | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| Material do carregador | Metal | Metal | Metal | Compósito | Compósito |
| Peso | | | | | |
| Massa total da arma | 3,3kg | 3,19kg | 3,2kg | 3,1kg | 3,37kg |
| Extras | | | | | |
| Número de extras | 3 | 4 | 2 | 3 | 0 |
| Preço | | | | | |
| Preço da arma | 1 859 € | 2 952 € | 1 800 € | 2 100 € | 1 968 € |
| Preço dos sobresselentes | 356,20 € | 565,30 € | 344,20 € | 402,15 € | 376,87 € |
| Preço das ferramentas | 380,54 € | 590,40 € | 380,79 € | 429,79 € | 402,85 € |
| Manutenção | | | | | |
| Facilidade de aquisição dos sobresselentes | 9 meses | 9 meses | 12 meses | 9 meses | 9 meses |
| Oferta formativa de manutenção | 1°,2°,3° escalão (4) | 1°,2°,3° escalão (4) | 1°,2°,3° escalão (4) | 1°,2°,3° escalão (4) | 1°,2°,3° escalão (4) |
| Armazenamento e Transporte | | | | | |
| Comprimento mínimo da arma | 540mm | 848mm | 836mm | 657mm | 615mm |

Autoria Própria. Dados: DMSA

(1) Cálculo do Efeito de Recuo

$$v = \frac{v_0(p + \frac{w}{2})}{P}$$

| | v_0 (m/s) | p (g) | w (g) | P (g) |
|-----------|----------------|------------|---------|---------|
| FN SCAR L | 870 | 4 | 6 | 3300 |
| HK 416 | 917 | 4 | 6 | 3190 |
| SIG 516 | 870 | 4 | 6 | 3200 |
| CZ Bren 2 | 920 | 4 | 6 | 3100 |
| KK G36 | 925 | 4 | 6 | 3370 |

Autoria Própria. Dados: DMSA

Anexo 4- Ordenação das Opções

