



LISBON  
SCHOOL OF  
ECONOMICS &  
MANAGEMENT  
UNIVERSIDADE DE LISBOA

**MESTRADO**  
**CONTABILIDADE, FISCALIDADE E FINANÇAS**  
**EMPRESARIAIS**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO**  
**TRABALHO DE PROJETO**

Proposta de um Modelo de Aquisição de  
Aeronaves para a Força Aérea – Uma aplicação  
da Análise Multicritério

JOÃO PEDRO SANTOS MARTINS

OUTUBRO - 2016



LISBON  
SCHOOL OF  
ECONOMICS &  
MANAGEMENT  
UNIVERSIDADE DE LISBOA

**MESTRADO EM**  
**CONTABILIDADE, FISCALIDADE E FINANÇAS**  
**EMPRESARIAIS**

**TRABALHO FINAL DE MESTRADO**  
TRABALHO DE PROJETO

Proposta de um Modelo de Aquisição de  
Aeronaves para a Força Aérea – Uma aplicação  
da Análise Multicritério

JOÃO PEDRO SANTOS MARTINS

**ORIENTAÇÃO:**

PROFESSOR DOUTOR PEDRO VERGA MATOS

OUTUBRO – 2016

## **Resumo**

O objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo capaz de ajudar a Força Aérea a escolher qual a melhor aeronave para satisfazer as necessidades de realização da sua missão. Para tal, utilizou-se o método de análise multicritério através do *software* MACBETH, cujos dados foram obtidos por análises do mercado de aeronaves e pelos decisores militares da organização, pertencentes ao grupo de trabalho definido para efetuar a substituição de uma Esquadra Operacional da Força Aérea.

Os resultados justificam a aplicação do método, bem como a aplicabilidade do modelo, uma vez que com a utilização de aeronaves atuais e consideradas pela organização, as análises efetuadas com os fundamentos teóricos do modelo, revelaram-se precisos e satisfatórios em relação ao objetivo do trabalho.

Em suma, provou-se a importância do modelo para a organização, que acabou por dar uma resposta face às necessidades atuais da mesma, bem como deixou em consideração a possibilidade de se aplicar este método a outras temáticas.

Palavras-chave: Análise de Decisão, Aeronave, Análise Multicritério, Força Aérea, MACBETH, Modelo de Aquisição, Sistema de armas.

## **Abstract**

The objective of this work is to develop a model that can help The Air Force to choose the best aircraft which meets the needs for its mission. For this, it was used the multi-criteria analysis method under software MACBETH. The data was obtained by an analysis of aircraft market and military decision-makers of the organization that belong to the working group set to perform the replacement of an Operational Squadron of The Air Force.

The results justify the application of the method as well as the applicability of the model, since the use of current aircraft which are being considered by the organization as well as the analysis performed with the theoretical basis of the model proved to be accurate and satisfactory in relation to the objective of this work.

In short, it was proved the importance of the model for the organization, which eventually gives an answer to the current needs, as well point to the possibility of applying this method to other topics.

Keywords: Decision Analysis, Aircraft, Multicriteria Analysis, Air Force, MACBETH, Acquisition Model, Weapons System.

## **Agradecimentos**

A elaboração deste trabalho final de Mestrado foi uma tarefa árdua que evidenciou em mim capacidades que desconhecia. Fui sempre acompanhado durante esta longa caminhada por pessoas que sempre me ajudaram a descobrir qual a melhor forma de enfrentar os desafios que iam surgindo. Como tal, quero assim agradecer a um conjunto de pessoas, entre as quais:

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus familiares e amigos pois sempre souberam como me motivar, ajudando cada um à sua maneira, fosse com meras palavras ou com simples gestos de afeto. Sendo eu uma pessoa extremamente ligada aos amigos, é a eles que dedico este trabalho, pois tiveram sempre comigo e acompanharam-me nesta fase da minha vida.

Quero agradecer especialmente ao meu orientador, o Doutor Pedro Verga Matos, que apesar de todas as limitações temporais, sempre tentou ajudar-me dentro do que lhe era possível.

Quero agradecer aos Quasares, os melhores camaradas de curso de sempre, por me proporcionarem os melhores anos da minha vida. Sem eles, todos estes últimos anos não fariam sentido.

Dirijo agora um agradecimento aos militares que me acompanharam neste processo, mesmo quando ainda não sabia concretamente o que iria desenvolver, sendo eles o TCOR/PILAV João Conde, o TCOR/PILAV Pedro Pedrosa, o TCOR/ENGAER João Nogueira, o MAJ/ENGAER Bruno Marado, o CAP/ENGAER César Sousa e o CAP/ADMAER Luís Rosa. Mesmo com as exigências laborais diárias, mostraram-se sempre dispostos a ajudar e a dar o seu contributo sempre que solicitado. Quero agradecer

também à minha diretora de curso de Administração Aeronáutica, CAP/ADMAER Helga Novais pelo acompanhamento que me deu, sabendo sempre como deveria lidar comigo, bem como motivar-me para finalizar o meu trabalho.

Quero deixar também uma palavra de agradecimento ao Doutor Tiago Gonçalves que esteve sempre disponível para me retirar todas as dúvidas, mesmo não estando a trabalhar diretamente comigo.

## Índice

Resumo.....	I
Abstract .....	II
Agradecimentos.....	III
Índice.....	V
Índice de Figuras .....	VII
Índice de Tabelas.....	VIII
Lista de Siglas e Acrónimos.....	IX
Lista de Anexos.....	X
1 Introdução .....	1
2 Revisão da Literatura .....	3
2.1 Breve síntese.....	3
2.2 Introdução.....	3
2.3 A complexidade na tomada de decisão nas organizações .....	4
2.4 A complexidade na substituição/aquisição de frotas de aeronaves.....	4
2.5 Procedimento Metodológico .....	6
2.6 Metodologias de MCDM ( <i>Multicriteria Decision Making</i> ).....	7
2.7 Métodos de Análise de Decisão .....	8
2.7.1. MAUT/MAVT .....	10
2.7.2 AHP.....	11
2.7.3 MACBETH.....	12
2.7.3.1 Aplicações do MACBETH.....	16
3 Enquadramento do Objeto de Estudo.....	16
3.1 A Força Aérea e as Aeronaves.....	16

3.2 Aquisição de aeronaves para a Força Aérea – Substituição das aeronaves da Esquadra 552.....	19
4 Metodologia e sua Aplicação .....	23
4.1 Estudo de Caso.....	23
4.2 Planeamento de Investigação .....	23
4.3 Preparação para a recolha de dados .....	24
4.4 Recolha de Dados .....	24
4.5 Avaliação da Solução Obtida .....	25
4.6 Identificação, Explicação de Padrões e Aplicação da Metodologia .....	25
4.6.1 Definição de Opções e Critérios e Estruturação.....	26
4.6.2 Performance das Opções .....	28
4.6.3 Pontuação dos Critérios .....	28
4.6.4 Ponderação e Ordenação dos critérios .....	29
4.6.5 Avaliação das Opções.....	30
5 Análise de Resultados .....	31
6 Análise de Sensibilidade e Robustez.....	32
7 Conclusões, Limitações e Estudos Futuros .....	33
7.1 Principais Conclusões.....	33
7.2 Limitações e Estudos Futuros .....	35
Referências Bibliográficas .....	36
Anexos .....	41



## Índice de Figuras

Figura 1- Modelo Conceptual .....	6
Figura 2- Sumário de modelos de Análise Multicritério.” Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation” .....	10
Figura 3- Comparação aos pares de elementos em AHP .....	12
Figura 4- Sudaviation – SE 3160 Alouette III .....	20
Figura 5- H-125 Ecureuil .....	21
Figura 6- UH-72A Lakota.....	21
Figura 7- AW119Kx .....	22

## **Índice de Tabelas**

Tabela 1- Tabela de pontuações globais resultante da aplicação do modelo aditivo	
.....	30

## Lista de Siglas e Acrónimos

<b>AHP</b>	Analytical Hierarchy Process
<b>CAP</b>	Capitão
<b>CCP</b>	Código dos Contratos Públicos
<b>COMET</b>	Characteristic Objects Method
<b>FA</b>	Força Aérea
<b>LPM</b>	Lei de Programação Militar
<b>MACBETH</b>	Measuring Attractiveness by a Categorical Based
Evaluation Technique	
<b>MAJ</b>	Major
<b>MAUT</b>	Multiattribute Utility Theory
<b>MCA</b>	Multicriteria Analysis
<b>MCAP</b>	Multicriteria Aggregation Procedures
<b>MCDA</b>	Multicriteria Decision Analysis
<b>MCDM</b>	Multiple Criteria Decision Making
<b>MDN</b>	Ministério da Defesa Nacional
<b>PROMETHEE</b>	Preference Ranking Organization Method for Enrichment
Evaluation	
<b>SaR</b>	Search and Rescue
<b>TCOR</b>	Tenente-Coronel
<b>TODIM</b>	Tomada de Decisão em Multicritério
<b>TOPSIS</b>	Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal
Solution	

## **Lista de Anexos**

Anexo 1-Termómetro de Avaliação dos Critérios .....	41
Anexo 2- Julgamentos Qualitativos aplicados aos Critérios sem informação disponível .....	41
Anexo 3- Estruturação do Modelo .....	42
Anexo 4- Base de Comparação dos Critérios .....	42
Anexo 5 - Tabela de Performances das Opções.....	44
Anexo 6 - Ordenação e Pontuação do Critério Tipologia da Missão.....	45
Anexo 7– Parte da Ordenação dos Critérios por Atratividade Global .....	46
Anexo 8-Escala de Quantificação de Pesos dos Critérios.....	47
Anexo 9- Termómetro Global de Pontuação das Aeronaves .....	48
Anexo 10 - Estrutura do Modelo com Ponderações de cada Critério .....	48
Anexo 11-Parte do Perfil do AW119 .....	50
Anexo 12-Parte do Perfil Ponderado do AW119.....	50
Anexo 13-Gráfico XY-Comparação entre Manutenção-Acesso a Peças e Preço de Aquisição.....	51
Anexo 14-Análise de Sensibilidade do Preço de Aquisição .....	51
Anexo 15-Análise de Robustez do Modelo .....	52
Anexo 16 – Parte do Perfil de diferenças ponderadas entre KX e Ecureill .....	52

## **Introdução**

A qualidade da tomada de decisão por parte de um decisor é definida como uma alavanca organizacional para alcançar os seus objetivos. O processo de tomada de decisão é por isso um elemento chave na capacidade de uma organização conseguir responder de uma forma mais rápida e flexível, competência essencial para fazer face à competitividade global (Friedman, 2007).

A capacidade de uma organização pública conseguir descobrir quais são as suas competências diferenciadoras é fundamental para o seu sucesso (Bryson & Ackermann, 2007). O reconhecimento dessas capacidades é assim um processo revigorante na Força Aérea, sendo um processo fomentado e elaborado nesta organização quando se trata da aquisição de novos sistemas de armas. Nos processos de aquisição temos indubitavelmente quantias financeiras associadas aos mesmos. Contudo, a definição correta de preço deve ser efetuada através de uma análise consciente das características do produto para formar uma avaliação económica precisa (Yeung & Soman, 2007). Como se trata da aquisição de uma aeronave por parte de uma organização militar há que balancear os *trade-offs* entre a vontade de adquirir o produto e a sua viabilidade (Lee & Zhao, 2014). A análise de decisão em multicritério vai ser assim a metodologia usada para avaliar qual a aeronave que melhor se enquadra no conceito de missão da Força Aérea, sendo o *software* que utiliza o método MACBETH, desenvolvido pelo autor Bana e Costa o aplicado no processo de decisão.

Em termos de conjuntura nacional é imprescindível garantir a eficiência na execução do orçamento disponível para a Força Aérea, na rubrica associada à aquisição de novos sistemas de armas. Sendo a ferramenta MACBETH alvo de vários estudos de

alunos da organização, não se verifica uma utilização efetiva nas inúmeras áreas já testadas. Atualmente o processo de escolha de qual a aeronave a adquirir assenta na elaboração de um Caderno de Encargos no qual são definidos os critérios essenciais e desejáveis para a organização, sendo o processo finalizado com reuniões com os respetivos fornecedores para se testarem performances e ajustar eventuais incongruências.

O propósito deste trabalho é auxiliar a Força Aérea no processo de tomada de decisão através da aplicação de um método analítico, concebido para eliminar a subjetividade inerente à decisão humana e otimizar os recursos disponíveis. Assim as questões de investigação do trabalho desenvolvem-se da seguinte forma: (A) O método de análise multicritério para a decisão no processo de aquisição de aeronaves na FA, pode ser aplicado nesta organização? (B) A estrutura do modelo reflete todas as áreas de decisão intrínsecas ao processo de elaboração do Caderno de Encargos? (C) A aeronave com maior pontuação global reflete as necessidades da organização e será capaz de desempenhar a missão que a FA pretende para ela?

Este trabalho pretende melhorar o método de aquisição de aeronaves, e quem sabe, todos os processos de aquisição de sistemas de armas da FA, uma vez que oferece uma nova abordagem à organização, fomentado a adoção de técnicas bastante otimizadas que tentam evidenciar a necessidade das organizações de se modernizarem constantemente.

O trabalho encontra-se estruturado em sete capítulos: (1) Introdução, (2) Revisão da Literatura, (3) Enquadramento do Objeto de Estudo, (4) Metodologia e sua Aplicação, (5) Análise de Resultados, (6) Análise de Sensibilidade e Robustez, (7) Conclusão, Limitações e Estudos Futuros.

## **2 Revisão da Literatura**

### *2.1 Breve síntese*

A revisão da literatura é o alicerce que fundamenta o meu trabalho de aplicação de um procedimento metodológico orientado para a construção de um modelo de tomada de decisão. Este capítulo evidencia uma estruturação feita por subtítulos, servindo para salientar individualmente e especificamente cada conteúdo abordado, desde a necessidade das organizações tomarem as decisões mais racionais possíveis, tentando suprimir a subjetividade laboral, até aos métodos de apoio e de análise de decisão, como é o caso do MACBETH.

### *2.2 Introdução*

O crescimento de uma organização está intrinsecamente ligado ao desempenho de todos os elementos que a constituem, sendo que estes estão sujeitos a fatores externos como a globalização e o progresso tecnológico. Inevitavelmente surgem mutações laborais que originam novos postos de trabalho e novas linhas de trabalho (Shin & Kelly, 2015).

O paradigma de qual a melhor decisão a tomar com a pouca informação disponível começou a entrar em desuso. Começou a haver a necessidade de eliminar informação e seleccionar qual a realmente indispensável para ajudar no processo de tomada de decisão (Van Knippenberg et al, 2015).

A aplicação de técnicas de análise multicritério é cada vez mais uma das ferramentas mais usadas de apoio à decisão. O trabalho de Dyer et al (1992) assim o demonstra. A evolução destes estudos começou assim a atingir novas áreas de trabalho,

onde os métodos *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM) e *Multiattribute Utility Theory* (MAUT) surgem como destaque de ajuda ao decisor (Dyer et al, 2008).

### *2.3 A complexidade na tomada de decisão nas organizações*

Wood (1986) afirma que complexidade refere-se ao número de atos distintos necessários para completar uma tarefa, quer sejam eles as horas de trabalho diárias de um decisor ou a atribuição do orçamento disponível para realizar um trabalho. A diversidade de elementos organizacionais afetos à tomada de decisão torna-se num desafio à causa. Certo é que sabemos que a complexidade é um fator extremamente significativo que pode ser encontrada nestes elementos organizacionais (Hærem et al, 2015).

Havendo vários decisores nas organizações, surgem diferentes pontos de vista, onde as opiniões de cada um destes grupos de interesse são cada vez mais necessárias no processo de tomada de decisão. Despontam assim diversas interpretações, por vezes conflitantes, que vão de encontro aos objetivos de cada um dos grupos de interesse. É assim que surge a aplicação da análise de decisão com base em multicritério, que permite classificar as alternativas que foram avaliadas com base em critérios previamente estabelecidos (Balasubramaniam & Voulvoulis, 2005).

### *2.4 A complexidade na substituição/aquisição de frotas de aeronaves*

O ciclo de vida de uma aeronave militar encontra-se em constante alteração, uma vez que estas apesar da idade e menor efetividade, garantem sempre ter capacidade de operacionalidade, mesmo sendo ela por vezes residual (Spinetta, 2014). Como tal, as organizações militares têm tendência em atrasar a sua substituição até à altura em que é mesmo inevitável. Estas aquisições estão subjacentes às relações existentes entre os



países de compra e os países de venda que são fundamentais para a realização do negócio. Essas relações podem ser de coprodução, codesenvolvimento ou engenharia reversa (Lee & Yoon, 2015). Muitas das vezes estas relações são meramente diplomáticas, não havendo intervenção de uma parte na concepção da aeronave.

Devido à economia mundial se encontrar desigualmente repartida, e embora os governos reconheçam a importância de I&D, os fundos atribuídos a estas matérias estão a aumentar muito lentamente, não sendo suficientes para estimular o desenvolvimento industrial (Lee & Yoon, 2015). Neste sentido, os governos dos países devem desempenhar um papel mais significativo na inovação (Gann, 2000). Além disso, os recursos humanos devem ser aprimorados, havendo necessidade de atrair e fixar os mais bem qualificados para um desenvolvimento mais sustentado (Yoon et al, 2015).

A aquisição de aeronaves é um meio extremamente suscetível a variações e por isso as organizações devem ser mais flexíveis para sobreviverem nestes mercados. Segundo os autores estas competências de gestão não servem só para minimizar a exposição ao risco e a quantidade de perdas, mas essencialmente para aproveitar possibilidades de obter mais lucro e consequentemente alcançar os seus objetivos financeiros (Hu & Zhang, 2015).

Esta realidade complexa atual só consegue ser solucionada pelo decisor humano através do uso de abordagens integradas e realistas. Assim o apoio entre a teoria financeira e a modelação matemática é inevitável. Os autores afirmam que estas ferramentas matemáticas tornam-se cada vez mais imprescindíveis para a ajuda no processo de tomada de decisão financeira (Zopounidis & Doumpos, 2003).

### 2.5 Procedimento Metodológico

A análise multicritério começou a ser usada como suporte dos agentes que tomam decisões, sendo que as mesmas envolvem a concretização de vários objetivos, que provavelmente não podem ser satisfeitos equitativamente. Assim, esta análise trata de decompor os objetivos em critérios, onde por sua vez é-lhes atribuída uma determinada ponderação, sendo um método de comparação que faculta a ordenação das diferentes alternativas de decisão (Broekhuizen et al, 2015).

O processo de tomada de decisão apresenta assim um modelo conceptual (figura 1). Contudo, é através de uma visão sequencial que se fundamenta o atual processo de tomada de decisão, pois consegue abranger muito mais situações, sendo as duas outras visões, a

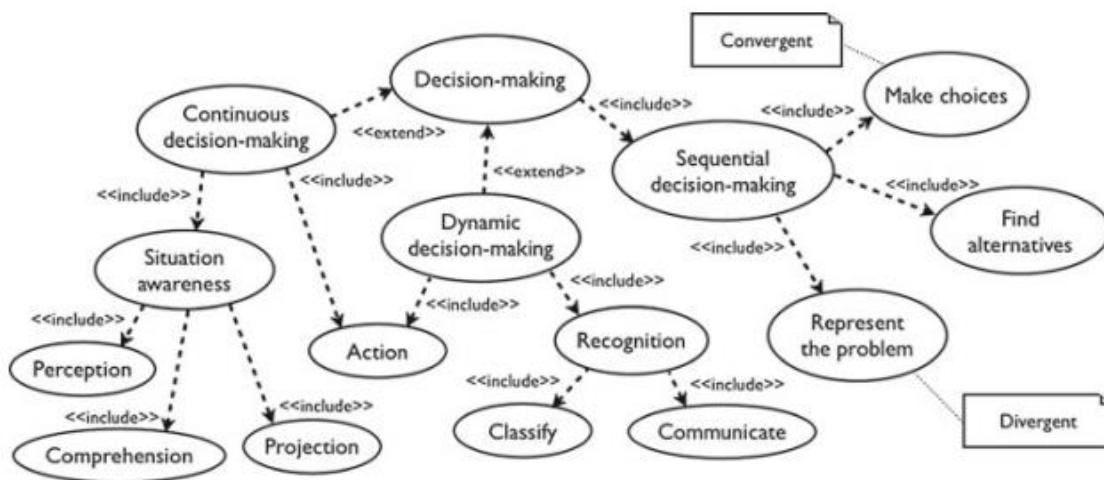


Figura 1- Modelo Conceptual (Antunes et al., 2014)

dinâmica e a contínua, apenas uma mera extensão do modelo, uma vez que a sua aplicação é de carácter mais restrito (Antunes et al., 2014) .

A tomada de decisão, independentemente da sua complexidade, é do tipo coletivo. Estas técnicas de apoio à decisão são implementadas nas organizações, para que dos múltiplos decisores que elas apresentam, surta uma decisão estratégica coletiva final

(Ossadnik et al, 2016). Dessa decisão resulta o aproveitamento de todas as potencialidades dos decisores para um objetivo comum. A razão de tal acontecer é porque os grupos de decisão têm o potencial de superar as capacidades individuais dos seus membros, sobretudo têm áreas diferentes de formação e individualmente tomariam decisões de acordo com apenas os seus objetivos, o que seriam de pior qualidade comparativamente a uma decisão tomada para ir de encontro aos objetivos da organização (Sassenberg et al, 2014).

Surgem então os problemas criados pelos objetivos diferenciados e parcialmente conflitantes. A complexidade das decisões estratégicas requer então a análise multicritério de apoio à decisão para haver uma sistematização de informações, experiências e preferências dos vários decisores, ajudando assim na manutenção do bom ambiente profissional (Ossadnik et al., 2016).

Esta conjugação social e técnica, designa-se abordagem sociotécnica e é o cenário mais adequado para o desenvolvimento de uma análise multicritério (Bana e Costa & Corrêa, 2002). Nesta abordagem são usados mapas cognitivos e *software* adequado para a análise multicritério, nomeadamente o *software* MACBETH.

## *2.6 Metodologias de MCDM (Multicriteria Decision Making)*

A metodologia MCDM utilizada tem como objetivo escolher o tipo de aeronave mais adequada à organização, para tal os decisores têm de balancear múltiplos critérios, tais como os interesses da organização, os requisitos operacionais e as vantagens para tripulação, que são por norma conflitantes (Doži & Kali, 2015). Os métodos usados para o apoio à decisão fundamentam-se em procedimentos matemáticos de agregação de diversos critérios MCAP (*Multicriteria Aggregation Procedures*) (Greco et al, 2005).

Outras abordagens de métodos de tomada de decisão podem ser também utilizadas, consoante o estudo em questão, como a TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution*) (Behzadian et al, 2012) que tem tido um crescimento exponencial de utilização. O método mais recente é o COMET (*Characteristic Objects Method*), afirmando que existe uma correlação entre componentes de uma função de MCDM (Salabun, 2015). Outro método usado é o PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) que usa uma metodologia de *outranking* para classificar as diferentes alternativas através da relação entre facilidade de utilização e diminuição da complexidade (Cristobal, 2012). Eventualmente, surgiu uma nova versão do TOPSIS, o TODIM (*Tomada de Decisão em Multicritério*) (Gomes & Lima, 1992) que usa uma função de perspetiva para calcular a influência de uma alternativa sobre outra (Lourenzutti & Krohling, 2014). Sendo estas as abordagens mais clássicas da atualidade, (Greco et al., 2005) fazem ainda referência às abordagens de métodos de tomada de decisão não clássicas.

## *2.7 Métodos de Análise de Decisão*

A criação de modelos preferenciais é um passo inevitável em qualquer campo de estudo. Estes são criados para facilitar a compreensão e representação de uma determinada situação (Dubois, 2003). Fundamentam-se na comparação de objetos, estabelecendo uma ordem ou relação entre eles. Estes objetos podem representar qualquer realidade, daí a versatilidade destes modelos, os quais, sem dúvida, podem ser aplicados à análise de decisão (Greco et al., 2005).

Considera-se assim um conjunto de alternativas finitas  $A$ , podendo ser,  $a, b, c, \dots$  e um determinado conjunto de pontos de vista  $J$ , com intervalo  $j=1, 2, \dots, m$ . Nesta ótica, a expressão  $g_j(a)$  corresponde à avaliação da alternativa  $a$  através do ponto de vista  $j \in J$ .

Houve assim a necessidade de transcrever esta relação para uma realidade matemática, para associar um número real  $V(a)$  a cada objeto  $a \in A$  de tal forma a que pudesse ser feita uma comparação entre valores para suportar a relação entre eles (Greco et al., 2005). Surge assim a função:

$$1. \quad a \succeq b \Leftrightarrow V(a) > V(b), \text{ para } a, b \in A$$

Estas relações binárias evoluíram com o tempo, surgindo novas expressões matemáticas que refletem a realidade entre vários critérios envolvidos no processo de tomada de decisão (Rahman et al, 2016). Constatou-se que se pode aplicar a análise multicritério ao processo de tomada de decisão, surgindo assim a MCDM. Contudo, ao falarmos de análise de decisão entramos dentro doutro campo de estudo, a *Multi-criteria Decision Analysis* (MCDA), que oferece a possibilidade de combinar *inputs* como a informação custo/benefício dentro de uma organização com as ideias dos seus *stakeholders* para classificar alternativas de decisão (Huang et al, 2011). O desenvolvimento em análise multicritério sofreu algumas evoluções, finalizando com o desaparecimento da sigla MCDA, surgindo a sigla MCA, *Multi-criteria Analysis*. Herva & Roca (2013) desenvolveram o seguinte quadro que ilustra como estão atualmente estas famílias de métodos de MCA:

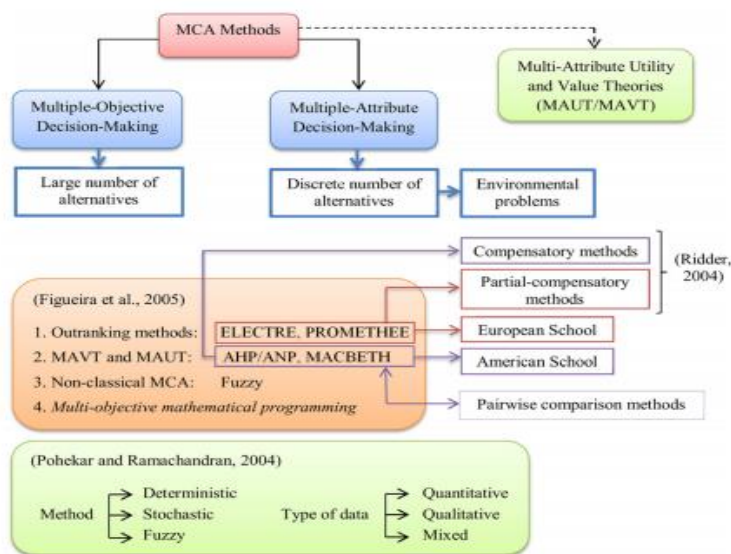


Figura 2- Sumário de modelos de Análise Multicritério. "Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation<sup>1</sup>", Herva & Roca, 2013

Pohekar & Ramachandran (2004) afirmam que pode haver ainda outra classificação destes métodos, quer sejam determinísticos, estocásticos ou difusos. Adicionalmente, dependendo do tipo de dados utilizados, os métodos podem ser classificados como quantitativos, qualitativos ou mistos.

Para questões de análise multicritério, vai ser feita apenas uma análise dos procedimentos agregados (De Brucker et al, 2013): AHP (*Analytical Hierarchy Process*), MAUT/MATV e MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*) por se encontrarem associados ao MACBETH (Hajkowicz & Collins, 2007), que vai ser o método usado no meu trabalho.

### 2.7.1. MAUT/MAVT

Estes dois métodos distinguem-se relativamente à função de preferência usada, sendo o MAUT usado quando falamos em funções de valor associadas à certeza de um

---

<sup>1</sup>Revisão de abordagens combinadas e análise multicritério associada à avaliação ambiental das empresas

atributo e o MAVT quando é usado uma função de utilidade associada ao risco de um atributo (Figueira et al, 2014). O método MAUT é uma abordagem baseada numa agregação de performances, que exige a identificação de funções de utilidade e de parâmetros de avaliação (pesos) para cada atributo que podem depois ser montados num critério de síntese único, para serem avaliadas as preferências de um decisor sobre cada atributo (Dyer, 2005). A lógica do MAUT é considerar cada opção de resolução (alternativa) como uma função de utilidade que o decisor pretende maximizar em relação à sua preferência (Keeney & Raiffa, 1993). Segundo os autores matematicamente a função expressa-se da seguinte maneira:

$$2. \quad U(x) = \sum w_i u_i(x)$$

Onde  $u_i(x)$  é a avaliação da alternativa do critério  $i$  e  $w_i$  é o peso que corresponde a esse critério da análise global da alternativa. A alternativa com maior pontuação total,  $U(x)$  é aquela que o decisor deve escolher (Chan et al, 2006).

### 2.7.2 AHP

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) foi um dos primeiros métodos de abordagens agregadas com o objetivo de avaliar critérios tangíveis e intangíveis em termos relativos através de uma escala absoluta (Cinelli et al, 2014). O AHP fundamenta-se em quatro axiomas: (1) julgamentos recíprocos, (2) elementos homogêneos, (3) uma estrutura dependente de uma hierarquia ou *feedbacks* e (4) expectativas da ordem de classificação (Figueira et al., 2014). Saaty (1990) apresenta um exemplo em que considerando  $n$  pedras,  $A_1, \dots, A_N$ , com pesos conhecidos representados por  $w_1, \dots, w_n$ , respetivamente, e

supondo que uma matriz de relações de pares é formada onde as linhas dão as proporções dos pesos de cada pedra em relação ao de todas as outras, temos assim:

$$\begin{array}{c}
 A_1 \\
 \vdots \\
 A_n
 \end{array}
 \begin{bmatrix}
 & A_1 & \cdots & A_n \\
 w_1/w_1 & \cdots & w_1/w_n \\
 \vdots & & \vdots \\
 w_n/w_1 & \cdots & w_n/w_n
 \end{bmatrix}$$

Figura 3- Comparação aos pares de elementos em AHP Fonte: Saaty, 2012

Esta matriz representa assim as comparações efetuadas, onde a etapa seguinte é a transformação da matriz num conjunto de contagens que representam a importância relativa de cada peso ( $w$ ) e o desempenho de cada alternativa ( $A$ ), chamados de vetores de prioridade (Belton & Stewart, 2002). Assim que os pesos dos critérios e as pontuações das alternativas tenham sido derivadas, o desempenho global de cada alternativa é calculado através de um modelo linear aditivo (Saaty, 1990). Para concluir, é obtido um resultado final cujo valor varia apenas entre 0 e 1, em que os pesos indicam os *trade-offs* entre os critérios existentes (Belton & Stewart, 2002).

As principais desvantagens do método AHP são a probabilidade de existirem inconsistências no modelo e a escala que Saaty propõe ser teoricamente questionável (Herva & Roca, 2013).

### 2.7.3 MACBETH

O MACBETH é uma abordagem de análise de decisão multicritério que requer apenas julgamentos qualitativos sobre diferenças de valor para ajudar um decisor ou um grupo de decisores a quantificar a atratividade relativa de opções (Bana e Costa & Vansnick, 1994).



Considerando  $X$  como um conjunto finito de elementos (opções de escolha, alternativas), imagine-se que um decisor ou grupo de decisores  $J$  quer compará-los em termos de atratividade relativa. Após a construção de uma escala ordinal de valores, definidos em  $X$ , que são representações quantitativas das preferências dos decisores, conclui-se que ela reflete, numericamente, a ordem de atração dos elementos de  $X$  por  $J$  (Bana e Costa et al, 2005). Segundo os autores, esta escala de valores ordinais permite a  $J$  hierarquizar os elementos de  $X$  por ordem de atratividade. Após essa hierarquização, basta associar um número real  $v(x)$  a cada elemento de  $X$  de forma a que:

3.  $v(x) = v(y)$  se e só se  $J$  considerar os elementos  $x$  e  $y$  como igualmente atrativos;
4.  $v(x) > v(y)$  se e só se  $J$  considerar  $x$  como mais atrativo que  $y$ .

Surge assim o problema, na questão da análise de decisão por multicritério, de as conclusões feitas com base em modelos aditivos poderem ser quantitativamente irrelevantes, uma vez que, “para ser relevante quantitativamente um argumento não deve ser afetado por transformações admissíveis de todos os valores envolvidos” (French, 1986). Estas e outras dificuldades inspiraram o desenvolvimento do MACBETH. Ao usar este método,  $J$  pode dizer quais são as suas preferências entre dois elementos de  $X$  ao mesmo tempo, começando por dar o seu parecer quanto à atratividade relativa entre os dois, e caso os dois elementos não sejam considerados igualmente atrativos,  $J$  dá o seu parecer qualitativo sobre a diferença de atratividade entre o mais atrativo dos dois elementos com o outro. Para este julgamento, o decisor de  $J$  possui sete categorias semânticas que pode utilizar para expressar as diferenças de atratividade, sendo elas “nula”, “muito fraca”; “fraca”; “moderada”; forte”; “muito forte” e “extrema” (Bana e Costa et al., 2005). Esta abordagem está de certa forma em linha com as ideias

previamente propostas quanto a cenários de medição de rácios (Wind & Saaty, 1980) e ainda com as diferenças de medição de valores (Freeling, 1983; Belton, 1986).

Assim, houve a necessidade de trabalhar a informação matematicamente para garantir que o método facultava a inexistência de falhas. Considerou-se então os dois elementos  $x$  e  $y$ , para os quais  $J1$  dizia que  $x$  era mais atrativo que  $y$ ,  $J2$  dizia que  $x$  não era mais atrativo que  $y$  e  $y$  também não era mais atrativo que  $x$ , ou seja,  $x=y$  e “?” afirmando que  $x$  e  $y$  não são comparáveis em termos da sua atratividade (Bana e Costa et al., 2005). Segundo os autores e supondo que esta informação está disponível, levantou-se outra questão, para todos os  $x$  e  $y$  pertencentes a um conjunto  $P$ , “Como é que se avalia a diferença de atratividades entre  $x$  e  $y$ ?” É aqui que entram as sete categorias semânticas de diferença de atratividade na forma de “ $d_s$ ”, onde  $d_1, d_2, \dots, d_Q$ , tal que  $Q \in \mathbb{N} \setminus \{0,1\}$  definidas para que caso  $i < j$  a diferença de atratividade  $d_i$  é mais fraca que a diferença de atratividade de  $d_j$  ou na forma mais universal “ $d_s$  para  $d_t$ ”, com  $s \leq t$  ( caso a resposta do decisor seja “não sei qual é a diferença de atratividade” é assimilada à resposta “ $d_1$  para  $d_Q$ ” (Considera-se  $Q=7$  e  $d_1 = nula, \dots, d_7 = extrema$ ). A resposta a esta questão origina assim as seguintes relações matemáticas (Bana e Costa et al., 2005):

$$5. C_{st}(s, t \in \mathbb{N}, 1 \leq s \leq t \leq Q) \text{ onde } C_{st} = \{(x, y) \in P \mid \Delta_{att}(x, y) \text{ é "d}_s \text{ para d}_t"\}$$

Tal que  $\Delta_{att}(x, y)$  representa a diferença de atratividade entre  $x$  e  $y$  de  $J$ , onde  $x$  e  $y$  são elementos de  $X$  e  $x$  é mais atrativo que  $y$ .

$$6. \text{ Surge assim a relação assimétrica: } P: \{((x, y), (z, w)) \in P \times P \mid \exists i, j, s, t \in \mathbb{N} \text{ onde } 1 \leq i \leq j \leq s \leq t \leq Q, (x, y) \in C_{st}, (z, w) \in C_{ij}\}$$

Esta segunda relação sobre  $X$  apresenta uma nova informação. Associado a (5) temos a estrutura  $\{J1, J2, ?\}$  e associado a (6) temos  $\{J1, J2, ?, J1^e\}$ , onde  $J1^e$  é a relação assimétrica de  $J1$ , significando “ $(x, y)J1^e((z, w)$  quando  $\Delta_{att}(x, y) > \Delta_{att}(z, w)$ ”, onde “ $\Delta_{att}(x, y) > \Delta_{att}(z, w)$ ” representa que a primeira diferença de atratividade é maior que a segunda.

Sendo esta a representação da informação preferencial, houve a necessidade de atribuir valores à mesma, para ser criada assim uma escala numérica. A escala de tipo 1, onde  $X$  está relacionado com  $\{J1, J2\}$  é uma função do tipo  $\mu: X \rightarrow \mathbb{N}$ , que apresenta duas condições:

- (a)  $\forall x, y \in X, (xJ1y \Rightarrow \mu(x) > \mu(y))$  e  $(xIy \Rightarrow \mu(x) = \mu(y))$ , isto supondo que a informação  $\{J1, J2, ?\}$  sobre  $X$  está disponível, associado a (5)
- (b)  $\forall x, y, z, w \in X, [(x, y)J1^e(z, w) \Rightarrow \mu(x) - \mu(y) > \mu(z) - \mu(w)]$ , isto supondo que a informação  $\{J1, J2, ?, J1^e\}$  sobre  $X$  está disponível.

O MACBETH está associado a um sistema de apoio à decisão denominado M-MACBETH cuja função é eliminar as inconsistências dos julgamentos, que resultam quando a informação  $\{J1, J2, ?\}$  e  $\{J1, J2, ?, J1^e\}$  apresentam resultados vazios, revelando que existe conflito entre a informação associada a (5) com a relação assimétrica de  $J1$ ,  $J1^e$ , associado à informação (6), fazendo com que a satisfação das duas condições seja impossível em sistema (Bana e Costa et al., 2005). O *software* está preparado para resolver estas inconsistências, uma vez que verifica automaticamente a consistência dos julgamentos feitos pelos decisores.

Este vai ser o método utilizado no meu trabalho, uma vez que é o que mais se enquadra com a aplicação do meu modelo, devido a fomentar a realização de reuniões de

decisão para tentar eliminar a subjetividade inerente à decisão humana e tentar retirar as maiores vantagens possíveis de uma decisão tomada por um grupo de decisores, situação que ocorre na aquisição de um sistema de armas na FA.

### *2.7.3.1 Aplicações do MACBETH*

O MACBETH e o seu respetivo *software* já tiveram várias aplicações quer em organizações públicas quer privadas, passando de seguida a enuncia-las: gestão de programas estruturais Europeus (Bana e Costa & Vansnick, 1999); gestão e avaliação de recursos humanos (Leitao et al, 2002); aplicações no setor das comunicações (Cardoso et al, 2003); gestão de portfólios (Bana e Costa & Oliveira Soares, 2004); *Total Quality Management* (Bana e Costa & Corrêa, 2000); gestão de aeroportos (Bana e Costa & Vitorino, 1997). Como se pode comprovar o MACBETH já foi usado em análise de decisão de projetos quer relacionados com instrumentos militares quer com aeronaves, sendo por isso uma abordagem perfeitamente plausível de ser usada no meu estudo de caso.

## **3 Enquadramento do Objeto de Estudo**

### *3.1 A Força Aérea e as Aeronaves*

A Força Aérea (FA) é um dos três dos ramos das Forças Armadas, provido de autonomia administrativa e que se integra na administração direta do Estado, através do Ministério da Defesa Nacional (MDN). A FA é classificada como um Serviço Integrado do Estado, devido a não possuir autonomia financeira. O orçamento da FA é assim atribuído pelo MDN, competindo à organização distribuí-lo por todos os Órgãos e Unidades, que depois o fazem chegar aos diversos Comandos e Bases. Estas entidades

têm como função primordial assegurar o cumprimento quer do plano de atividades quer do plano orçamental, onde estão espelhadas as verbas dotadas a cada rubrica pertencente ao orçamento da FA. Assim é fundamental e de carácter obrigatório que estes montantes por rubrica não sejam ultrapassados. Tendo em conta a atual conjuntura nacional, os organismos públicos foram abrangidos por inúmeros cortes orçamentais, deparando-se a FA com restrições orçamentais cada vez mais evidentes. Como tal, quer o planeamento quer a execução dos montantes atribuídos à FA deve ser regido com o maior compromisso possível para garantir o sucesso operacional da organização.

A análise multicritério a ser efetuada neste trabalho pretende analisar o processo de aquisição de helicópteros para a FA, que pode ser orientado por duas vias, sendo escolhida a que garante mais aproveitamento de recursos, nomeadamente por via de um concurso público ou por ajuste direto. É na Divisão de Operações que todo este processo é desenvolvido e no qual se define qual a equipa de trabalho mais capaz de assegurar as necessidades operacionais da organização. “Elaborar e atualizar os Conceitos de Operação dos Sistemas de Armas da Força Aérea” é uma das competências fundamentais desta divisão, sendo ela refletida no facto de ter que assegurar que os meios aéreos utilizados pela FA garantem o cumprimento das missões das Forças Armadas, tal como é dito no art.º 5.º, nº1 da Lei Orgânica n.º6/2014.

Para garantir que é reunida a melhor equipa de trabalho, compete a esta divisão reunir os militares necessários com características específicas à definição dos critérios a utilizar. Para tal, são seleccionados militares dotados de vários conhecimentos essenciais, que se podem dividir em várias áreas, tais como:

- Área de Estudos, Conceção, Planeamento e Requisitos – composta por militares dotados de conhecimentos que permitam apurar requisitos operacionais e logísticos, requisitos a nível de Planeamento e Lei de Programação Militar (LPM) e requisitos relacionados com Sistemas de Comunicação e Informação, fundamentais nas características de cada aeronave<sup>2</sup>;
- Área Operacional – composta por militares das áreas de operações, sendo desejável que tenham operado ou operem este tipo de aeronaves;
- Área Logística – composta por militares que sabem quais as componentes técnicas que cada aeronave deve ter, tais como, sistemas mecânicos, sistemas eletrónicos, sistemas elétricos, etc. e que podem identificar o tipo de suporte logístico que pode assegurar a sustentação da aeronave após a sua inserção na FA;
- Área de Certificação e Qualificação – composta por militares que vão garantir a certificação de aeronavegabilidade das aeronaves;
- Área de Pessoal – composta por militares que vão garantir que existem as competências necessárias dentro da FA para assegurar que existe uma boa instrução interna;
- Área Financeira – militares conscientes das verbas asseguradas para aquisições da organização, introduzidas em rubricas de LPM;
- Área Jurídica - composta por militares conscientes da legislação inerente à aquisição de aeronaves;

---

<sup>2</sup> As áreas vêm referenciados no Despacho nº65/2015 assinado pelo CEMFA.

- Área de Ensino – composta por militares responsáveis por garantir o correto ensino dos militares em formação para Piloto Aviador.

É segundo o Artigo 437º e artigos seguintes, terminando no Artigo 449º do Código dos Contratos Públicos (CCP) que a FA elabora o seu processo de aquisição de aeronaves. O orçamento disponível para estes assuntos encontra-se personificado na rubrica da LPM, que apresenta um valor referente a um período de 6 anos, sendo a sua gestão efetuada pela organização. Assim, a aplicação do mesmo é definida e aplicada pela organização, sendo que o montante a gastar terá de ser autorizado pelo governo português, uma vez que o mesmo remete a vários períodos, sendo inegavelmente capaz de ser aumentado. Isto vai influenciar o processo de aquisição, uma vez que é necessário definir a percentagem de orçamento que vai ser gasto, bem como o momento em que vai ocorrer.

### *3.2 Aquisição de aeronaves para a Força Aérea – Substituição das aeronaves da Esquadra 552*

Como qualquer meio para atingir um fim, é necessário que primeiro haja uma formação completa e detalhada antes de ser iniciada uma missão em tempo real. A Esquadra 552 – “Zangões” da FA tem como missão: “Executar operações de transporte aéreo, apoio tático e geral e **ministrar instrução básica e avançada de helicópteros**”<sup>3</sup>. É nesta Esquadra que os pilotos complementam a sua formação em helicópteros para assegurarem a capacidade e operacionalidade de voarem este tipo de aeronave.

A aeronave que é operada na 552 é o *Sudaviation – SE 3160 Alouette III* (Figura 4), aeronave extremamente rústica e que necessita de substituição imediata. Esta aeronave

---

<sup>3</sup>Fonte: <http://www.emfa.pt/www/esquadra-51>

foi projetada com os conhecimentos adquiridos da fabricação do *Alouette II* e surge assim como um helicóptero de fins gerais, extremamente versátil e facilmente manobrável. É de destacar que após montagem, verificações e inspeções, o primeiro voo desta aeronave pela Esquadra da FA data de 1963.



Figura 4- Sudaviation – SE 3160 Alouette III (fonte: <http://www.emfa.pt>)

É assim neste tema que recai a origem da minha tese, na qual proponho elaborar um modelo baseado na análise multicritério que permita à FA decidir qual a aeronave a adquirir num confronto de opções. Assim, o caso prático e aplicativo do modelo vai ser a substituição das aeronaves da Esquadra 552. Para testar o modelo, vou utilizar três aeronaves: o H-125, o UH-72 e o AW119Kx. Estas aeronaves foram escolhidas com base no tipo de missão que podem desempenhar, bem como nas suas características, que de certa forma estão alinhadas com os requisitos impostos pela organização. Foram assim selecionadas as seguintes aeronaves: (1) *Eurocopter AS350 Ecureuil B-3e* (Figura 5), agora denominado H125, é um helicóptero operado por várias Forças Armadas internacionais sendo uma aeronave cujo primeiro voo data de 1974. É muito bem referenciado devido aos seus baixos custos de manutenção e aquisição, sendo ainda dotada de grande versatilidade e capaz de operar em ambientes extremos.





Figura 5- H-125 Ecureuil (fonte: <https://www.airbushelicopters.com>)

(2) *Eurocopter UH-72 Lakota* (Figura 6) é uma aeronave que foi desenhada especificamente para satisfazer as necessidades das Formas Armadas dos Estados Unidos da América em 2006. Todavia é uma aeronave desenvolvida com base no *Eurocopter EC145*. É um helicóptero usado na formação dos pilotos dos EUA, sendo considerada como uma aeronave leve de enorme versatilidade.



Figura 6- UH-72A Lakota (fonte: <https://www.army.mil>)

(3) *AgustaWestland AW119Kx* (Figura 7), é um helicóptero leve que foi desenvolvido pela empresa *AgustaWestland*, sendo uma aeronave que realizou o seu primeiro voo em 1995, tendo sido introduzida no mercado em 2000 na versão Ke. Foi uma aeronave construída para oferecer baixos custos de funcionamento dentro das aeronaves monomotor, podendo desempenhar inúmeras funções, desde missões de reconhecimento aéreo a missões de transporte aéreo e combate a incêndios.



Figura 7- AW119Kx (fonte: <http://helihub.com/>)

Das aeronaves propostas duas são utilizadas no mercado civil, onde o UH-72 é a única aeronave militar, não obstante, existirem versões para operar em ambientes militares. As divergências entre os dois tipos reside apenas no tipo de equipamento que apresentam, contudo conseguem ambas desempenhar o tipo de missão que a FA pretende com a sua utilização. Assim salvaguarda-se a necessidade das organizações públicas de eficiência financeira uma vez que as aeronaves civis são substancialmente mais baratas que as aeronaves consideradas como capazes de operar em meios militares. Assim, poderia ser uma destas três aeronaves que a FA iria usar para continuar a administrar a formação em helicópteros dos seus pilotos, capacidade fundamental ao cumprimento da missão da organização, bem como ainda assegurar outro tipo de missões, uma vez que estas aeronaves são dotadas de competências para operar noutra tipo de teatro de operações operado pelo nosso ramo das Forças Armadas, tais como missões *Search and Rescue (SAR)*, transporte aéreo e quem sabe, futuramente, combate a incêndios e emergência médica.

De seguida irei explicar mais concretamente a aplicação e abordagem do modelo, onde tentei abranger todas as áreas inerentes à escolha de uma aeronave, bem como qual a sua ponderação, tendo em consideração os propósitos da organização, refletidos nas opiniões dos militares que abordei para elaborar o modelo.

## 4 Metodologia e sua Aplicação

### 4.1 Estudo de Caso

Os estudos de caso são frequentemente usados em diversas áreas académicas devido à sua alta taxa de sucesso no processo de anular possíveis lacunas entre conceitos de carácter abstrato com aplicações mais práticas (Lindstedt & Lombardo, 2016). É assim devido à sua elevada flexibilidade metodológica que deve ser considerada a sua aplicação como uma estratégia de pesquisa e não apenas como uma simples forma de pesquisa (Yin, 2011). Em suma, devido à versatilidade de áreas do meu trabalho, este enquadra-se perfeitamente na tipologia de um estudo de caso, uma vez que lhe é inerente o processo de tomada de decisão para aquisição de uma aeronave, processo esse que requer a análise de inúmeras vertentes de estudo.

### 4.2 Planeamento de Investigação

A análise da literatura existente é essencial na elaboração de qualquer trabalho académico (Farcas & Tudor, 2016). A análise multicritério foi feita com base na ferramenta MACBETH que será utilizada através de uma versão de teste que me foi disponibilizada do *software* M-MACBETH. A ideia inicial seria a de recolher dados através de reuniões de decisão (Phillips & Bana e Costa, 2007). Tal foi de realização limitada devido à quantidade de áreas associadas ao tema do meu trabalho, que resultou na incapacidade de juntar os recursos associados às mesmas. Contudo, e sendo a facilidade de alcançar os objetivos dos membros a principal razão de se formar um grupo de trabalho (Forsyth, 2009), não deixei de o tentar fazer, acabando por decidir ir falar individualmente com um responsável de cada área, referidas no ponto 3.1. Para analisar

a informação recolhida, e de acordo com os autores, formalizei o meu problema em MACBETH por cinco fases: (1) Estruturação do problema e identificação dos critérios que influenciam a decisão; (2) Construção do modelo através da determinação de julgamentos qualitativos com vista a justificar a diferença de atratividade entre os critérios; (3) Determinação das ponderações de cada critério; (4) Análise de Resultados; (5) Análise de Sensibilidade.

### *4.3 Preparação para a recolha de dados*

Houve a necessidade de um enquadramento para perceber todo o processo inerente à aquisição de um sistema de armas por parte da FA, processo esse que se revelou bastante complexo. Não obstante, toda esta análise foi corroborada e auxiliada através de conversas e entrevistas com militares, cujas especialidades estão associadas a cada temática abordada. Assim, decidi organizar-me por duas fases: (1) Quais são os processos desenvolvidos pela FA para implementar e sustentar o processo de aquisição de um sistema de armas; (2) Quais são as áreas envolvidas na aquisição de uma aeronave para a organização e qual a sua importância individual para este processo. Sendo a aeronave que pretendo testar um helicóptero, todas as minhas reuniões seriam orientadas para falar com militares que tivessem algum historial quer na aquisição deste tipo de aeronave para a FA, quer na operação diária da mesma.

### *4.4 Recolha de Dados*

As minhas fontes resultaram de reuniões efetuadas com as pessoas afetas ao grupo de trabalho definido internamente para tratar deste tipo de processos. Devido à indisponibilidade por parte de alguns militares, recolhi dados individualmente através da análise do mercado de aeronaves passíveis de ser adquiridas, bem como das suas

especificidades para apurar se satisfariam as necessidades da organização. Os julgamentos de diferença de atratividade foram feitos através de inquéritos a militares em formação, mas que já haviam desempenhado estágios em áreas relacionadas com a operação e aquisição de sistemas de armas. Por fim, e após elaboração do modelo com base nos dados que recolhi, decidi confrontar os resultados com dois militares associados a componentes quer a jusante quer a montante da aquisição de um sistema de armas, para apurar se o mesmo representaria a realidade da organização.

#### *4.5 Avaliação da Solução Obtida*

A escolha de qual a aeronave a adquirir é um processo complexo, pois existe a necessidade de a mesma satisfazer todas as exigências solicitadas pela organização. Após estar assegurado que todos os requisitos essenciais e desejáveis impostos no Caderno de Encargos elaborado pelo grupo de trabalho estão garantidos, o problema em caso de confronto entre duas opções preteridas para aquisição é resolvido com base nos critérios que apresentam maior importância para a organização. Assim, a solução encontrada será aquela que mais otimiza as necessidades de cumprimento da missão por parte da FA, sendo a definição de missão atualizada consoante cada aquisição, podendo este modelo ser aplicado à aquisição de qualquer tipo de aeronave.

#### *4.6 Identificação, Explicação de Padrões e Aplicação da Metodologia*

O método aditivo ponderado foi o modelo escolhido para a análise multicritério da avaliação das opções consideradas como possíveis de ser adquiridas pela FA. As pontuações finais alcançadas resultam do somatório das pontuações de cada critério. Foi com base na aplicação do *software* M-MACBETH que se fez o tratamento dos dados recolhidos. De acordo com a metodologia MACBETH, é necessária fazer uma distinção

sobre as sete diferentes fases da sua aplicação: (A) Definição de Opções e Critérios e Estruturação; (B) Performance das Opções; (C) Pontuação dos Critérios; (D) Ponderação e Ordenação dos Critérios; (E) Avaliação das Opções; (F) Análise de Resultados; (G) Análise de Sensibilidade e Robustez. O M-MACBETH é que determina as pontuações e ponderações dos critérios com base em julgamentos qualitativos dos critérios, opções e níveis de referência. Estes julgamentos podem ser divididos em dois tipos: (1) julgamentos comparativos, o decisor opta por um em detrimento do outro por diferença absoluta; (2) julgamentos qualitativos, efetuados nas fases (C), (D) e (E) da metodologia, que relatam as diferenças de atratividade entre critérios e opções, com base em sete categorias semânticas: (1) “Nula”; (2) “Muito Fraca”; (3) “Fraca”; (4) “Moderada”; (5) “Forte”; (6) “Muito Forte”; (7) “Extrema”.

#### *4.6.1 Definição de Opções e Critérios e Estruturação*

As opções definidas para testar este modelo e inseridas na opção do *software* “Definir Opções” foram as três aeronaves descritas no ponto 3.2, sendo constituídas pelo H-125, o UH-72 e o AW119Kx, definidas por Ecureuil, Lakota e KX, respetivamente. São aeronaves reais que reúnem características necessárias para satisfazer os requisitos da FA e encontram-se disponíveis no mercado. A escolha da opção que melhor contributo pode trazer para a organização tentará de certa forma ir ao encontro dos objetivos da FA.

Os dados recolhidos evidenciam a existência de vários critérios que influenciam a decisão da escolha de qual a aeronave mais enquadrada com as necessidades da organização. Estes critérios estão subdivididos em várias áreas de análise (identificadas por letra maiúscula) que por sua vez podem ser ou não critérios<sup>4</sup>: (A) **Tipo de Missão** (Tipo);

---

<sup>4</sup> Os critérios são os que apresentam a sua abreviatura entre parênteses.

**(B)** Pesos, (1) Máximo na Descolagem, (1.1) **Carga Externa** (P1-E), (1.2) **Carga Interna** (P1-I), (2) Carga Útil, (2.1) **Externa** (P2-E), (2.2) **Interna** (P2-I), (3) **Básico** (P3); **(C)** Sistemas de Comunicação e Informação, (1) **Interoperabilidade 1** (Int1), (2) **Interoperabilidade 2** (Int2); **(D)** Manutenção e Peças: (1) **Acesso a Peças** (Man-AP), (2) **Preço de Manutenção** (Man-PM), (3) **Aquisição de Equipamentos e Modernização** (Man-AEQ), (4) **Manutenção em Destacamentos** (Man-Dest), (5) **Regime de Esforço** (Man-RE), (6) **Publicações Técnicas** (Man-PT); **(E)** **Depreciação e Vida Útil** (Dep&VU); **(F)** **Tipo de Aquisição** (TAq); **(G)** Preço, (1) **Aquisição** (PAQ), (2) **Operacional** (POP), (3) **Sustentação** (PSUST); **(H)** Características Técnicas, (1) **Velocidade de Manobra** (CT-Vm), (2) **Teto Máximo** (CT-Tm), (3) **Tripulação** (CT-Trip), (4) Combustível, (4.1) **Quantidade** (CT-Comb-Q), (4.2) **Tipo** (CT-Comb-T), (5) **Raio de acção** (CT-Ra), (6) **Sistemas Aviónicos** (CT-SA); **(I)** Adequabilidade às infraestruturas existentes, (1) **Comprimento** (IF-Comp), (2) **Altura** (IF-Alt), (3) **Diâmetro** (IF-Diam); **(J)** **Prazos de Entrega** (PE); **(K)** Aeronavegabilidade, (1) **Qualificação** (Aer-Qual), (2) **Aceitação** (Aer-Aceit); **(L)** **Doutrina da FA** (Dout); **(M)** Guerra Eletrónica, (1) **Preço de Aquisição** (GE-PAq), (2) **Atualização** (GE-At), (3) **Manutenção** (GE-Man), (4) **Requisitos FA** (GE-ReqFA); **(N)** Armamento, (1) **Preço de Aquisição** (ARM-PAq), (2) **Atualização** (ARM-At), (3) **Manutenção** (ARM-Man), (4) **Requisitos FA** (ARM-ReqFA); **(O)** **Alienação e Abate** (AlAb); **(P)** Formação, (1) Preço Form, (1.1) **Piloto** (Form-P-Pil), (1.2) **Mecânico** (Form-P-Mec), (2) **Duração** (FormDur), (3) **Simuladores** (Form-SIM), (4) **Manutenção da Formação** (Form-Man); **(Q)** **Operabilidade** (OPER); **(R)** Características Logísticas, (1) **Sistemas Internos** (CL-SI), (2) **Estrutura** (CL-Estr), (3) **Propulsores e APU** (CL-Prop); **(S)** **Fiabilidade da marca** (Fiab); **(T)** **Outros Operadores** (OO). Cada critério apresenta a sua própria

escala, onde temos dois exemplos no Anexo 1. Houve critérios que não consegui recolher informações por não estarem disponíveis ao público, por isso considerei que os julgamentos qualitativos fossem iguais para todos, sendo o Anexo 2 a ilustração prática disso. A consequência prática disto é que algumas opções vão apresentar resultados muito próximos. A estrutura do problema consiste numa organização esquemática dos vários critérios que são considerados para a aquisição de uma aeronave, imprescindível para a compreensão do modelo, tendo sido obtida a árvore de critérios apresentado no Anexo 3.

#### *4.6.2 Performance das Opções*

A cada critério do modelo foram associados níveis de comparação que poderiam variar entre quatro alternativas: (1) Opções, (2) Opções + 2 Referências, (3) Níveis Qualitativos e (4) Níveis Quantitativos. Após inseridas as opções no modelo houve a necessidade de completar a sua avaliação, consoante a escala aplicada a cada critério, definida com base no nível de comparação associado ao mesmo (Anexo 4). Neste modelo ///foram usadas todas as alternativas com exceção da (1), sendo que avaliação de cada performance correspondia à escala usada em cada critério. Nesta parte da metodologia avaliou-se as opções com base nos critérios que tinham os níveis de comparação com as alternativas (3) e (4), sendo as escalas “Ótimo”, “Bom”, “Fracó” e “Mau”; e valores entre 1 e 7, respetivamente. O preenchimento desta tabela encontra-se no Anexo 5.

#### *4.6.3 Pontuação dos Critérios*

Após o preenchimento desta tabela da qual resultaram os termómetros de avaliação de cada critério, demonstrado no Anexo 1 o termómetro referente a dois dos critérios, procedeu-se à ordenação nos critérios. Esta ordenação consiste em colocar as opções por ordem decrescente de atratividade em relação ao critério em análise, tendo em conta as



medidas de referência do modelo, referência superior e inferior, consoante a escala usada em cada critério. Após esta ordenação procede-se ao preenchimento da matriz de cada critério através da comparação da atração entre opções em relação a cada critério. No Anexo 6 podemos ver a ordenação e pontuação referente ao critério “Tipologia da Missão”.

#### *4.6.4 Ponderação e Ordenação dos critérios*

É nesta fase que é verificado se cada critério tem a sua ponderação superior e inferior definida, visto ser na fase 4.6.1 que a mesma deve ser feita. A ordenação dos critérios é feita com base na preferência entre os critérios estruturados no modelo proposto. Tendo em conta o vasto leque de critérios que o modelo proposto apresenta, pode-se constatar parte dessa ordenação no Anexo 7. Sumariamente, organizou-se os critérios por quatro níveis de preferência, onde dentro de cada nível estão critérios igualmente atrativos. Esta organização foi concebida com base em inquéritos feitos aos alunos em formação da Academia da Força Aérea (AFA) e corroborados por militares envolvidos nas áreas referentes a cada um dos critérios. Foi feita uma ordenação em grupos, uma vez que a análise individual da importância de cada critério em relação aos restantes revelava-se demasiado extensiva para ser elaborada, podendo não representar a realidade, uma vez que existem requisitos impostos pela FA mais importantes que outros, havendo a possibilidade de fazer este agrupamento. Assim, e estando ordenados por ordem decrescente de atratividade global desde G1 até G4, temos os quatro grupos compostos por:

**G1:** Tipo; Man-AP; Aer-Qual; Aer-Aceit; PAQ; Dout.

**G2:** Int1; Int2; Man-PM; Man-AEQ; Man-Dest; Man-RE; Man-PT; POP; PSUST; CT-Ra; CT-SA; GE-Act; GE-ReqFAP; ARM-Man; ARM-ReqFAP; FormDur; Form-P-Pil; Form-P-MEC; Form-SIM; Form-Man; OPER; CL-SI; CL-Estr; CL-Prop; PE; OO; Fiab.


**G3:** P1-E;P2-E; P1-I; P2-I; CT-Comb-Q; CT-Comb-T; CT-Vm; CT-Tm; CT-Trip; CT-Comb; IF-Comp; IF-Alt; IF-Diam; GE-PAq; GE-Man; ARM-PAq; ARM-Act; DepVU; AlAb.

**G4:** TAQ; P3.

Após o preenchimento da matriz de ponderação dos critérios e de validadas as alterações, confirmando a presença de julgamentos conscientes entre a atratividade global de cada grupo de critérios (avaliação qualitativa), obteve-se a escala de quantificação dos pesos de cada critério (Anexo 8).

#### 4.6.5 Avaliação das Opções

Concluídos todos os processo descritos anteriormente, o *software* aplica o modelo aditivo para obter as pontuações finais que vão ditar qual a aeronave mais atrativa para a FA. A figura seguinte demonstra a tabela com as pontuações finais de cada opção, bem como as pontuações obtidas em alguns critérios, não sendo possível mostrar a totalidade das mesmas devido à sua extensão. Na tabela abaixo, na coluna “Fatores de escala” temos alguns pesos relativos a cada critério. O termómetro global encontra-se evidenciado no

 Tabela de pontuações

Opções	Global	Tipo	Aer-Qual	Aer-Aceit	P1-E	P1-I	P2-E	P2-I	P3
Satisfaz	100.07	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
KX	68.87	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Ecureuil	68.84	100.00	100.00	100.00	44.44	44.44	44.44	44.44	100.00
Lakota	64.37	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Não Satisfaz	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fatores de escala:		0.0394	0.0394	0.0394	0.0128	0.0128	0.0128	0.0128	0.0064

Tabela 1- Tabela de pontuações globais resultante da aplicação do modelo aditivo

Anexo 9. Os resultados finais bem como a sua análise vão ser analisados no capítulo seguinte.

## 5 Análise de Resultados

Os resultados são obtidos na penúltima fase da metodologia, havendo uma grande variedade de demonstrações dos mesmos oferecida pelo M-MACBETH, tais como árvores, tabelas, escalas de desempenho e pontuações.

As pontuações globais são obtidas através da aplicação do método do modelo aditivo que se pode expressar da seguinte forma (Montignac et all, 2009) :

$$7. v_a = \sum_{i=1}^n w_i v_i(g_i(a))$$

Esta expressão analítica é o que está na base dos resultados obtidos para todas as opções apresentadas no modelo.  $w_i$  é a ponderação determinada a partir dos julgamentos qualitativos feitos sobre cada critério que multiplicada por  $v_i(g_i(a))$ , sendo esta variável representativa do valor que a opção, neste caso a aeronave, apresenta na escala definida para esse critério.  $v_i$  representa a escala de atratividade aplicada à matriz de cada critério e  $g_i(a)$  representa a performance da aeronave nesse critério. Podemos constatar através da análise do anexo 10 a ponderação de cada critério a cor azul. Em suma, a soma de todas estas parcelas, associadas ao desempenho da opção em cada critério de acordo com a ponderação do mesmo, dá-nos o resultado global de cada opção do modelo. Assim as ponderações associadas a cada grupo de critérios, evidenciados no tópico 4.6.4 foram: (G1) 3,94%; (G2) 1,93%; (G3) 1,28% e (G4) 0,64%, resultando que a aeronave que mais se enquadra com o modelo proposto, e que por hipótese a FA deveria adquirir seria o AW119Kx.

Para melhor compreensão dos resultados do modelo o *software* oferece ferramentas que facilitam a percepção de qual é a melhor opção. No caso do AW119Kx, e por análise do Anexo 11, constatamos várias barras a cor verde que representam a pontuação obtida em cada critério, bem como um perfil ponderado da opção (Anexo 12) que representa o produto da pontuação da opção no critério pelo peso desse critério, onde mais uma vez é verificado que a opção apresenta resultados bastante positivos.

Podemos ver também através do Anexo 13 a comparação de pontuações em dois critérios diferentes para todas as opções, onde no eixo dos X temos o critério “Man-AP” e no eixo dos Y o critério “PAQ”, onde constatamos que apesar de todas as opções terem o mesmo desempenho na questão da Manutenção – Acesso a Peças, o H-125 apresenta claramente o preço de aquisição mais barato.

## **6 Análise de Sensibilidade e Robustez**

A análise de sensibilidade acaba por ser mais uma base de comparação entre as opções inseridas no modelo. Tendo em conta a magnitude de critérios do trabalho, irei apenas analisar o critério Preço de Aquisição, uma vez que a eficiência orçamental é uma das maiores preocupações da organização. Assim através do Anexo 14 constata-se que caso se aumentasse a ponderação relativa a este critério, a pontuação global do H-125 e do UH-72 seria diretamente e inversamente proporcional respetivamente. Quanto ao AW119Kx, a sua pontuação global não iria sofrer uma grande alteração, notando uma diminuição pouco representativa com o aumento da ponderação do critério Preço de Aquisição. Contudo, esta análise só faria sentido caso houvesse oscilações muito significantes na ponderação de cada critério, mas tendo em conta a dimensão do modelo

e a quantidade de critérios, bem como o fato de os mesmos estarem agrupados em quatro grupos, a possibilidade de ocorrerem estas variações é praticamente impossível.

Relativamente à análise de robustez do modelo, constata-se que todas opções, com exceção do UH-72, que apresenta dominância aditiva, apresentam situação de dominância sobre a referência inferior. Quanto à comparação entre opções, está refletido o resultado das pontuações globais, onde o AW119Kx apresenta dominância aditiva sobre as outras opções, ou seja, ele é sempre globalmente mais atrativo que as outras opções na aplicação do modelo aditivo considerada alguma aplicação restritiva no modelo (Anexo 15).

## **7 Conclusões, Limitações e Estudos Futuros**

### *7.1 Principais Conclusões*

O propósito deste trabalho é de propor um método estruturado que ajude a FA a adquirir as aeronaves necessárias para garantir o sucesso e cumprimento da sua missão. Apesar das restrições inerentes à organização devido a ser um organismo público e sujeito a orçamento de Estado, este modelo é mais vantajoso para a organização uma vez que não se centra em critérios meramente monetários, sendo a opção escolhida não necessariamente a mais barata, mas a economicamente mais vantajosa para a organização. De certa forma este trabalho pretende alterar o paradigma existente de que o mais barato tem de ser sempre aquele que é mais preferido e adquirido pelas Forças Armadas, sendo esse um dos contributos mais notáveis deste trabalho, uma vez que o modelo pensa a longo e não a curto prazo. Assim é garantido que o modelo sustenta a aquisição de uma aeronave que possa desempenhar a sua missão para a organização da forma mais eficiente possível durante o seu período de vida útil. Visto a análise multicritério pretender evidenciar as preferências do decisor face às opções em causa, e sendo neste caso os

decisores militares conscientes das necessidades e impossibilidades da organização, penso que foi alcançado um modelo realista não havendo nada semelhante a ser usado na FA. Assim, com a aplicação da análise multicritério esperam-se benefícios que incluem uma melhoria evidente na qualidade da decisão, na aprendizagem, na transparência, na legitimidade, bem como um seguimento apurado a nível de autoria no processo de tomada de decisão.

Consequentemente, foi utilizado um *software* de análise multicritério fundamentado no método MACBETH com vista à sua aplicação à aquisição de aeronaves por parte da FA, respondendo assim à questão (A) do trabalho. As restantes 2 questões de investigação do meu trabalho não conseguem ser respondidas, uma vez que o processo de aquisição de um novo helicóptero na FA ainda está a decorrer, não havendo ainda resultados que possam ser analisados, visto as mesmas serem direcionadas para uma componente mais prática, nomeadamente, a de aquisição efetiva de uma aeronave. Relativamente aos resultados finais obtidos do modelo, sugerem que a aeronave AW119Kx, apesar de ser curta a margem em relação à segunda aeronave, o H-125, é a mais atrativa globalmente para a organização. Constata-se essa diferença através da visualização do anexo 16 que demonstra o perfil de diferenças ponderadas entre cada opção, que traduz a pontuação de cada opção em cada critério (neste caso pontuação do AW119Kx subtraída da pontuação do H-125, calculadas por multiplicação do valor da escala com a ponderação do critério). Apesar de haverem tanto diferenças positivas como negativas entre a opção KX e Ecureuil, conclui-se que a ponderação de cada critério aliada à pontuação de cada aeronave no mesmo, faz com que a opção KX seja a globalmente mais atrativa por ter melhor pontuação nos critérios com mais ponderação para a organização. A construção do modelo foi sustentada no pressuposto de que a organização

necessita de uma revisitação de conceitos relativos ao conceito de missão de cada aeronave. A aeronave a ser adquirida deve refletir as reais necessidades atuais da organização e não as necessidades tipificadas em conceitos mais antigos. A modernização da organização pode ser um processo constante, e pretende-se que a aplicação deste modelo sirva como um passo dado em direção a esse objetivo.

## *7.2 Limitações e Estudos Futuros*

As limitações deste trabalho resumem-se à diversidade inerente ao processo de aquisição de uma aeronave. Com tanta área em análise, revelou-se um trabalho complexo e exaustivo o de tentar reunir o máximo de informação possível alusiva a cada área, bem como conseguir agendar reuniões e entrevistas com os militares em questão, devido aos seus horários e local de trabalho. Outra limitação foi a complexidade no acesso a alguns documentos da organização que pudessem contribuir para o meu trabalho, sendo que alguns juízos de valor foram depreendidos de análises feitas aos mesmos em conversas com elementos envolvidos no processo de decisão.

Seria interessante promover a aplicação da análise multicritério dentro da FA, sendo este já um processo contínuo para os alunos de academia nos últimos anos. Uma forma de acrescentar contributo ao meu trabalho pode passar por analisar qual seria o impacto de cada critério individualmente e não por grupos, bem como a aplicação efetiva do modelo para poder apurar se seria mais vantajoso adquirir uma nova aeronave para a organização ou fazer uma modernização/atualização de uma já existente. Noutra ótica de análise, seria igualmente interessante aplicar este *software* de análise de decisão no processo de substituição de armas (pistolas e espingardas) na FA, tendo em conta que as mesmas se encontram perto do estado de obsolescência.

## Referências Bibliográficas

- Antunes, P., Zurita, G., Baloian, N., & Sapateiro, C. (2014). Integrating Decision-Making Support in Geocollaboration Tools. *Group Decision and Negotiation*, 23(2), 211–233.
- Balasubramaniam, A., & Voulvoulis, N. (2005). The Appropriateness of Multicriteria Analysis in Environmental Decision-Making Problems. *Environmental Technology*, 26(9), 951–962.
- Bana e Costa, C. et al. (2002). Facilitating bid evaluation in public call for tenders : a socio-technical approach. *Omega*, 30(3), 227–242.
- Bana e Costa, C., & Corrêa, E. C. (2000). *Construction of a total quality index using a multicriteria approach: the case of Lisbon Gas Company*.
- Bana e Costa, C., Corte, J.-M., & Vansnick, J.-C. (2005). on the Mathematical Foundations of Macbeth. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, 78(1), 409–437.
- Bana e Costa, C., & Oliveira Soares, J. (2004). A multicriteria model for portfolio management. *The European Journal of Finance*, 10(3), 198–211.
- Bana e Costa, C., & Vansnick, J.-C. (1994). MACBETH — An interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International Transactions in Operational Research*, 1(4), 489–500.
- Bana e Costa, C., & Vansnick, J.-C. (1999). *The MACBETH approach: Basic ideas, software, and an application*. Springer Netherlands.
- Bana e Costa, C., & Vitorino, A. C. (1997). Construção multicritério da “matriz de custos” de um modelo de afectação para gestão de stands de aeronaves. *Investigação Operacional*, 17(2), 179–199.
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). Expert Systems with Applications A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems With Applications*, 39(17), 13051–13069.
- Belton, V. (1986). *A comparative study of methods for multiple criteria decision aiding*. University of Cambridge.
- Belton, V., & Stewart, T. (2002). *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.
- Broekhuizen, H., Groothuis-oudshoorn, C. G., Til, J. A., Hummel, J. M., & Ijzerman, M. J. (2015). A Review and Classification of Approaches for Dealing with Uncertainty in Multi-Criteria Decision Analysis for Healthcare Decisions. *Pharmacoeconomics*, 33(5), 445–455.
- Bryson, J. M., & Ackermann, F. (2007). Putting the Resource-Based View of Strategy and Distinctive Competencies to Work in Public Organizations. *Public Administration Review*, 67(4), 702–717.



- Cardoso, F. J. P., Gomes, L. F. A. M., & Júnior, M. S. (2003). Administração das operações de telecomunicação: Uma análise de decisão. *Revista Portuguesa E Brasileira de Gestão*, 2(2), 91–103.
- Chan, E. H., Suen, H. C., & Chan, C. K. (2006). MAUT-Based Dispute Resolution Selection Model Prototype for International Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(5), 444–451.
- Cinelli, M., Coles, S. R., & Kirwan, K. (2014). Analysis of the potentials of multi criteria decision analysis methods to conduct sustainability assessment. *Ecological Indicators*, 46, 138–148.
- Cristobal, J. R. (2013). Critical Path Definition Using Multicriteria Decision Making : PROMETHEE Method. *Journal of Management in Engineering*, 29(2), 158–163.
- De Brucker, K., 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.
- Doži, S., & Kali, M. (2015). Comparison of two MCDM methodologies in aircraft type selection problem. *Transportation Research Procedia*, 10, 910–919.
- Dubois, D. (2003). Evaluation and decision models: a critical perspective: D. Bouyssou, T. Marchant, M. Pirlot, P. Perny, A. Tsoukias, P. Vincke. Boston/London/Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Dyer, J. S., et al. (1992). Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: the next ten years. *Management Science*, 38(5), 645–654.
- Dyer, J. S. (2005). MAUT — Multiattribute Utility Theory. *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, 265–292.
- Farcas, T. V., & Tudor, A. T. (2016). An Overlook into the Accounting History Evolution from a Romanian Point of View: A Literature Review. *Economics*, 7(3), 71–84.
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrgott, M. (2014). Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys.
- Forsyth, D. R. (2009). *Group Dynamics*. Cengage Learning.
- Freeling, A. (1983). *Belief and decision aiding*. University of Cambridge.
- French, S. (1986). *Decision theory: an introduction to the mathematics of rationality*. Halsted Press.
- Friedman, T. L. (2007). *The world is flat, 3.0. A World History of the Twenty First Century*. USA: Picador.
- Gann, D. M. (2000). Innovation in Project-Based , Service- Enhanced Firms : The Construction of Complex Products and Systems construction of complex products and systems. *Research Policy*, 29(7), 955–972.
- Gomes, L., & Lima, M. (1992). TODIM:Basics and application to multicriteria ranking of projects with environmental impacts. *Foundations of Computing and Decision Sciences*, 16(4), 113–127.

- Greco, S., Figueira, J., & Ehrgott, M. (2005). *Multiple criteria decision analysis*. Springer's International series.
- Hærem, T., Pentland, B. T., & Miller, K. D. (2015). Task Complexity: extending a core concept. *Academy of Management Review*, 40(3), 446–460.
- Hajkowicz, S., & Collins, K. (2007). A review of multiple criteria analysis for water resource planning and management. *Water Resources Management*, 21(9), 1553–1566.
- Herva, M., & Roca, E. (2013). Review of combined approaches and multi-criteria analysis for corporate environmental evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 39, 355–371.
- Hu, Q., & Zhang, A. (2015). Real option analysis of aircraft acquisition : A case study. *Journal of Air Transport Management*, 46, 19–29.
- Huang, I. B., Keisler, J., & Linkov, I. (2011). Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: Ten years of applications and trends. *Science of the Total Environment*, 409(19), 3578–3594.
- Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). *Decisions with multiple objectives: preferences and value trade-offs*. Cambridge university press.
- Lee, J. J., & Yoon, H. (2015). A comparative study of technological learning and organizational capability development in complex products systems : Distinctive paths of three latecomers in military aircraft industry. *Research Policy*, 44(7), 1296–1313.
- Lee, K. K., & Zhao, M. (2014). The Effect of Price on Preference Consistency Over Time. *Journal of Consumer Research*, 41(1), 109–119.
- Leitao, M. A. L., Thomaz, J. F., Freire, F. V., & Bana e Costa, C. (2002). *Using decision conferencing and process consultation to facilitate the structuring of a performance appraisal model in the Portuguese army* (No. 5).
- Lindstedt, D., & Lombardo, T. (2016). On continuity case studies. *Journal of Business Continuity & Emergency Planning*, 10(1), 93–100.
- Lourenzutti, R., & Krohling, R. A. (2014). The Hellinger distance in Multicriteria Decision Making: An illustration to the TOPSIS and TODIM methods. *Expert Systems with Applications*, 41(9), 4414–4421.
- Montignac, F., Noiro, I., & Chaudourne, S. (2009). Multi-criteria evaluation of on-board hydrogen storage technologies using the MACBETH approach. *International Journal of Hydrogen Energy*, 34(10), 4561–4568.
- Ossadnik, W., Schinke, S., & Kaspar, R. H. (2016). Group Aggregation Techniques for Analytic Hierarchy Process and Analytic Network Process : A Comparative Analysis. *Group Decision and Negotiation*, 25(2), 421–457.
- Phillips, L. D., & Bana e Costa, C. (2007). Transparent prioritisation , budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. *Annals of Operations Research*, 154(1), 51–68.

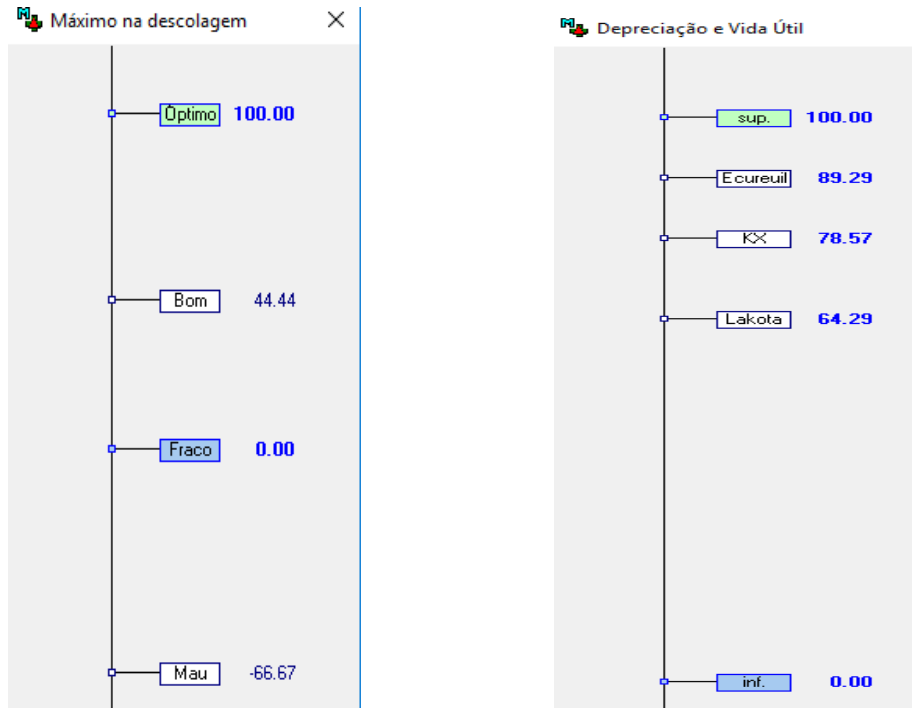
- Pohekar, S. D., & Ramachandran, M. (2004). Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8(4), 365–381.
- Rahman, M. M., Paatero, J. V., Lahdelma, R., & Wahid, M. A. (2016). Multicriteria-based decision aiding technique for assessing energy policy elements-demonstration to a case in Bangladesh. *Applied Energy*, 164, 237–244.
- Saaty, T. L. (1990). The Analytic Hierarchy Process in Conflict Management. *International Journal of Conflict Management*, 1(1), 47–68.
- Salabun, W. (2015). The Characteristic Objects Method: A New Distance-based Approach to Multicriteria Decision-making Problems. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 50(1-2), 37–50.
- Salo, A., & Hamalainen, R. P. (2010). *Multicriteria Decision Analysis in Group Decision Processes*. *Handbook of group decision and negotiation*. Springer Netherlands.
- Sassenberg, K., Landkammer, F., & Jacoby, J. (2014). The influence of regulatory focus and group vs. individual goals on the evaluation bias in the context of group decision making. *Journal of Experimental Social Psychology*, 54, 153–164.
- Shin, Y. J., & Kelly, K. R. (2015). Resilience and Decision-Making Strategies as Predictors of Career Decision Difficulties. *The Career Development Quarterly*, 63(4), 291–306.
- Spinetta, L. (2014). The Life Cycle of Manned Aircraft. *International Journal of Defense Acquisition Management*, 6, 21–37.
- Van Knippenberg, D., Dahlander, L., Hass, M. R., & George, G. (2015). Information, Attention, and Decision Making. *Academy of Management Journal*, 58(3), 649–657.
- Wallenius, J., Dyer, J. S., Fishburn, P. C., Steuer, R. E., Zionts, S., & Deb, K. (2008). Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead. *Management Science*, 54(7), 1336–1349.
- Wind, Y., & Saaty, T. L. (1980). Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, 26(7), 641–658.
- Wood, R. (1986). Task complexity: Definition of the construct. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 60–82. [http://doi.org/10.1016/0749-5978\(86\)90044-0](http://doi.org/10.1016/0749-5978(86)90044-0)
- Yeung, C. W., & Soman, D. (2007). The Duration Heuristic. *Journal of Consumer Research*, 34(3), 315–326.
- Yin, R. K. (1994). Discovering the future of the case study method in evaluation research. *Evaluation Practice*, 15(3), 283–290.
- Yin, R. K. (2011). *Applications of case study research*. Sage.
- Yoon, H., Yun, S., Lee, J., & Phillips, F. (2015). Entrepreneurship in East Asian Regional Innovation Systems: Role of social capital. *Technological Forecasting & Social*

*Change*, 100, 83–95.

Zopounidis, C., & Doumpos, M. (2003). Multi-criteria Decision Aid in Financial Decision Making : Methodologies and Literature Review. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(4-5), 167–186.

## Anexos

### Anexo 1-Termómetro de Avaliação dos Critérios

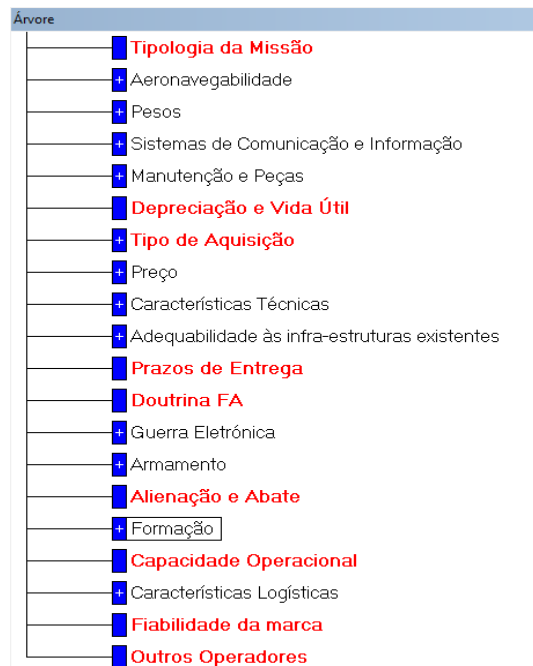


### Anexo 2- Julgamentos Qualitativos aplicados aos Critérios sem informação disponível

**Tipo de Aquisição**

	Ótimo	Bom	Fraco	Mau	Escala actual	
Ótimo	nula	mt. forte	positiva	extrema	100.00	extrema
Bom		nula	forte	extrema	66.67	mt. forte
Fraco			nula	extrema	40.00	forte
Mau				nula	0.00	moderada
<b>Julgamentos consistentes</b>						fraca
						mt. fraca
						nula

### Anexo 3- Estruturação do Modelo



### Anexo 4- Base de Comparação dos Critérios

Base de comparação:

as opções  
 as opções + 2 referências  
 níveis qualitativos de performance:  
 níveis quantitativos de performance:

critério  incerto

Níveis de performance:

-	+	Nível quantitativo
1		1
2		2
3		3
4		4
5		5
6		6
7		7

Indicador: Valor Unitário duma aeronave  
 Abreviado: Jhi Unidade: Milhões

Base de comparação:

as opções  
 as opções + 2 referências  
 níveis qualitativos de performance:  
 níveis quantitativos de performance:

critério  incerto

Referências:

Nome	Abreviado
Satisfaz	sup.
Não Satisfaz	inf.

Base de comparação:

as opções  
 as opções + 2 referências  
 níveis qualitativos de performance:  
 níveis quantitativos de performance:


critério  
 incerto

---

Níveis de performance:

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Satisfaz todos os requisitos da FAP	Ótimo
2		Satisfaz alguns requisitos da FAP	Bom
3		Satisfaz poucos requisitos da FAP	Fracó
4		Não satisfaz os requisitos mínimos da FAP	Mau

**Anexo 5 - Tabela de Performances das Opções**

 Tabela de performances

Opções	P1-E	P1-I	P2-E	P2-I	P3	Man-AP	Man-PM	Man-AEQ	Man-Dest	Man-RE	Man-PT	TAq	PAQ	PDP	PSUST	CT-Comb-T	PE
Ecureuil	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	1.75	Bom	Ótimo	Bom	Bom
Lakota	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	5.25	Bom	Ótimo	Bom	Bom
KX	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	2.7	Bom	Ótimo	Bom	Bom

GE-PAq	GE-Act	GE-Man	ARM-PAq	Arm-Act	ARM-Man	AlAb	Form-P-Pil	Form-P-MEC	FormDur	Form-SIM	Form-Man	OPER	CL-SI	Fiab	OO
Frac	Frac	Frac	Frac	Frac	Frac	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	Muitos
Frac	Frac	Frac	Frac	Frac	Frac	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	Poucos
Frac	Frac	Frac	Frac	Frac	Frac	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Bom	Ótimo	Ótimo	Poucos

**Descrição:** Na primeira coluna na vertical temos as três aeronaves testadas no modelo, estando na horizontal os critérios usados no modelo cuja base de comparação eram níveis qualitativos ou quantitativos de performance, como mostra o Anexo 4. No cruzamento dos critérios com cada aeronave, foi preenchida a tabela com a escala associada a cada critério, fosse ela qualitativa ou quantitativa como se pode observar.




**Anexo 6 - Ordenação e Pontuação do Critério Tipologia da Missão**


	sup.	Ecureuil	Lakota	KX	inf.	Escala actual	
sup.	nula	nula	nula	nula	extrema	100	extrema
Ecureuil	nula	nula	nula	nula	extrema	100	mt. forte
Lakota	nula	nula	nula	nula	extrema	100	forte
KX	nula	nula	nula	nula	extrema	100	moderada
inf.					nula	0	fraca

**Julgamentos consistentes**

**Descrição:** Nesta fase do modelo procede-se à ordenação de cada aeronave dentro do critério, ou seja, conforme os valores do nível superior e inferior (100 e 0, respetivamente), bem como os valores de cada aeronave associados a esses critérios, ordena-se de forma decrescente na vertical. Depois procedeu-se ao preenchimento qualitativo de cada parcela da matriz, resultando a escala atual associada a cada nível e aeronav

### Anexo 7– Parte da Ordenação dos Critérios por Atratividade Global

 Ponderação (Valor Global)

	[ Tipo ]	[ Man-AP ]	[ Aer-Qual ]	[ Aer-Aceit ]	[ PAQ ]	[ Dout ]	[ Int ]	[ Int2 ]	[ Man-PM ]	[ Man-AEQ ]	[ Man-Dest ]	[ Man-RE ]	[ Man-PT ]
[ Tipo ]	nula	nula	nula	nula	nula	nula	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
[ Man-AP ]	nula	nula	nula	nula	nula	nula	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
[ Aer-Qual ]	nula	nula	nula	nula	nula	nula	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
[ Aer-Aceit ]	nula	nula	nula	nula	nula	nula	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
[ PAQ ]	nula	nula	nula	nula	nula	nula	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
[ Dout ]	nula	nula	nula	nula	nula	nula	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva	positiva
[ Int ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Int2 ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Man-PM ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Man-AEQ ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Man-Dest ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Man-RE ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Man-PT ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ PDP ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ PSUST ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ CT-Ra ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ CT-Sa ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ GE-Act ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ GE-ReqFAP ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ ARM-Man ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ ARM-ReqFAP ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ FormDur ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Form-Pil ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Form-P-MEC ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Form-SIM ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ Form-Man ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ OPER ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ CL-SI ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ CL-Estr ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ CL-Prop ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ PE ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula
[ OO ]							nula	nula	nula	nula	nula	nula	nula

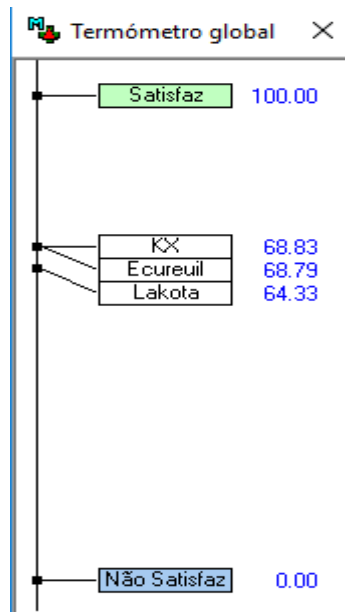
**Descrição:** Aqui está demonstrada a ordenação em grupos efetuada nos critérios. Eles encontram-se ordenados de forma decrescente, quer na vertical, quer na horizontal. Os critérios dentro do mesmo grupo apresentam igual atratividade global, daí a diferença entre eles ser nula. A relação positiva entre cada critério significa que a sua diferença de atratividade global pode variar entre ser extrema e muito fraca, fazendo assim referência às sete categorias semânticas do modelo.

**Anexo 8-Escala de Quantificação de Pesos dos Critérios**

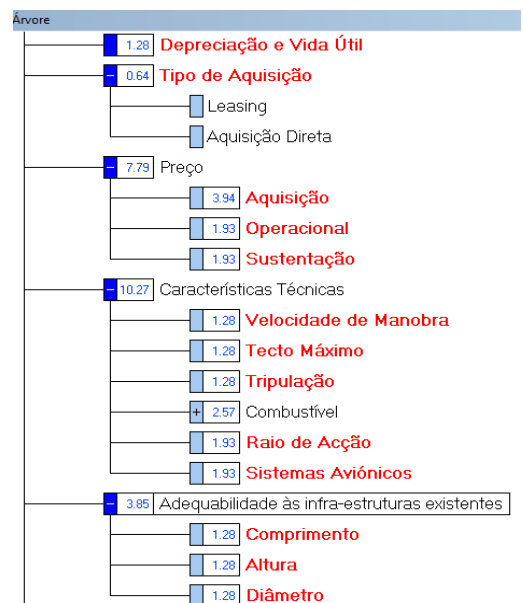
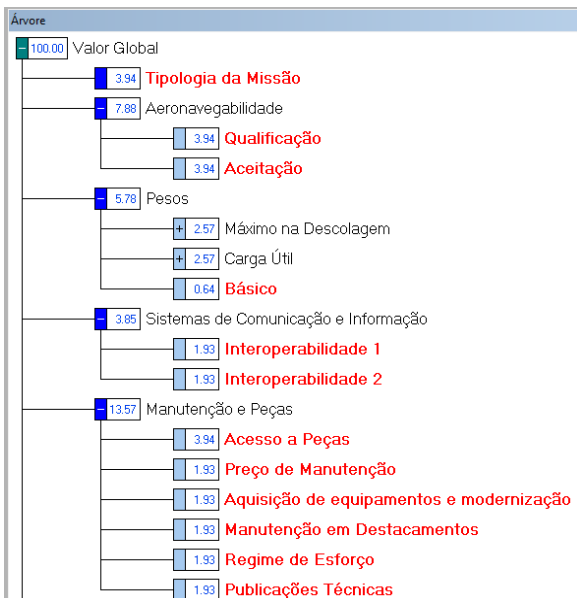
	Escala actual		
[ Tipo ]	3.94	[ Fiab ]	1.93
[ Man-AP ]	3.94	[ P1-E ]	1.28
[ Aer-Qual ]	3.94	[ P2-E ]	1.28
[ Aer-Aceit ]	3.94	[ P2-I ]	1.28
[ PAQ ]	3.94	[ P1-I ]	1.28
[ Dout ]	3.94	[ CT-Comb-C ]	1.28
[ Int ]	1.93	[ CT-Comb-T ]	1.28
[ Int2 ]	1.93	[ CT-Vm ]	1.28
[ Man-PM ]	1.93	[ CT-Tm ]	1.28
[ Man-AEQ ]	1.93	[ CT-Trip ]	1.28
[ Man-Dest ]	1.93	[ IF-Comp ]	1.28
[ Man-RE ]	1.93	[ IF-Alt ]	1.28
[ Man-PT ]	1.93	[ IF-Diam ]	1.28
[ POP ]	1.93	[ GE-PAq ]	1.28
[ PSUST ]	1.93	[ GE-Man ]	1.28
[ CT-Ra ]	1.93	[ ARM-PAq ]	1.28
[ CT-SA ]	1.93	[ Arm-Act ]	1.28
[ GE-Act ]	1.93	[ DepYU ]	1.28
[ GE-ReqFAP ]	1.93	[ AIAb ]	1.28
[ ARM-Man ]	1.93	[ TAq ]	0.64
[ ARM-ReqFAP ]	1.93	[ P3 ]	0.64
[ FormDur ]	1.93	Não Satisfaz	0.00
[ Form-P-Pil ]	1.93		
[ Form-P-MEC ]	1.93		
[ Form-SIM ]	1.93		
[ Form-Man ]	1.93		
[ OPER ]	1.93		
[ CL-SI ]	1.93		
[ CL-Estr ]	1.93		
[ CL-Prop ]	1.93		
[ PE ]	1.93		
[ OO ]	1.93		

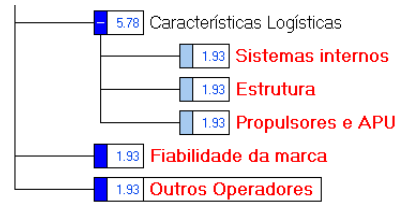
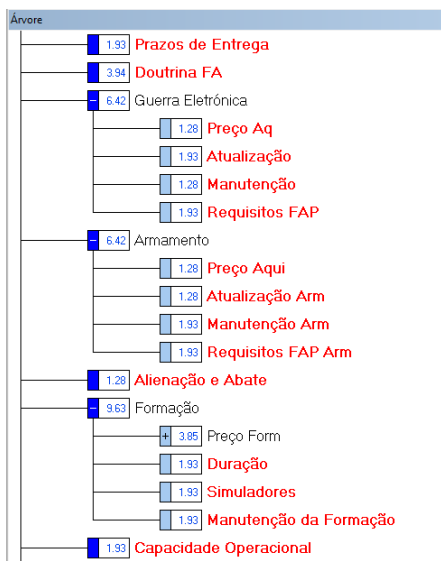
**Descrição:** Na primeira coluna temos os critérios ordenados de forma decrescente por atratividade global que estão associados à parcela à sua frente, da segunda coluna, que apresenta a sua ponderação atribuída pelo M-MACBETH, resultante do preenchimento da tabela de julgamentos (Anexo 8). Na terceira coluna verificam--se os restantes critérios ordenados, com a respetiva ponderação na parcela da frente da coluna 4.

**Anexo 9- Termómetro Global de Pontuação das Aeronaves**

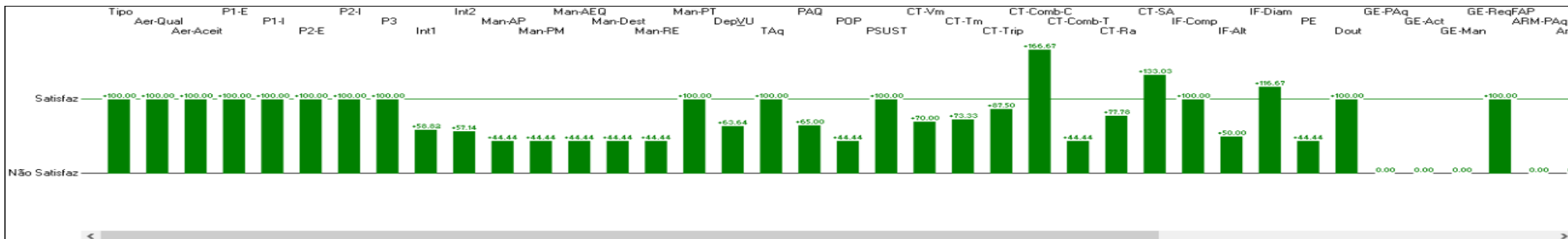


**Anexo 10 - Estrutura do Modelo com Ponderações de cada Critério**



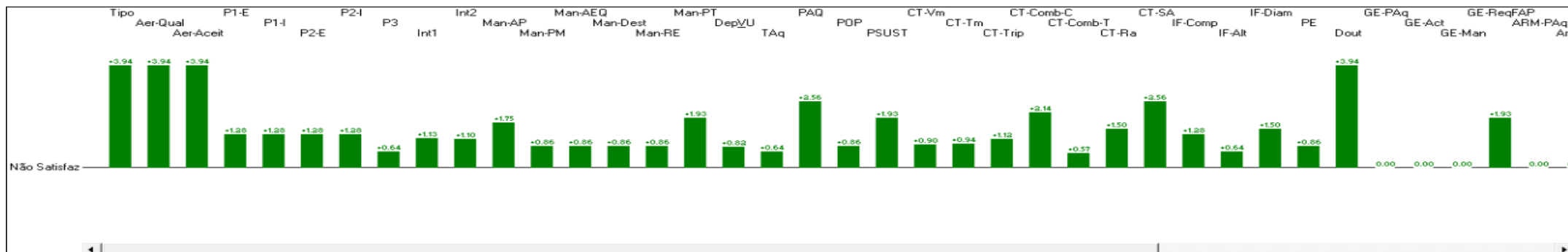


**Anexo 11-Parte do Perfil do AW119**



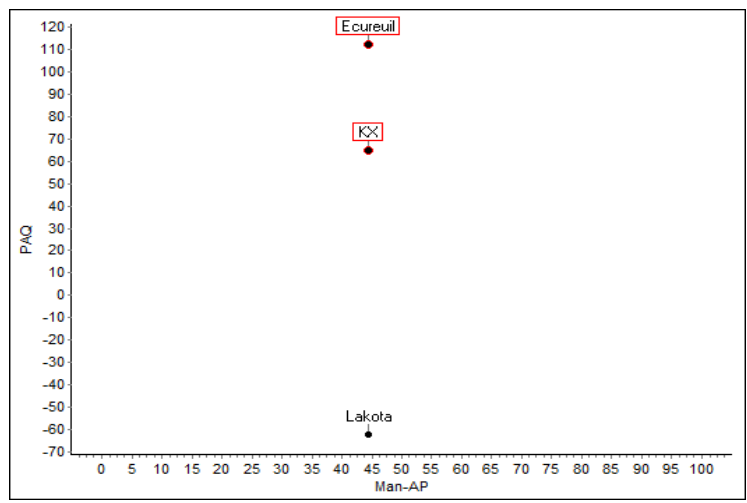
**Descrição:** A cada barra verde corresponde um Critério que se encontra no prolongamento vertical da barra. Algumas barras ultrapassam a pontuação de 100 (nível superior), devido à aeronave apresentar características mais vantajosas face aos requisitos da FA.

**Anexo 12-Parte do Perfil Ponderado do AW119**



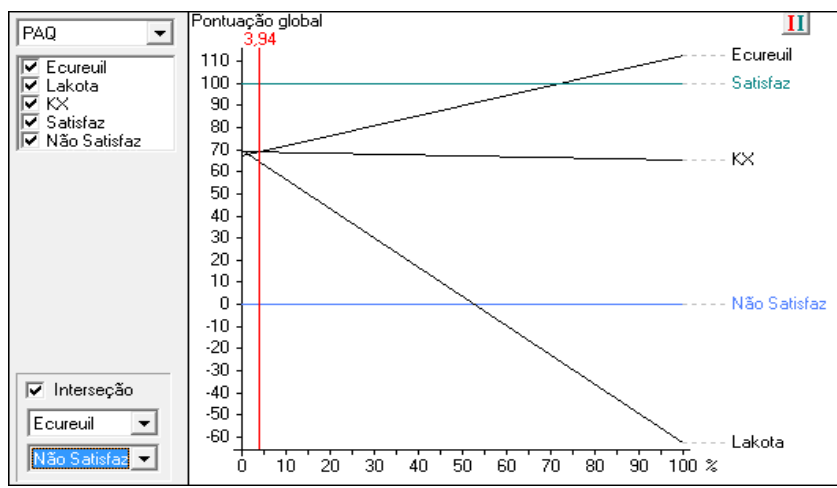
**Descrição:** A cada barra verde corresponde um Critério que se encontra no prolongamento vertical da barra.

**Anexo 13-Gráfico XY-Comparação entre Manutenção-Acesso a Peças e Preço de Aquisição**





**Descrição:** No eixo vertical temos a escala pontual do critério Preço de Aquisição e no eixo horizontal a escala pontual do critério Manutenção-Acesso a Peças.

**Anexo 14-Análise de Sensibilidade do Preço de Aquisição**



### Anexo 15-Análise de Robustez do Modelo

 Análise de robustez

	Satisfaz	KX	Ecureuil	Lakota	Não Satisfaz
Satisfaz	=	+	+	+	▲
KX		=	+	+	▲
Ecureuil			=	+	▲
Lakota				=	+
Não Satisfaz					=

**Descrição:** Os sinais a verde representam dominância aditiva: uma opção domina aditivamente outra opção se, para um determinado conjunto de restrições na informação, resultar sempre globalmente mais atrativa do que a outra opção da aplicação do modelo aditivo. Os sinais a vermelho representam situação de dominância: uma opção domina outra opção se for pelo menos tão atrativa quanto a outra em todos os critérios e se for mais atrativa do que a outra em pelo menos um dos critérios.

### Anexo 16 – Parte do Perfil de diferenças ponderadas entre KX e Ecureuil

