

Academia da Força Aérea /

Instituto Superior de Economia e Gestão – Universidade Técnica de Lisboa



O PROCESSO DE SUBSTITUIÇÃO  
DE UMA FROTA DE AERONAVES  
NA FORÇA AÉREA PORTUGUESA –  
UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTI-CRITÉRIO

**Luís Filipe dos Santos Rosa**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Mestre em Contabilidade, Fiscalidade e Finanças Empresariais**

**Presidente do Júri**

**Professor Doutor Eduardo B. do Couto**

**Arguente**

**Professor Doutor José M. A. C. Soares**

**Orientador**

**Professor Doutor Pedro V. Matos**

**Co-Orientador**

**Coronel Guilherme S. Lobão**

Setembro de 2010

Nota prévia: Este trabalho final de mestrado destina-se exclusivamente para fins académicos, isto é, para cumprimento do 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 nem nenhum dos seus orientadores podem ser responsabilizados pela sua utilização para qualquer outra finalidade, utilização essa inadequada e abusiva.

“Nada é mais difícil, e portanto mais precioso, do que ser capaz de tomar decisões.”

Napoleão Bonaparte

## **Agradecimentos**

A realização de uma dissertação de mestrado, embora se trate de uma tarefa individual, tem implicações na vida de várias pessoas, quer as que colaboram com os seus conhecimentos, quer as que apoiam o autor na realização do trabalho.

Das primeiras destaco o meu Orientador Professor Doutor Pedro Verga Matos, pelas aulas que ministrou e me cativaram para o tema, pela colaboração e disponibilidade já na realização do trabalho, para além de ter de destacar os imensos conhecimentos que dispõe nesta área de conhecimento, os quais foram fundamentais em particular para a revisão da literatura. Também permitiu que os primeiros passos na concepção do modelo fossem dados. Ao meu Co-Orientador Coronel Guilherme Lobão que fez o elo de ligação entre a parte realizada no Instituto Superior de Economia e Gestão, eu próprio e a Força Aérea Portuguesa, revelando-se fundamental nos dois últimos capítulos do trabalho. Ainda relativamente à organização militar, de realçar o papel desempenhado pelo grupo de trabalho constituído para o desenvolvimento do estudo para a aquisição da nova frota de aeronaves de instrução.

Quanto às pessoas que me apoiaram, devo um agradecimento muito especial à minha mãe que tem sido fundamental ao longo da vida e à minha namorada. O período curricular, quer o período de desenvolvimento da dissertação, retiraram muitos dias de convívio familiar.

A ambas dedico esta dissertação de mestrado.

## Resumo

Na sequência do estágio efectuado em Julho de 2009, na Divisão de Recursos do Estado-Maior da Força Aérea (EMFA), com o tema, “O custo do ciclo de vida dos Sistemas de Armas na Força Aérea”, surgiu a oportunidade de conhecer a realidade de Gestão de Frotas da organização, a qual traduz a essência das acções da instituição Força Aérea, conducentes ao desenvolvimento da missão, determinada pelos instrumentos legais da nação.

O processo de substituição de uma Frota de Aeronaves é muito mais que um simples acto de gestão rotineiro. Trata-se de um investimento que tem que ser estrategicamente delineado e pautado pela economia, eficácia e eficiência e que está transversalmente relacionado com conceitos no domínio da Estratégia, Logística e Gestão Orçamental das Forças Armadas.

Assim sendo, foi objecto de estudo, neste trabalho, o processo de decisão inerente à aquisição de uma nova frota de aeronaves, para substituir as já existentes, *Aerospatiale Epsilon-TB 30* e *Dassault/Dornier Alpha-Jet*. Foram alvo de análise diversas alternativas de investimento que devido à sua complexidade foram estudadas com recurso à metodologia de análise multi-critério.

Conclui-se como desejável a utilização deste tipo de análise de apoio à decisão e aplicação da ferramenta informática M-MACBETH na selecção da melhor aeronave para substituir as duas existentes.

### Palavras-Chave:

- Força Aérea Portuguesa
- Estratégia
- Análise de Projectos de Investimento
- Análise Multi-Critério
- M-MACBETH

### Classificação do Journal of Economic Literature:

C63 – Computational Techniques; Simulation Modeling

H56 – National Security and War

## Abstract

Following an internship made at July of 2009 in the Portuguese Central Command Air Force's (EMFA) Resources Division, whose theme was "The Life Cycle Cost of the Weapons' Systems at the Portuguese Air Force", an opportunity to get in touch with the reality of the organization's Fleet Management arose.

The substitution process of an aircrafts' fleet is much more complex than a straightforward operation of routine management. Indeed, it is an investment that must be strategically designed and ruled by economy, effectiveness and efficiency. Moreover, it is linked with concepts on the fields of Strategy, Logistics and Budget Management of the Portuguese Air Force.

This way, the purpose of this master thesis was to examine the purchase decision process of a new fleet of aircrafts, in order to replace the two existing ones: *Aerospatiale Epsilon-TB 30* and *Dassault/Dornier Alpha-Jet*. Different possibilities of investment were analyzed, which due to their complexity, were studied using a methodology called Multi-Criteria Analysis.

Furthermore, it takes conclusions regarding the using this type of Decision Analysis and of using the software M-MACBETH, in picking the best aircraft to substitute the two existing ones.

### Keywords:

- Portuguese Air Force
- Strategy
- Analysis of Investment Projects
- Multi-Criteria Analysis
- M-MACBETH

### Classification of Journal of Economic Literature:

C63 – Computational Techniques; Simulation Modeling

H56 – National Security and War

## Lista de Figuras

Figura 1 – Efeito icebergue no <i>Life Cycle Cost</i> (LCC).....	3
Figura 2 - Exemplo genérico da estrutura hierárquica de problemas de decisão.....	13
Figura 3 - O processo de decisão da metodologia MACBETH.....	26
Figura 4 – <i>Chipmunk DHC-1</i> ao serviço da FAP.....	29
Figura 5 - <i>Epsilon-TB 30</i> da FAP.....	30
Figura 6 - <i>Dassault/Dornier Alpha-Jet</i> da FAP.....	30
Figura 7 - Comissões e Equipas Participantes no Processo de Aquisição.....	35
Figura 8 - BAE Systems Hawk T2 da Força Aérea Britânica. Foto de Christian Bremer em Julho de 2010, Inglaterra, Reino Unido.....	39
Figura 9 - Embraer A-29B Super Tucano da Força Aérea Brasileira. Foto de Rodrigo Conte em Outubro de 2005, Brasília, Brasil.....	39
Figura 10 - Beechcraft T-6 Texan II da Força Aérea dos Estados Unidos da América. Foto de Mike Paschal em Dezembro de 2006, na Base Aérea de Randolph, San Antonio, Estados Unidos da América.....	40
Figura 11 - Pilatus PC-21 da Força Aérea Suíça. Foto de Jan Vanhulle em Julho de 2007, por cima das terras baixas da Flandres, Bélgica.....	40
Figura 12 - Aermacchi M-346. Foto de Gianfranco Mauri em Fevereiro de 2005, voando nos Alpes, Itália.....	41
Figura 13 - Output MACBETH dos Critérios Utilizados.....	42
Figura 14 – Árvore de decisão.....	47

## Lista de Tabelas

Tabela 1 - Matriz genérica, do tipo <i>pairwise</i> entre critérios.....	14
Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do AHP.....	16
Tabela 3 – Composição do Grupo de Trabalho para a nova aeronave de instrução avançada e especializada de pilotagem para aeronaves a reacção.....	37
Tabela 4 - Custos totais das opções.....	46

## Lista de Quadros

Quadro 1 - Cálculo dos factores de ponderação.....	44
Quadro 2 - Avaliação das opções.....	48
Quadro 3 - Representação gráfica das soluções.....	50

Quadro 4 - Mapa de análise de sensibilidade dos resultados de acordo com o critério dos Custos.....	51
Quadro 5 - Mapa de análise de sensibilidade dos resultados de acordo com o critério das Características Logísticas.....	52
Quadro 6 - Análise de robustez.....	52

### **Lista de Acrónimos**

AAC – Actividade Aérea Curricular.....	28
AFA – Academia da Força Aérea.....	28
AHP – Analytical Hierarchy Process.....	1
BAFO – “Best And Final Offer”.....	32
CEM – Conceito Estratégico Militar.....	31
CLAFA – Comando da Logística da Força Aérea.....	37
CPESFA – Comando do Pessoal da Força Aérea.....	37
CRP – Constituição da República Portuguesa.....	31
DGAIED – Direcção Geral de Armamento e Infra-Estruturas de Defesa.....	33
ELECTRE – Elimination and Choice Translating Reality.....	11
EMFA – Estado-Maior da Força Aérea.....	III
ESV – Estágio de Selecção de Voo.....	28
FAP – Força Aérea Portuguesa.....	1
GABCEMFA – Gabinete do Chefe do Estado-Maior da Força Aérea.....	34
GE – General Electric.....	1
GOP – Grandes Opções do Plano.....	31
GT – Grupo de Trabalho.....	37
LDNFA – Lei de Defesa Nacional e das Forças Armadas.....	31
LOBOFA – Lei Orgânica de Bases da Organização das Forças Armadas.....	31
LPM – Lei de Programação Militar.....	31
MACBETH – Measuring Attractiveness by a Categorical based Evaluation Technique.....	3
MAF – Missão de Acompanhamento e Fiscalização.....	33
MAUT – Multiple Attribute Utility Theory.....	7
MCDA - Métodos multi-critério de análise de decisão.....	7

MCDM – Multiple Criteria Decision Making.....	9
MDN – Ministério da Defesa Nacional.....	33
PROMETHEE – Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation.....	11
PVF – Ponto de Vista Fundamental.....	18
TC – Tribunal de Contas.....	32

## Índice

Agradecimentos.....	II
Resumo.....	III
Abstract.....	IV
Lista de Figuras.....	V
Lista de Tabelas.....	V
Lista de Quadros.....	V
Lista de Acrónimos.....	VI
Índice.....	VIII
<b>CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1. Objecto do Estudo.....	1
2. Propósito da Investigação e quadro teórico.....	2
3. Questões da Investigação.....	4
4. Estrutura da Dissertação e Resultados a alcançar.....	4
<b>CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
1. Breve Introdução.....	6
2. Desenvolvimento.....	6
2.1 A complexidade da decisão nas organizações.....	6
2.2 O Procedimento Metodológico.....	7
2.3 Os métodos multi-critério de análise à decisão.....	8
2.3.1 Metodologia AHP.....	11
2.3.2 Metodologia MACBETH.....	17
3. Breve Síntese.....	26

<b>CAPÍTULO III – CARACTERIZAÇÃO DA ENTIDADE OBJECTO DO ESTUDO.....</b>	<b>27</b>
1. A formação do piloto-aviador na FAP.....	27
2. Enquadramento legislativo ao processo de concurso público.....	30
<b>CAPÍTULO IV – METODOLOGIA E MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO.....</b>	<b>34</b>
1. Planeamento da Investigação.....	34
2. Preparação para a recolha de dados.....	35
3. Recolha da evidência.....	36
4. Avaliação da evidência.....	36
5. Identificação e Explicação de padrões.....	40
6. Análise de Sensibilidade aos ponderadores.....	48
<b>CAPÍTULO V – CONCLUSÕES.....</b>	<b>52</b>
1. Resumo dos principais resultados.....	52
2. Principais Conclusões e Contribuições Teóricas e Práticas.....	53
3. Limitações do Estudo e Sugestões para Futura Investigação.....	54
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>56</b>
1. Documentação.....	56
2. Legislação consultada.....	61
3. Manuais.....	62
4. Entrevistas.....	63
5. Palestras.....	64

## Capítulo I – INTRODUÇÃO

### 1. Objecto do Estudo

A FAP - Força Aérea Portuguesa, criada em 1 de Julho de 1952, tem ao seu dispor um conjunto de Sistemas de Armas. Este conjunto de Sistemas de Armas da FAP tem características de elevada especialidade em relação aos outros ramos, como sejam a velocidade, a mobilidade, o alcance e a flexibilidade de emprego, quer seja em operações com meios exclusivos, quer seja em operações conjuntas ou combinadas.

Avaliar um Sistema de Armas pode-se considerar uma tarefa complexa (Allen, 2000). Estudar a aquisição de um novo Sistema de Armas tem de obedecer a uma ponderação elevada de um conjunto de pormenores que influenciarão o decisor a optar por uma das propostas do dossier de trabalho (Bergeot, 2000). A título de exemplo, um bom Sistema de Armas requer uma boa performance a um custo mínimo (McClive, 2000a). Estes dois factores, performance e custo, dependem de outros factores como a tecnologia, investigação e recursos económicos. Investigação também depende dos recursos económicos... Como consequência, surge uma teia de relacionamentos entre os factores decisórios do gestor acerca do Sistema de Armas a adquirir.

Desde finais dos anos 70, Tom Saaty, tem-se vindo a debruçar acerca de como as pessoas no dia-a-dia resolvem problemas de decisão, sejam de ordem pública ou privada. Este matemático egípcio tornou-se famoso devido, entre outras coisas, à sua análise coerente na clarificação dos prós e contras do conflito no Médio Oriente com a União Soviética, mas também pela forma pioneira como desenvolveu a sua metodologia *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Palmer, 1999). Segundo esta metodologia, problemas de análise multi-critério podem ser facilmente ultrapassados. De facto, desde os seus primórdios, o seu *software* de apoio à decisão tem-se revelado um sucesso, sendo que nos EUA, na sua versão *Expert Choice*, já foi diversas vezes utilizado tanto pelo Exército como pela Força Aérea, no ramo militar e por diversos Departamentos de Estado. Outras aplicações governamentais foram efectuadas na África do Sul, Canadá e Indonésia e, no ramo empresarial pela Xerox, Boeing, GE, U.S. Steel, etc. (Chen e Wang, 2005) (Palmer, 1999). A sua metodologia será alvo de análise detalhada, assim como será feita uma revisão literária acerca das críticas ao modelo. Posteriormente, será

apresentado um método alternativo, mais robusto, que será aplicado ao caso prático (o método M-MACBETH).<sup>1</sup>

## 2. Propósito da Investigação e Quadro Teórico

Sendo a FAP uma Organização sem fins lucrativos, a optimização dos custos torna-se uma das suas preocupações e um dos factores associados à tomada de decisão tanto a nível de substituição, como a nível de investimentos para melhoria e prolongamento da vida útil dos mesmos (Reis, 2001).

Um Sistema de Armas tem, ao longo do seu ciclo de vida, três fases de custos (McClive, 2000b):

- Investimento Inicial
- Operação e Apoio
- Abate

De acordo com Chambel (2003), no ciclo de vida, a sua contabilização é difícil pelo que é utilizada a analogia do icebergue para os descrever. No topo, à tona da água, apenas os custos de aquisição são visíveis. Abaixo da linha da água estão todos os restantes custos, que tendem a crescer exponencialmente à medida que nos deslocamos da fase madura de operação e apoio para o abate: custos de operação (pessoal utilizado e energia), custos de distribuição de produtos (transportes, tráfego e manuseamento de

---

<sup>1</sup> São diversos os projectos de consultoria que já utilizaram o *software* MACBETH no apoio à tomada de decisão: (1) avaliação de projectos ligados a investimento público e privado (Bana e Costa *et al.*, 2002) e (Porto, 1999), (2) avaliação de programas estruturais europeus (C3E, 1995), (3) desenho da nova ligação ferroviária para o Porto de Lisboa (Bana e Costa e Nunes da Silva, 1994) e (Bana e Costa *et al.*, 2001), (4) definição de prioridades na conservação, reparação e reconstrução no parque habitacional da região de Lisboa (Bana e Costa e Oliveira, 2002) (Bana e Costa *et al.*, 1994 e 1997), (5) desenho de um sistema de qualidade total para a Companhia de Gás de Lisboa (Bana e Costa e Corrêa, 2000), (6) sistemas de avaliação das companhias de serviço de suporte da Companhia de Gás de Lisboa (Oliveira e Lourenço, 2002), (7) definição de prioridades no Estado do Ceará, Brasil, para melhor lidar com épocas de seca (Silva e Bana e Costa, 2001), (8) plano de desenvolvimento estratégico da cidade de Barcelos (Bana e Costa, *et al.*, 1997 e 2001), (9) avaliação de competitividade de pequenas e médias empresas têxteis no Estado de Santa Catarina, Brasil (Bana e Costa e Corrêa, 1999), (10) avaliação de estratégias alternativas para atrair investimento de empresas do sector electrónico no Brasil, desenvolvimento de Porto Rico até 2025, avaliação de estratégias militares, análise de performance operacional da rede de distribuição eléctrica brasileira, avaliação estratégica da melhor localização para o novo Aeroporto Internacional de Lisboa, análise de uma nova ligação ferroviária através dos Pirinéus Centrais, estabelecimento de prioridades para uma conservação dos monumentos portugueses, etc. (Bana e Costa, *et al.*, 2003)

materiais), custos de software (operação e manutenção de software), custos de manutenção, custos de equipamento de teste e suporte, custos de dados técnicos, custos de formação e treino de operações e manutenção, custos de suporte de funcionamento (peças de substituição, inventários e suporte de materiais) e custos resultantes de equipamento obsoleto.

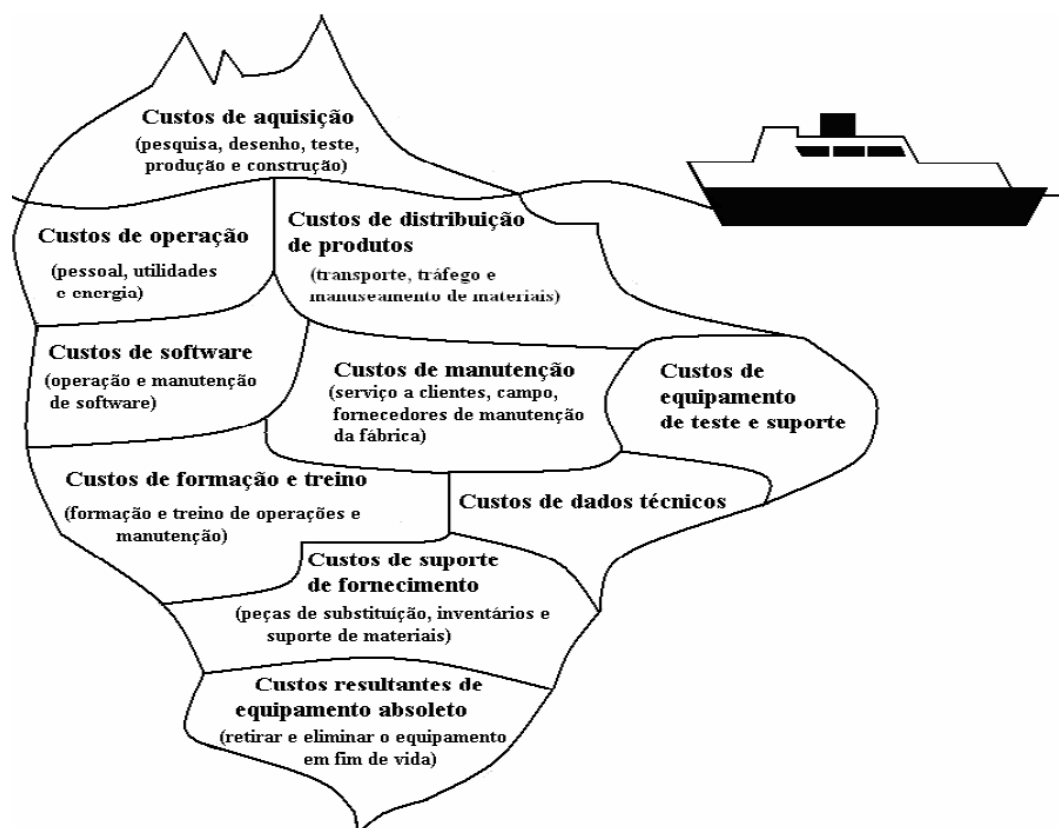


Fig. 1.: Efeito de icebergue no *Life Cycle Cost* (LCC)

Fonte: Chambel, 2003 (adaptado)

Uma vez que as actuais aeronaves de instrução da FAP se encontram numa fase próxima do abate (e por isso a sua manutenção ao serviço da organização implica custos excessivamente elevados e ineficiências nos resultados obtidos, provavelmente em termos de rácio benefício/custo), pondera-se a sua substituição. Para isso, aproveitando o âmbito das matérias leccionadas ao longo do Mestrado como por exemplo Análise de Investimentos, Investigação Operacional e Estratégia Militar, utilizando a base científica internacional, pretende-se aplicar, no âmbito da Defesa Nacional, a análise multi-critério no apoio à decisão relativamente à substituição de duas das frotas de aeronaves de instrução da FAP por uma nova.

### 3. Questões da Investigação

Como perguntas da investigação podem-se indicar as seguintes:

- É possível aplicar um método de análise multi-critério na organização FAP para a resolução do problema proposto?
- Como adaptar os critérios das decisões clássicas de investimento a um problema de carácter militar nacional?
- No caso em apreço, que solução é proposta?

A metodologia adoptada é a indicada por diversos autores, como por exemplo, Bana e Costa e Vansnick (1997a), ao sugerirem a metodologia multi-critério. Em síntese, estes autores subdividem a abordagem em duas fases:

- A construção do critério, dos ponderadores, para cada objectivo, isto é, a criação de um modelo de avaliação formal que represente a atractividade de cada factor para o avaliador ou equipe de avaliadores de acordo com um ou diversos cenários;
- A aplicação e exploração do procedimento de avaliação multi-critério. Tendo em conta informação recolhida através de entrevistas relacionar-se-á, através da função objectivo, a mesma com o critério definido no ponto anterior e far-se-á a sua avaliação sugerindo-se no fim a melhor opção a tomar.

### 4. Estrutura da dissertação e resultados a alcançar

A presente Dissertação encontra-se estruturada em cinco capítulos. O capítulo um refere-se à introdução, onde se faz uma primeira abordagem ao tema e sua envolvente.

No capítulo seguinte é efectuada a revisão da literatura, tendo-se recolhido informação teórica e diversos modelos alternativos a utilizar na resolução do problema em estudo, nomeadamente sobre análise multi-critério, os seus antecedentes e a sua validade neste caso particular. O capítulo três caracteriza a entidade objecto do estudo, a importância do investimento na formação do piloto na FAP e o enquadramento

legislativo inerente ao processo de concurso. No quarto capítulo procede-se à aplicação e análise da metodologia.

Finalmente, no último capítulo tecem-se algumas conclusões e indicam-se sugestões para futura investigação. Pretende-se alcançar, na medida do possível, a melhor opção de investimento. Ao identificar-se a melhor opção de investimento dever-se-á identificar também os pontos fortes e fracos dessa opção. O resultado obtido pretende-se robusto e pouco sensível a variações de ponderadores.

## Capítulo II – Revisão da Literatura

### 1. Breve Introdução

No ambiente externo às Forças Armadas, existem diversas técnicas e procedimentos para garantir o regular funcionamento de uma obra de elevada dimensão e para gerir projectos de envergadura assinalável. Segundo Reis (2001) um projecto tem certas características que o tornam diferentes da normal gestão empresarial: um início, um fim e um prazo, uma oportunidade única, cooperação de entidades numa base temporária, recursos limitados e uma sequência de actividades.

De acordo com Bernardino (2006), este identifica outras características, confluentes nos objectivos com as anteriores, que evidenciam o tamanho e o alcance, a profusão de meios, a descontinuidade de processos, o dinamismo e a evolução, a irreversibilidade, a influência externa e o risco, como traços fundamentais para algo ser tratado como um projecto.

Além do referido, para Tchemra (2009), problemas de decisão em geral envolvem a consideração de diferentes objectivos, frequentemente conflituosos entre si. Raramente uma opção é mais atractiva ou preferível às demais, considerando todos os objectivos.

Seguidamente será apresentado o que a ciência já discutiu sobre o assunto. A pesquisa bibliográfica foi orientada no sentido de aferir um procedimento metodológico na ajuda à tomada de decisão para o caso prático a ser desenvolvido nos Capítulos IV e V.

### 2. Desenvolvimento

#### 2.1 A complexidade da decisão nas organizações

A decisão nas organizações, segundo Bana e Costa (2006), depende de dois factores fundamentais: (1) Complexidade e (2) Incerteza. As grandes decisões, como as decisões de investimento, geralmente são complexas no sentido em que englobam um elevado esforço financeiro, custos e benefícios relacionados entre si com diferentes variações de ritmo, o que dificulta a identificação dos factores-chave para a tomada de decisão. Um investimento está sempre sujeito ainda ao factor incerteza. A dificuldade

em prever as consequências das acções tomadas deverá ser combatida através da definição clara dos objectivos a atingir, recolha de informação fidedigna, completa e organização no processo.

## 2.2 Procedimento Metodológico

Analiticamente e não intuitivamente, a Análise de Decisão é o desenvolvimento e a aplicação de metodologias e técnicas, de sólida base teórica, para ajudar a decisão nas organizações, em contextos diversos. Os fundamentos teóricos da Análise de Decisão, de acordo com Bana e Costa (2006), remontam: (1) à Teoria das probabilidades de Pascal e De Fermat (1654), (2) à Teoria da Utilidade de Bernoulli (1738), com fundamentos axiomáticos de von Neumann e Morgenstern (1947), e Savage (1951), e por último (3) à utilidade esperada que originou a Multiple Attribute Utility Theory (MAUT).

De acordo com Weingartner (1977) e Tchemra (2009), nos métodos multi-critério MAUT, métodos com base na corrente da Escola Americana e na qual o valor de um critério ou de uma alternativa para um decisor depende da sua utilidade na decisão, podem-se aplicar funções de utilidade ao modelo matemático do problema de decisão, pelas quais se reflectem a utilidade e preferências do decisor para cada critério em relação às alternativas possíveis. Posteriormente, Tchemra (2009), a Escola Europeia, com origem na Escola Francesa, na qual investigadores franceses desenvolveram o primeiro método multi-critério de análise de decisão (MCDA), compara pares de alternativas, na qual se procura estabelecer relações de superioridade entre as mesmas.

Para Bramont (1996), se é verdade que a procura da objectividade é uma preocupação importante, é crucial não esquecer que a tomada de decisão é, antes de tudo, uma actividade humana, sustentada na noção de valor e que, portanto, a subjectividade está omnipresente e é o motor da decisão.

Num problema de avaliação de opções dominado pela complexidade e incerteza existem modelos e técnicas de análise de decisão em que o decisor se pode apoiar. A abordagem utilizada como técnica de auxílio à decisão foi a abordagem sócio-técnica, (Bana e Costa, 2006). Este tipo de abordagem utiliza métodos de análise de decisão (componente técnica) em conferências de decisão (componente social) para construir

um modelo adequado às preferências do grupo. Podem-se enumerar como principais vantagens desta abordagem: (1) Combinação entre processo social e técnico e (2) experiência comprovada de alto valor em grupos menores, abertos a mudança e com decisões participativas. Desta forma, utilizam-se, de forma combinada, mais do que uma metodologia ou parte de metodologias, tendo em vista equacionar, da melhor forma, os diferentes problemas. Assim sendo, utilizam-se, entre os diversos actores, intervenientes decisores e o problema, três vectores essenciais: (1) Análise de Decisão Multi-critério geralmente auxiliada por software preparado para o efeito, (2) Consultoria de Processos de Grupo e (3) Conferências de Decisão.

### 2.3 Os métodos multi-critério de análise de decisão

O MCDA recorre ao denominado *Outranking* no sentido de classificar as diversas alternativas em categorias ou simplesmente ordená-las para obter a melhor alternativa segundo as preferências do decisor. Este tipo de métodos recorre a técnicas a serem utilizadas no sentido de: (1) identificar a melhor opção, (2) ordenar opções, (3) distinguir as possibilidades viáveis de não viáveis (Dogson *et al.*, 2001). Permite ainda conjugar os conceitos analíticos e metodológicos da engenharia com a conversão de informação em acção através da tomada de decisão da gestão.

Bramont (1996), refere que as preferências de um indivíduo racional, no caso decisor, podem ser descritas por relações de preferência ou atractividade, definidas no conjunto, de opções de acções ou alternativas possíveis. Segundo o mesmo autor, os axiomas básicos da teoria da decisão são: (1) axioma da ordinalidade e (2) axioma da transitividade.

Pelo axioma da ordinalidade, o indivíduo é sempre capaz de expressar a sua preferência entre duas opções de acções. De acordo com o axioma da transitividade, o decisor deve ser consistente nos seus julgamentos: se ele julga que  $a$  é tão ou mais atractivo que  $b$  e se  $b$  é tão ou mais atractivo que  $c$  então necessariamente  $a$  tem de ser tão ou mais atractiva que  $c$ .

Os problemas de decisão em geral envolvem a consideração de múltiplos objectivos, frequentemente conflituantes entre si. Raramente uma opção de acção é mais atractiva ou preferível às demais, considerando todos os objectivos (Bramont, 1996). Segundo Bana e Costa e Vansnick (1995) administrar um negócio, que exige decisões

frequentes, é ponderar uma variedade de necessidades e metas e isso requer múltiplos objectivos. De acordo com o mesmo autor a tomada de decisão é um esforço para resolver o dilema de objectivos conflitantes, cuja presença impede a existência da solução óptima. De acordo com Bramont (1996), os objectivos podem ser *neutros*, *complementares* ou *concorrentes* entre si. Dois objectivos são *neutros* quando a contribuição para um deles não afecta os restantes. Dois objectivos são *complementares* quando, ao contribuir para um deles, também se contribui para o outro. Objectivos *concorrentes* efectivamente configuram um problema de decisão, pois a contribuição para um deles implica prejuízo para o outro.

Segundo Bramont (1996) o conceito *tradeoff* é importante em metodologias de *Multiple Criteria Decision Making (MCDM)*. Graficamente esse conceito é facilmente exemplificado por curvas de indiferença e a relação entre o número de unidades do objectivo 1 que o decisor está disposto a perder, em troca de um aumento de unidades do objectivo 2 é representável.<sup>2</sup>

De acordo com Bana e Costa e Phillips (2007) e Tchemra (2009) os métodos MCDA utilizam técnicas que oferecem melhor compreensão do problema e apoiam a decisão durante o processo, quando inseridos em contextos, geralmente multidisciplinares, ajudando ainda na comunicação entre departamentos para que a organização tenha a perfeita noção do que pretende a nível estratégico na tomada de decisão tendo em conta os seus objectivos primários. A transparência dos métodos torna fácil a sua actualização face às necessidades da organização e permite o controlo do processo de tomada de decisão em especial nas organizações do sector público.

De acordo com o tipo de classificação referenciada em Bramont (1996) quando o número de opções de acções é limitado e essas podem ser caracterizadas por desempenhos em pontos - *scores*, relativos aos critérios considerados, o problema é de Decisão com Múltiplos Atributos (MADM). Problemas de MADM normalmente envolvem a utilização de parâmetros determinísticos; questões de incerteza podem ser consideradas em análises de sensibilidade e de cenários. Quando se trabalha com o conceito de *utilidade* esperada, o problema é de Teoria da Utilidade com Múltiplos

---

<sup>2</sup> A fundamentação teórica para problemas de MCDM pode ser encontrada, mais detalhadamente, em Zimmermann e Gutsche (1991), Bana e Costa (1990), Fishburn (1989), French (1986), Fander e Spronk (1985), Roy e Vincke (1981), Keeney e Raiffa (1976) e Fishburn (1970).

Atributos (MAUT), sendo utilizados parâmetros probabilísticos. No caso das opções de acções serem definidas considerando um conjunto de critérios e/ou alternativas contínuos com restrições, tem-se um problema de Decisão com Múltiplos Objectivos (MODM), sendo utilizados métodos de programação matemática. Quando o objectivo da análise é a maximização da satisfação da sociedade, sendo necessário levar em consideração a opinião de grupos de pessoas, estamos perante um problema de Teoria da Escolha Pública (PCT).<sup>3</sup> Em Bramont (1996), problemas de MCDA são classificados quanto ao tipo de critérios.

A terminologia MCDA será a adoptada neste trabalho por ser mais abrangente e mais difundida. Como principais modelos desta terminologia de acordo com Bramont (1996) temos: (1) modelos envolvendo ordenação lexicográfica, (2) modelos *outranking* e *fuzzy* e (3) modelos aditivos.

- (1) Na ordenação lexicográfica, as opções são ordenadas de acordo com seus desempenhos, em relação ao critério mais importante. Caso haja empate entre duas ou mais opções, essas são ordenadas em relação ao critério seguinte e assim sucessivamente, até haver desempate. Segundo Bramont (1996) apesar de simples e fácil de usar, este modelo apresenta o inconveniente de não considerar todos os critérios.
- (2) Os modelos *outranking* ou de concordância, segundo o mesmo autor, procuram representar o caso particular de opções de acções não comparáveis, em situações em que o decisor *não pode, não quer ou não sabe como* comparar essas opções, devido à desconfiança relacionada à imprecisão nos dados.<sup>4</sup>

Uma limitação dos modelos *outranking* é a dificuldade na estimativa dos limites de ponderação (Bramont, 1996). Segundo o mesmo autor, o principal ponto fraco dos

---

<sup>3</sup> Aplicações práticas de problemas envolvendo PCT são mostradas em Keeney *et al.* (1990) e em Edwards (1977). Outros tipos de classificação são mostrados em Silveira (1995), Rodrigues (1994), Santana (1994), Stewart (1992) e Bana e Costa (1990).

<sup>4</sup> Dentro dos modelos *outranking* mais utilizados figuram o ELECTRE (*Elimination and Choice Translating Reality*) e o PROMETHEE (*Preference Ranking Method for Enrichment Evaluation*) (Korhonen *et al.*, 1992). Análises críticas das diversas metodologias de MCDM são mostradas em Silveira (1995), Rodrigues (1994), Santana (1994), Stewart (1992), Bana e Costa (1990), Massam (1988) e Voogd (1983).

modelos que utilizam a ponderação, está relacionado com o procedimento de certa forma arbitrária de definir os limites de ponderação, os quais são decisivos para a determinação do grau de dominância entre as alternativas consideradas par a par. Além disso, tais modelos garantem, em geral, apenas a eliminação das piores alternativas, isto é, daquelas que são sempre dominadas pelas restantes.

Bramont (1996) refere que os modelos *fuzzy* também são aplicados em situações em que o decisor não apresenta a sua estrutura de preferências bem definida. Tanto os modelos *outranking* como os *fuzzy* são aplicados quando os axiomas básicos da ordinalidade e transitividade podem não estar a ser respeitados na sua totalidade.

(3) Bramont (1996) afirma que os modelos aditivos são os mais conhecidos e utilizados em MCDM, tanto pela sua relevância para problemas reais como pela sua relativa simplicidade. O problema de decisão pode ser estruturado de maneira que a função objectivo ocupe o nível mais alto, vindo a seguir os critérios e subcritérios - quando for o caso - e as opções de acções. Importa ainda referir que segundo o mesmo autor:

- (a) A função multi-critério, nos modelos aditivos, é aditiva, sendo necessário que os critérios sejam mutuamente independentes quanto à preferência.
- (b) Modelos aditivos são compensatórios: o desempenho superior de uma alternativa em relação a uma outra, frente a um critério, pode compensar seu desempenho inferior em relação a essa mesma alternativa, frente a um outro critério.
- (c) Se os *tradeoffs* entre os critérios forem constantes, pode-se utilizar pesos constantes para refletir as importâncias relativas dos critérios. Para Watson e Freeling (1982) e Keeney e Raiffa (1976), é importante notar que os pesos dos critérios podem variar em função das suas escalas de medidas.

### 2.3.1 Metodologia AHP

Boucher e MacStravic (1991) afirmam que a metodologia AHP é porventura o método mais famoso dos métodos multi-critério MAUT. O AHP foi desenvolvido por Thomas L. Saaty em meados da década de 1970.

Com sólida base matemática, o AHP é simples (Crowe *et al.*, 1998), capaz de avaliar informação objectiva e subjectiva (Forman e Gass, 2001), de carácter, tangível ou intangível e por isso utilizado na decisão em diferentes contextos, (por exemplo, económico, político, social ou ambiental) comprovados em situações como a estruturação de uma rede de relações que permitisse encontrar as capacidades chave na decisão em empresas fabris que utilizassem o Balanced ScoreCard como método de avaliação (Hafeez *et al.*, 2002), na selecção de vendedores de sistemas de telecomunicações numa empresa de Hong Kong (Tam e Tummala, 2001), na avaliação de helicópteros de ataque através de variáveis linguísticas (Cheng *et al.*, 1999), na selecção de sistemas de subcontratação (Shiau *et al.*, 2002) e na selecção de subsídios em I&D por área de investigação em Taiwan (Huang *et al.*, 2008).

O AHP tem como princípios básicos (Saaty, 1994) três fases do seu processo: (1) princípio da decomposição, esmiuçando os problemas em partes menos complexas, considerada por Simon (1960) como a melhor maneira de se lidar com a complexidade, hierarquizando, incluindo critérios, subcritérios e alternativas para essa hierarquização, (2) princípio da distinção comparativa, em que atendendo às limitações cerebrais do Homem apenas somos capazes de comparar alternativas dentro de um determinado limite e (3) princípio da hierarquia, que agrega *classificações* realizadas para cada alternativa em cada critério até ordenar finalmente as opções de decisão.

Na fase da decomposição, o AHP procura simplificar o problema numa estrutura hierárquica descendente semelhante a uma árvore genealógica.

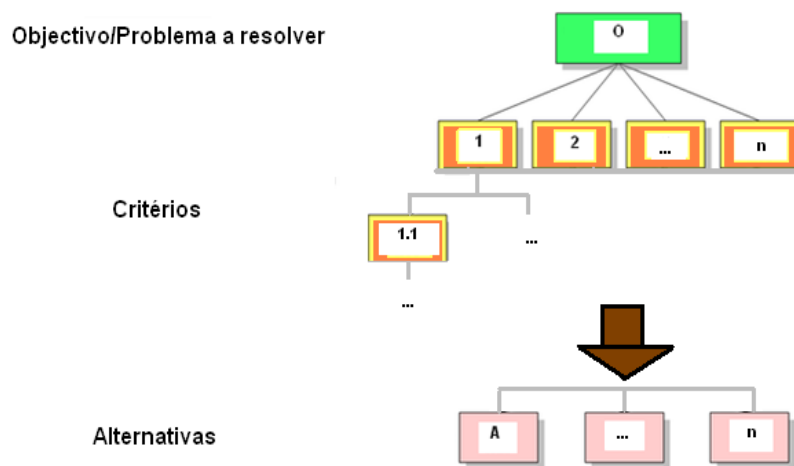


Fig. 2.: Exemplo genérico da estrutura hierárquica de problemas de decisão

Fonte: Meixner e Haas, 2002 (adaptado)

Estruturado e decomposto em partes, no topo da estrutura temos o objectivo da decisão, seguido pelos diversos critérios e subcritérios caso existam e as alternativas de solução do problema. Deste modo, ao decompor-se o problema, o factor incerteza é melhor compreendido e pode ser analisado de forma independente. Citando Voogd (1983), Bramont (1996) refere que a árvore hierárquica deve ser construída de forma que todos os elementos importantes para a avaliação da decisão sejam considerados e se necessário for alterados.

De acordo com o mesmo autor, citando Ensslin (1995), a escolha dos critérios a serem utilizados na avaliação é muito importante. Para Bana e Costa *et al.*, (1999), o conjunto de critérios deve ser abrangente e mínimo, sem redundância. Bramont (1996) citando White *et al.*, (1984) refere que é importante evitar a *dupla-contagem*.

Relativamente à fase da distinção comparativa são efectuadas comparações entre pares de alternativas (*pairwise comparisons*) no sentido de apurar qual das opções se sobrepõem a outra (Toma e Asharif, 2003). Estas comparações permitem a construção de matrizes (uma para cada alternativa ou critério em causa). Segundo Saaty (1994) (ver Tabela 1) o decisor julgará de acordo com a importância atribuída a cada critério  $c_i$  em relação a outro  $c_j$ , numa escala de valores definida pelo decisor, gerando uma matriz de distinção.

	$C_1$	...	$C_i$	$C_j$	...	$C_m$
$C_1$	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...
$C_i$	...	...	$E_{ij}$	$E_{ij}$	...	...
$C_j$	...	...	$E_{ij}$	$E_{ij}$	...	...
...	...	...	...	...	...	...
$C_m$	...	...	...	...	...	...

Tabela 1.: Matriz genérica, do tipo *pairwise* entre critérios

Fonte: Saaty, 1994 (adaptado)

O método propõe ao decisor a atribuição de critérios e classificações a alternativas separadamente em pequenos grupos e não de forma igualitária, ainda que através de comparações subjectivas do género – “igualmente importante”,

“moderadamente mais importante”, “fortemente mais importante”, “muito fortemente mais importante”, e “extremamente mais importante” – efectuadas numa escala dentro das capacidades de comparação do Homem (1, 3, 5, 7 e 9). Para  $m$  critérios, são necessários  $m(m-1)/2$  comparações. Segundo Saaty, (2003), o número de critérios não deve ser superior a 7, devido a razões de consistência. Para esta conclusão o autor partiu do princípio que para uma maior quantidade de critérios, a diferenciação tende a tornar-se inconsistente pelas dificuldades próprias do decisor.<sup>5</sup>

Bramont (1996) citando Fander e Spronk (1985) afirma que o AHP também pode ser considerado como um Modelo Aditivo Linear. Um tipo de modelo aditivo utiliza funções individuais de *valor* lineares e, em vez de pesos dos critérios, adota coeficientes de *valor*, que indicam a importância relativa de cada critério. A função multi-critério de *valor* correspondente tem a forma:

$$V(z_1, z_1, \dots, z_k) = v_1(z_1) + v_2(z_2) + \dots v_k(z_k), \text{ onde: (2)}$$

- $v_i(z_i) = c_i z_i$  é uma função individual de *valor* relativa ao critério  $i$ ;
- $c_i$  é o coeficiente em unidades de *valor* por unidades físicas do critério  $i$ ;
- $z_i$  é o desempenho da alternativa frente ao critério  $i$  em unidades do critério  $i$  e
- $k$  é o número de critérios.

Os critérios escolhidos devem apresentar unidades físicas mensuráveis, o que pode ser uma limitação do modelo, compensável, entretanto, pela simplicidade do modelo e redução da subjectividade no processo decisório; o decisor fará julgamentos de *valor* apenas quando estimar os *valores* dos coeficientes. Para estimar os coeficientes, o decisor aloca pontos de *valor* para os diversos critérios, representados nas suas unidades físicas. Esses pontos não precisam ficar limitados a escalas pré-estabelecidas, sendo necessário, que reflectam as importâncias relativas dos critérios.

---

<sup>5</sup> Comparações entre os diversos métodos de atribuição de pesos são mostradas em Weber e Borcharding (1993), Borcharding *et al.*, (1991), Schoemaker e Waid (1982) e Eckenrode (1965), não se podendo afirmar qual o método melhor, mesmo porque "não há critério para determinar qual é o peso verdadeiro" (Weber e Borcharding, 1993). Há defensores e críticos para todos os métodos.

Para Vilas Boas (2006) a principal vantagem deste método é o facto de se distinguirem pares de alternativas. Belton (1986) e Boucher e MacStravic (1991), assim como para Vilas Boas (2006) uma das principais vantagens deste método consiste na incorporação de um teste de consistência com capacidade para medir a inconsistência entre pares de alternativas e assim ajudar a assegurar que apenas factores importantes sejam utilizados. No entanto, para Bramont (1996), embora a sua aplicação tenha sido muito difundida na literatura, muitas críticas têm surgido, citando Dyer (1990), indicando resultados discutíveis na sua aplicação, citando Boucher e MacStravic (1991). Smith e von Winterfeldt (2004), Bana e Costa e Vansnick (2001), e Bernasconi *et al.*, (2009), duvidam da eficácia do modelo e criticam-no.

A Tabela 2, apresenta resumidamente as principais desvantagens deste modelo:

Tabela 2 – Vantagens e desvantagens do AHP

<b>Desvantagens</b>
Utilização do vector próprio para obter prioridades não respeita a condição ordinária de preferência (COP) obtida do decisor e que é precisamente uma das condições a preservar pois obedece a um conjunto de comportamentos chave para se fazer uma análise real adequada (Watson & Freeling, 1982) (Belton and Gear, 1983) (Bana e Costa e Vansnick, 2001 e 2008) <sup>6</sup>
Na conversão da escala verbal para numérica a correspondência entre as duas escalas baseia-se em pressupostos não testados, os algoritmos para determinação da escala numérica são de complexidade não polinomial (escala de 1 a 9) (Belton, 1986)
A ponderação dos factores é obtida sem relação às escalas nas quais os atributos são medidos (Boucher & MacStravic, 1991) (Belton & Gear, 1983) (Watson & Freeling, 1982)
Falhas nos métodos de agregação dos pesos individuais nos pesos compostos (Bernasconi, Choirat e Seri, 2009)
Não é permitida uma análise flexível dos resultados e não se consegue comparar opções pelos seus pontos fortes e fracos dentro dos critérios e sub-critérios previamente definidos (Tam e Tummala, 2001)
Base axiomática não fundamentada (Dyer, 1990)

Fonte: Vilas Boas, 2006 (adaptado)<sup>6</sup>

<sup>6</sup> COP define que para todos os elementos  $a, b, c$  e  $d$  tais que  $a$  domina  $b$  e  $c$  domina  $d$  (de acordo com um avaliador  $J$ ) se as diferenciações de  $J$  indicam que o ponto em que  $a$  domina  $b$  é maior que o ponto em que  $c$  domina  $d$ , então o

Além dos autores referidos anteriormente, Smith e Winterfeldt (2004) e Dyer (1990), afirmam que este método é muitas vezes criticado pelo facto de se distanciar dos axiomas clássicos da teoria de utilidade ou pela utilização de base axiomática não fundamentada.

Para Bramont (1996), citando Belton e Gear (1983), o ponto central em debate deve-se à inserção de novas alternativas poder modificar posições relativas de posições originais, isto é, há interferência de novas alternativas na ordenação gerada também conhecida por reversão no ranking e à existência de novas versões baseadas na técnica do AHP que contempla a crítica anterior (Pérez, 1995). Forman e Gass (2001) admite em 1987 a existência de reversão no ranking no AHP, tal como à sua semelhança, Belton e Gear o haviam discutido em 1982 e posteriormente Dyer em 1990. A reversão de ranking ocorre quando se insere uma alternativa nova ao modelo criado e este altera a avaliação final gerada anteriormente. O exemplo mais simples ocorre quando numa eleição existem dois candidatos e supondo que o primeiro vence o segundo mas a existência de um potencial terceiro candidato influencia a votação final de tal forma que o segundo ganha as eleições à frente do primeiro e terceiro contrariamente ao que sucederia se fossem apenas os dois primeiros candidatos a votos. Segundo Forman e Gass (2001), esta discussão é antiga e surge cientificamente em artigos de autores como Saaty (1990), Dyer (1990), Forman (1987) e Huber (1983). Segundo Bramont (1996) e Vargas (1990), na literatura existem vários defensores do AHP. Boucher e MacStravic (1991) é um dos amenizadores das limitações do AHP. Os defensores do AHP rejeitaram sempre a crítica dos fundamentos normativos argumentando que os mesmos não são baseados na teoria da utilidade mas sim numa teoria de medição (Harker e Vargas 1987 e 1990) (Saaty 1986) e (Forman e Gass 2001). De acordo com Forman e Gass (2001), Saaty chega mesmo a discutir situações em que segundo ele não se

---

vector de prioridades  $w$ :  $X$  deverá ser tal que  $w(a)/w(b) > w(c)/w(d)$  [Bana e Costa e Vansnick (2001)]. Existem diversas opções de *software* para aplicar o método AHP: HIPRE3+, Criterium, AUTOMAN, NCIC e *Expert Choice*. O último é o mais utilizado e define-se como um software baseado no AHP que simplifica a construção da cadeia hierárquica de factores e prioridades a atribuir a cada um deles. Graças a ele, decisões complexas em comparações *pairwise* são exequíveis e de modo a que os resultados apareçam sintetizados, proporcionando aos gestores uma decisão que deve ser fundamentada numa boa análise de sensibilidade específica para alterações de preferência do decisor (Yang e Lee, 1997). A síntese de dados e o desenvolvimento de prioridades são dois factores positivos a também ter em conta neste software. Pode ser utilizado para (1) selecção de alternativas, (2) análises custo/benefício, (3) estimativas, (4) gestão de recursos materiais, (5) avaliação de recursos humanos, (6) previsão de despesas, (7) planeamento de cenários e (8) facilitar decisões em grupo.

justifica a preservação do ranking. No entanto de acordo com o que conclui Bramont (1996) citando (Holder, 1990) e (Dyer, 1990) as tentativas de amenizar as críticas não foram suficientes para tornar o método confiável.

### 2.3.2 Metodologia MACBETH

O MACBETH, desenvolvido por um autor português, Professor Carlos António Bana e Costa (IST-UTL), será o método analisado posteriormente.

Em Bana e Costa e Vansnick (1994), é apresentado o método MACBETH, incorporando um teste de consistência dos julgamentos do decisor. Como o AHP, o MACBETH apresenta uma escala *nominal* de julgamentos; entretanto, o MACBETH utiliza uma escala de *diferenças* ou *intervalar* (Bana e Costa e Vansnick, 1994). Esta escala permite a comparação par a par entre critérios e segundo intervalos qualitativos de julgamentos. Entretanto, nos outros métodos de avaliação o processo interrogatório apresenta sérios problemas de operacionalidade. Um deles é a obrigação do avaliador responder a questões muito difíceis nas quais estão envolvidas decisões comparativas entre as diferenças de preferência entre dois pares de acções. Em contrapartida a estas dificuldades, a metodologia MACBETH (Bana e Costa e Vansnick, 1994) apresenta uma nova abordagem ao problema da construção de valor cardinal sobre "A" a partir de juízos absolutos de diferença de atractividade, pois existem parametrizados, por ordem decrescente de atractividade, critérios que permitem efectuar essa mesma distinção comparativa.

A metodologia MACBETH trabalha com os conceitos de intensidade de preferência que são expressos através da expressão de julgamentos absolutos de diferença de valor (atractividade) entre duas acções. O método não consiste apenas em perguntar questões que envolvem quatro acções, do tipo: a diferença de atractividade entre "a" e "b" é maior, igual ou menor que a diferença de atractividade entre "c" e "d"? O método propõe em alternativa envolver apenas duas acções de cada vez, colocando ao avaliador perguntas mais simples que exigem dele apenas a elaboração de juízos absolutos sobre a diferença de atractividade entre duas acções. Assim sendo, a análise par a par implica segundo Bana e Costa e Vansnick (1994) que a seguinte pergunta deva ser elaborada:

*"Dados os impactos  $I(a)$  e  $I(b)$  de duas acções potenciais "a" e "b" de um critério "A" segundo um ponto de vista fundamental  $PVF_j$ , sendo "a" julgada mais atractiva (localmente) que "b", a diferença de atractividade entre "a" e "b" pode ser considerada "fraca", "forte",...?"* (Bana e Costa e Vansnick, 1994)

A metodologia introduz uma escala semântica formada por algumas categorias de diferença de atractividade, sendo que esta escala representa um intervalo de recta real que é associado a cada uma das categorias com intervalos não fixados anteriormente.

MACBETH é uma metodologia de análise de decisão que permite a avaliação de opções comparando-as qualitativamente em termos das suas diferenças de atractividade em múltiplos critérios (Bana e Costa, De Corte e Vansnick., 2005). Ao longo da sua abordagem de processo consultivo engloba 4 fases (1) análise de contexto e estruturação do processo de ajuda à decisão, (2) estruturação dos elementos de avaliação, (3) desenvolvimento do modelo multi-critério de avaliação e (4) análise de sensibilidade e elaboração de recomendações. Comparativamente com um software da escola norte-americana, o MACBETH inova pelo facto de introduzir a possibilidade de gerar escalas numéricas baseadas em comparações de atractividade importantes quando estas são difíceis de traduzir (intervalos de valor podendo ser facilmente adaptados para um modelo de ponderação variável, contrariamente ao AHP), pois geralmente são preferências pessoais. Ao ser permitida a adaptação para um modelo de ponderação variável o decisor pode definir intervalos percentuais de ponderação para cada critério em vez de fixar uma percentagem a esse mesmo factor decisório permitindo assim que a decisão seja mais flexível e correcta. É mais simples para um utilizador distinguir opções através de dados qualitativos. O MACBETH consome menos tempo a alcançar a melhor decisão e permite determinar níveis de consistência, fazer uma análise de robustez e posterior discussão dos resultados obtidos (Bana e Costa e Chagas, 2004). Em termos históricos, (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2003), o MACBETH surge-nos por volta de 1990 como resposta a como construir um intervalo de preferências num leque de opções sem forçar os avaliadores a produzir representações numéricas directas das suas próprias preferências. O MACBETH permite o questionário ao par de opções, requerendo apenas uma distinção qualitativa acerca das diferenças de atractividade entre opções. Seis categorias semânticas são utilizadas para distinguir estas opções: (1) "muito fraca", (2) "fraca", (3) "moderada", (4) "forte", (5) "muito forte" e (6) "extrema" que deverão ser representadas através de intervalos numéricos disjuntos

determinados conjuntamente numa escala numérica para as opções. O decisor começa por ser interrogado acerca das preferências relativamente a duas opções  $a$  e  $b$  de acordo com um determinado critério  $A$  (julgamento comparativo) e, se  $a$  for considerado mais atractivo que  $b$ , o decisor é interrogado para julgar de forma absoluta sobre essa mesma diferença de atractividade que ele sente existir entre  $a$  e  $b$ , através da escolha de uma das diferentes seis categorias semânticas referidas anteriormente. Para facilitar a expressão dos julgamentos de avaliação absoluta entre os pares são construídas matrizes. Supõe-se que,  $A = \{a_n, a_{n-1}, \dots, a_1\}$  é o conjunto de  $n$  acções a avaliar, em que estas já estão ordenadas por ordem decrescente de atractividade  $a_n P a_{n-1} P \dots a_1 P$ , não existindo indiferença em nenhum caso. Para cada ponto de vista é construída uma matriz triangular superior, onde  $i > j \in \{1, 2, \dots, n\}$ ,  $a_{ij}$  toma o valor  $K \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ , se o avaliador julgar que a diferença de atractividade do par  $(a_i, a_j)$  pertence à categoria  $C_K$  (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2005). Este procedimento aplicável na totalidade de matrizes de julgamento consiste: (1) Classificar para cada par ordenado de elementos  $(x, y)$ , correspondendo a uma célula da parte superior à diagonal da matriz de julgamentos um número  $n(x, y)$  e (2) Classificar para cada par ordenado  $(z, w)$ , com  $z$  mais atractivo que  $w$ , um numero  $n(z, w)$  em que:

$$n(z, w) = n(z, x_1) + n(x_1, x_2) + \dots + n(x_{k-1}, x_k) + n(x_k, w))$$

onde  $(z, x_1), (x_1, x_2), \dots, (x_{k-1}, x_k)$  e  $(x_k, w)$  são pares ordenados de elementos correspondentes à parte superior da diagonal da matriz de julgamentos.

De salientar que não é necessário o preenchimento completo da matriz para que a escala seja criada, no entanto, quanto mais informação se tiver maior o nível de credibilidade da mesma, pois esta contempla situações em que o decisor não sabe fazer a distinção entre os critérios. Se (1) e (2) se aplicar a todos os elementos  $x, y, z, w$  com  $x$  mais atraente que  $y$  e  $z$  mais atraente que  $w$ , se a diferença de atractividade entre  $x$  e  $y$  será maior que a diferença de atractividade ente  $z$  e  $w$ , então  $n(x, y) \geq n(z, w) + 1 + \delta(x, y, z, w)$  em que  $\delta(x, y, z, w)$  é o número mínimo de categorias de diferença de atractividade entre a diferença de atractividade de  $z$  e  $w$ . Se (1) e (2) não se aplicar o procedimento para encontrar a escala básica MACBETH é mais complexo (Bana e Costa e Vansnick, 1997a).

Durante este questionário o analista preenche a matriz de juízos de valor e analisa se ela apresenta consistência semântica e após esta análise são aplicados os programas MACBETH 1 e 2. O programa MACBETH1 tem por objectivo analisar a coerência conjunta dos julgamentos expressos pelo avaliador. A saída do programa 1 é o índice de incoerência MACBETH representado por  $C$ , onde duas situações podem ocorrer:

- Situação 1:  $C_{\min} = 0$  - consistência cardinal;

- Situação 2:  $C_{\min} > 0$  - inconsistência cardinal e isto significa que não é possível representar numericamente os julgamentos verbais do avaliador.

Se os julgamentos feitos forem coerentes o programa MACBETH2 dá a solução para o problema sugerindo uma escala cardinal, " $v(a)$ ", bem como determina números reais correspondentes aos limiares que satisfaçam as restrições dadas no programa. Após a verificação de consistência cardinal o restante programa, quando necessário, aponta fontes de inconsistência. Caso os julgamentos sejam inconsistentes, o MACBETH também dá a solução, porém é mais indicado que numa perspectiva interactiva o avaliador reanalise seu julgamento inicial. Portanto, com estas informações disponíveis, o analista volta a interagir com o avaliador, para rever julgamentos que possam ter levado a uma inconsistência cardinal e finalmente validar a escala proposta.

A metodologia MACBETH propõe ao avaliador certas hipóteses de trabalho na elaboração de seus julgamentos absolutos. Estas hipóteses traduzem pela verificação de aspectos relativos e verificação de uma condição mínima de consistência o significado substantivo dos julgamentos. De facto, a interactividade esteve na génese do desenvolvimento do software MACBETH permitindo uma aproximação ao utilizador mais agradável e uma representação gráfica da escala de valores MACBETH. Uma vez feitos os julgamentos absolutos de valor para cada ponto de vista fundamental (PVF), é necessária a obtenção de informações de natureza inter-PVF, isto é, é preciso determinar a importância relativa entre eles. Portanto, deve-se fazer uso de uma regra de agregação de maneira que se obtenha uma avaliação global das alternativas.

Segundo Bana e Costa e Vansnick (1995), uma das questões mais comuns nos problemas de tomada de decisão diz respeito a escolha do processo de agregação, o qual

deverá respeitar o sistema de preferências dos decisores. O processo seleccionado deve ter uma estrutura matemática facilmente compreendida pelos vários decisores. Além disto, deve garantir que a introdução de uma nova acção, não irá mudar suas posições relativas no final da ordenação.

A avaliação global de uma alternativa utilizando-se um modelo de agregação aditivo simples dos pontos de vista fundamentais, conforme Gomes *et al.*, (2008) citando Kao e Hung (2007), é dada por:

$$V(a) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(a)$$

$$\text{com, } \sum_{j=1}^n p_j = 1 \quad \text{e} \quad 0 < p_j < 1$$

Os parâmetros  $p_j = 1, \dots, n$ , são as importâncias relativas, ou taxas de substituição ou factores de escala que permitem transformar em unidades de valor global uma unidade de valor parcial, segundo cada PVF. Segundo os mesmos autores, citando Bana e Costa e Vansnick (1995), (1997a), (1999a) e Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2005), este modelo, também aplicado no método AHP tem a desvantagem de inviabilizar o uso de um modelo de pesos variáveis, mas quando aplicado no método MACBETH, apesar de aparentemente ser um método de pesos fixos, possibilita que o decisor escolha um valor dentro de um intervalo, podendo ser facilmente adaptado para um modelo de pesos variáveis que se revelará no presente trabalho fundamental para se proceder à resolução do caso prático desenvolvido.

Bramont (1996) refere que o facto dos pesos no modelo aditivo serem taxas de substituição, que operacionalizam a noção de compensação, obriga que a sua determinação seja feita referenciando as escalas de impactos dos pontos de vista. Assim todos os procedimentos de ponderação baseiam o cálculo das taxas de substituição nas respostas dos avaliadores às questões, os quais requerem da parte destes a comparação entre as alternativas de referência. O processo de determinação das taxas de substituição ocorre em duas etapas principais. A primeira etapa consiste em colocar os pontos de vista fundamentais numa ordem hierárquica de importância. Para proceder esta ordenação Bramont (1996) citando Bana e Costa e Vansnick (1995) reafirma que é

necessário estabelecer alternativas de referência para comparação. Estas alternativas de referência são definidas com base nos níveis Bom e Neutro, dentro dos vários níveis de impacto, para cada PVF. Definidas as alternativas de referência, solicita-se ao avaliador que exprima julgamentos holísticos sobre os pontos de vista fundamentais respondendo a questões como a seguinte:

*"Tendo os pontos de vista fundamentais  $PVF_1$  e  $PVF_2$  ambos no nível neutro, seria mais atractivo passar para o nível bom no ponto de vista fundamental  $PVF_1$  ou no  $PVF_2$ , mantendo um nível constante em todos os restantes?"*

Por exemplo, é preferível passar de uma situação  $a_0$  para  $a_1$  ou de  $a_0$  para  $a_2$ ?

Sendo que:

$$a_0 = \{PVF_1(\text{neutro}), PVF_2(\text{neutro}), \dots, PVF_j(\text{neutro}), \dots, PVF_n(\text{neutro})\}$$

$$a_1 = \{PVF_1(\text{bom}), PVF_2(\text{neutro}), \dots, PVF_j(\text{neutro}), \dots, PVF_n(\text{neutro})\}$$

$$a_2 = \{PVF_1(\text{neutro}), PVF_2(\text{bom}), \dots, PVF_j(\text{neutro}), \dots, PVF_n(\text{neutro})\}$$

$$a_j = \{PVF_1(\text{neutro}), PVF_2(\text{neutro}), \dots, PVF_j(\text{bom}), \dots, PVF_n(\text{neutro})\}$$

$$a_n = \{PVF_1(\text{neutro}), PVF_2(\text{neutro}), \dots, PVF_j(\text{neutro}), \dots, PVF_n(\text{bom})\}$$

O questionário é repetido até que todos os pontos de vista tenham sido comparados entre si. Com as respostas, preenche-se uma matriz onde cada elemento  $X_{i,j}$  vai assumir o valor 1 se passar do nível bom no  $PVF_i$  for considerado mais atractivo que no  $PVF_j$  ou o valor 0, caso não seja considerado atractivo.

A ordenação dos pontos de vista é obtida somando-se o valor dos elementos  $X_{i,j}$  em cada linha. Quanto maior o somatório da linha mais atractivo é o ponto de vista. Obtida a ordenação dos pontos de vista fundamentais é necessário identificar o juízo de valores dos decisores de forma a obter a quantificação das taxas de substituição. A quantificação destas taxas obtém-se com a construção de uma matriz onde os elementos estarão ordenados numa sequência decrescente de importância, com o ponto de vista considerado mais importante situado na linha mais a esquerda. O princípio de preenchimento da matriz de juízos de valor para a determinação das taxas de substituição, ou coeficientes de ponderação, é similar aquele utilizado na construção das escalas de valor cardinais para os níveis de impacto de cada ponto de vista. Portanto, é baseado em julgamentos absolutos de diferença de atractividade utilizando as seis

categorias semânticas do MACBETH Introduce-se nesta matriz uma alternativa fictícia  $A_0$ , com a finalidade de fixar o zero da escala de maneira que as informações a respeito do ponto de vista fundamental considerado como menos importante não sejam perdidas. Esta alternativa fictícia possui nível neutro em todos os pontos de vista. Uma vez construída a matriz de juízos de valor para as informações inter-PVF, o MACBETH fornece uma escala cardinal de valor, que depois de normalizada fornece os valores das taxas de substituição para todos os pontos de vista fundamentais.

O último passo num processo de apoio multi-critério à decisão, antes de passar à avaliação global propriamente dita, é a determinação do impacto de cada acção sobre cada um dos pontos de vista fundamentais, ou seja, a determinação do perfil de impacto das acções potenciais. Uma vez que foram definidos os descritores de impacto para cada ponto de vista fundamental e construída uma escala de preferências local sobre um ponto de vista, é necessário ainda, para tornar este PVF operacional, a definição de indicadores de impacto. Um indicador de impacto Bramont (1996) citando Bana e Costa (1992) permite "projectar" uma alternativa de projecto sobre os descritores do modelo multi-critério, permitindo seleccionar um ou mais níveis de impacto de cada descritor, que sejam considerados como representativos das características daquela acção. O indicador de impacto pontual  $I_j$  de um  $PVF_j$  fictício e a alternativa  $a$ , de um conjunto  $A$  de alternativas potenciais, ficam localizados no nível de impacto  $N_5$  (as características desta acção são aquelas retratadas pela descrição deste nível). Matematicamente tem-se  $I_1(a) = \{N_5\}$ , ou ainda numericamente  $V(I_1(a)) = \{100\}$ . Neste caso existe somente um nível de impacto, portanto trata-se de um indicador de impacto determinístico ou pontual. Repetindo o mesmo procedimento para todos os pontos de vista obtém-se os valores dos níveis de impacto e a respectiva pontuação em cada um. A partir destes valores e conhecendo-se as taxas de substituição é possível obter a atractividade global da alternativa utilizando a função de agregação aditiva. O conjunto de impactos de uma alternativa projectada nos PVF's representado por  $\{I_1(a), I_2(a), \dots, I_n(a)\}$  é denominado de perfil de impacto. O desenvolvimento da estruturação do problema permite definir um impacto para cada acção potencial  $a \in A$  sobre cada PVF, isto é, indicar qual o nível de impacto de cada acção sobre cada ponto de vista fundamental. A elaboração das escalas de preferências locais permitem expressar numericamente o valor destes níveis de impacto em cada ponto de vista. Portanto, para cada uma das acções propostas pelos actores, determina-se os respectivos impactos segundo os pontos de vista considerados.

Os resultados desta análise podem ser listados na forma de uma matriz, apresentando assim o perfil de impactos das ações propostas. Tendo construído a matriz de impacto das ações potenciais para todos os pontos de vista e feito a avaliação local das ações segundo cada um dos pontos de vista passa-se então para a etapa do processo de avaliação global das alternativas. Feita a avaliação global das alternativas faz-se uma análise exaustiva dos resultados de forma a compreender os pontos fortes e fracos de cada alternativa bem como elaborar recomendações quando necessário. A avaliação e a análise do resultado permite identificar, também, quais pontos do modelo que devem ser aperfeiçoados, melhorando assim a fiabilidade dos resultados.

Quando o processo de apoio à decisão entra na fase de avaliação, a escolha do tipo de técnica a adoptar requer um conhecimento da problemática em questão. De acordo com a mesma fonte, citando Bana e Costa (1992), pode-se orientar o processo de avaliação e análise dos resultados de três formas: (1) avaliar as alternativas em termos relativos ou absolutos, (2) ajudar a ordenar ou a escolher as alternativas ou (3) ajudar a aceitar ou a rejeitar alternativas. Estas questões constituem a problemática técnica da avaliação e a decisão por uma destas conduz o facilitador à escolha das formas a adoptar na realização das análises dos resultados e elaboração de recomendações. Por último, ainda relativamente ao software de referência, ainda que utilizado com sucesso na prática o primeiro software MACBETH (Bana e Costa e Oliveira, 2002) (Bana e Costa e Vansnick, 1999b) e (Bana e Costa e Vansnick, 1997b) continha diversas limitações de eficiência, interactividade e aprendizagem na construção do modelo processual. Entre elas: (1) a determinação das sugestões era heurística e não garantia o número mínimo de alterações necessárias para se alcançar consistência, (2) não era possível para o avaliador hesitar entre categorias semânticas quando expressava as suas opiniões de distinção não permitindo desacordos no seio do grupo de gestores e (3) forçava o avaliador a distinguir primariamente antes que qualquer procedimento fosse iniciado e, consequentemente, dava origem a inconsistência de classificações que apenas eram detectadas na matriz final de julgamentos (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2003). Assim, em 1999, um novo software foi construído de raiz, M-MACBETH permitindo o tratamento de inconsistência com sólida base matemática, inclusivamente em matrizes incompletas de análise de pares de opções. Na fase de estruturação o processo de apoio à decisão deste novo software permite a fácil construção da árvore de critérios e alternativas, etc.

O M-MACBETH inova relativamente ao antigo pois introduz o conceito de robustez e posteriormente análise de sensibilidade na tabela de comparação global de opções.

Em 2002, foi adicionada a possibilidade de criar cenários futuros influenciadores na tomada de decisão, até um determinado limite, representada a partir de uma estrutura numérica (cardinal).

Em 2003 introduziu-se: (1) a possibilidade de lidar com a incerteza do impacto da decisão através de descritores qualitativos e quantitativos, (2) incorporação a qualquer momento de subcritérios para cada critério e (3) a representação gráfica comparativa das potenciais alternativas para cada 2 grupos de critério. Também em 2003, foi criada uma versão do MACBETH para a determinação e ponderação de critérios através do pacote de software HIVIEW3. Sumariamente o processo de apoio à decisão baseado no software MACBETH apresenta-se assim resumido:

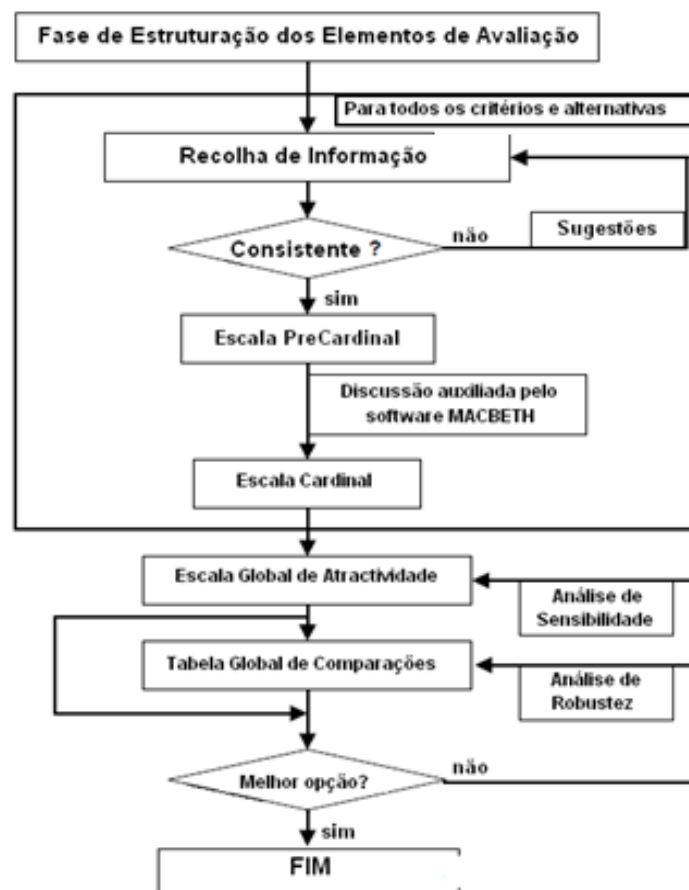


Fig. 3: O processo de decisão da metodologia MACBETH

Fonte: Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2003 (adaptado)

### 3. Breve Síntese

Terminada a revisão bibliográfica salienta-se a orientação da mesma no sentido de aferir um procedimento metodológico na ajuda à tomada de decisão para o caso prático a ser desenvolvido nos Capítulos IV e V.

Iniciou-se este capítulo deste trabalho com uma breve introdução do que fora proposto investigar. Na fase seguinte, desenvolvimento, concluiu-se acerca da complexidade da decisão nas organizações, referiu-se o que historicamente se tem vindo a desenvolver em termos de procedimento metodológico desde as raízes do mesmo. Aprofundou-se criticamente uma das metodologias mais famosas aplicadas por todo o mundo, a metodologia AHP da escola norte-americana e o *software* de decisão apoiado na mesma metodologia, *Expert Choice*. Seguidamente, analisou-se a escola europeia, o MCDA desde as suas raízes, bases teóricas, da estruturação do modelo até às conclusões e os métodos de MCDA mais conhecidos. Dos diversos métodos analisados foi fruto de uma análise mais específica a metodologia MACBETH e o *software* de decisão desta metodologia, M-MACBETH. Posteriormente, Capítulo III, caracterizar-se-á a entidade objecto de estudo, estudo esse que após a revisão literária efectuada, pontos fortes e fracos de cada metodologia, será feito de acordo com o MCDA, modelo MACBETH e *software* de apoio à decisão M-MACBETH.

## **Capítulo III – CARACTERIZAÇÃO DA ENTIDADE OBJECTO DO ESTUDO**

A FAP é um ramo das Forças Armadas, dotado de autonomia administrativa, que se integra na administração directa do Estado, através do Ministério da Defesa Nacional. 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 de componente operacional do sistema de forças. Para que a sua missão seja atingida com sucesso a formação científica é essencial. A parte prática deste trabalho iniciar-se-á com um breve resumo do que é a formação do piloto-aviador na FAP, das fases de instrução que tem que ultrapassar, assim como as aeronaves que actualmente são utilizadas ao longo do processo de aprendizagem.

### **1. A formação do piloto-aviador na FAP**

Para a formação do piloto-aviador ficar concluída este tem de completar sucesso o Ciclo de Formação de Pilotagem da FAP. Segundo este, podem-se considerar sete etapas de formação: (1) Estágio de Selecção de Voo (ESV), (2) Actividade Aérea Curricular (AAC), (3) Fase Elementar da Instrução de Pilotagem (Fase I), (4) Fase Básica da Instrução de Pilotagem (Fase II), (5) Fase Avançada de Pilotagem (Fase III), (6) Fase Especializada de Pilotagem (Fase IV) e (7) Unidade de Conversão Operacional (Fase V).

Durante o ESV realizam-se, com carácter eliminatório, os testes no sentido de avaliar a capacidade de cumprir o programa de Curso de Formação de Pilotagem (adaptação fisiológica, habilidade, resistência ao stress, etc.). A 2ª etapa (AAC) destina-se aos alunos da Academia da Força Aérea (AFA) tendo por finalidade criar e desenvolver o espírito aeronáutico.

Na Fase I criam-se e desenvolvem-se as capacidades elementares de voo visual (contacto, formação, navegação e nocturno) e de instrumentos. Realizada na AFA -

Academia da Força Aérea, a aeronave operacional é composta por uma frota de seis aviões monomotor-bilugar, *Chipmunk DHC-1*.<sup>7</sup>



Fig. 4: *Chipmunk DHC-1* ao serviço da FAP (fonte: [www.emfa.pt](http://www.emfa.pt))

Na 4<sup>a</sup> etapa (Fase Básica da Instrução de Pilotagem - Fase II) melhoram-se as capacidades básicas de voo visual e de instrumentos, aperfeiçoam-se as manobras básicas em formação, introduzem-se perfis de voo compósitos, com enfoque na maior complexidade de planeamento, preparação e execução de missões.

Na Fase III melhoram-se as capacidades básicas em aeronaves de maior desempenho. Introduce-se a aprendizagem de técnicas e procedimentos de voo nas várias áreas e desenvolve-se a capacidade de análise e gestão de missão. Esta fase, assim como a Fase II, encontra-se assegurada neste momento pela aeronave *Aerospatiale Epsilon-TB 30*.<sup>8</sup>

---

<sup>7</sup> O *Chipmunk DHC-1*, *Chipmunk MK20* modificado, é um avião bilugar em tandem, metálico, com trem fixo e travões hidráulicos de disco dotados de duplo comando. Foi utilizado pela FAP para instrução elementar de pilotagem podendo, pelas suas características de voo fazer toda a acrobacia e, em boas condições meteorológicas, voo nocturno por instrumentos. Das cerca de 30 unidades que a FAP dispunha e devido ao seu efectivo, foram seleccionadas 7 unidades para a formação que, com vista à execução de missões de reboque de planadores da AFA, foram submetidas a várias modificações.

<sup>8</sup> O *Epsilon-TB 30* produzido pela firma francesa Aerospatiale, foi projectado para servir a fase elementar de pilotagem (Fase I) e para permitir a formação nas duas fases seguintes. Trata-se de um avião bi-lugar em tandem, de asa baixa e curta e trem triciclo retráctil. O motor de 6 cilindros horizontais, AVCO LYCOMING-540 com a potência



Fig. 5: *Epsilon-TB 30* da FAP (fonte: [www.emfa.pt](http://www.emfa.pt))

Na Fase IV introduz-se o voo operacional desenvolvendo e aplicando procedimentos e táticas consonantes com a utilização da aeronave como um Sistema de Armas. Introduce-se o emprego, geometria e táticas aplicáveis ao Sistema de Armas e ainda os conhecimentos para a gestão da missão em ambientes reais. Esta fase encontra-se assegurada através da aeronave anteriormente referida e pela aeronave *Dassault/Dornier Alpha-Jet*.<sup>9</sup>



Fig. 6: *Dassault/Dornier Alpha-Jet* da FAP (fonte: [www.emfa.pt](http://www.emfa.pt))

---

de 300CV às 2700 r.p.m, é de injeção automática, possui um dispositivo de alimentação e lubrificação para o voo invertido e acciona uma hélice de velocidade constante. A configuração do seu painel de instrumentos, a sua velocidade de cruzeiro (370km/h), a robustez da sua célula que suporta de +6,7 G a -3,35 G e a sensibilidade de comandos, conferem-lhe características similares às de um pequeno avião de caça convencional.

<sup>9</sup> O *Dassault/Dornier Alpha-Jet* é um caça-bombardieiro subsónico, bilugar e que pela sua concepção apresenta características de versatilidade que o tornam particularmente adaptado para a execução de operações de apoio aéreo ofensivo e de apoio às forças de superfície bem como para a instrução avançada em aviões de caça e conversão operacional, podendo utilizar várias configurações de armamento.

Na Fase V a frota *Dassault/Dornier Alpha-Jet* assegura o ensino dos procedimentos e técnicas básicas de emprego operacional de aeronaves de combate. Ensina-se o voo de uma aeronave e as táticas que permitem explorar da melhor forma a performance dessa aeronave e das suas armas no sentido de desenvolver a proficiência, confiança, disciplina, capacidade de julgamento e regras de segurança.

## 2. Enquadramento legislativo ao processo de concurso público

A complexidade e o elevado custo dos sistemas de armas, bem como a legislação de enquadramento em vigor, tornam os respectivos processos de aquisição bastante morosos e de difícil execução. (Roller, 2000)

O Planeamento Estratégico da Defesa Nacional tem como objectivo organizar, desenvolver e aplicar as capacidades que permitam alcançar as aspirações e objectivos nacionais. O quadro legal que enquadra a Política de Defesa Nacional, e consequentemente o Planeamento da Defesa Nacional, baseia-se em diversos documentos.<sup>10</sup> Sendo a Lei de Programação Militar (LPM) o instrumento fundamental para o suporte dos processos de aquisição de novos sistemas de armas. (Albuquerque, 2005)

Quanto à tipologia dos concursos, as aquisições de material no âmbito da Defesa, constante na “Military Weapons List”, do Tratado de Roma, artigo 223º, nº1 b), agora artigo 296º do Tratado de Amesterdão, não estão sujeitas às normas portuguesas inscritas no Decreto-Lei n.º 197/99, de 8 de Junho, revogado, entretanto, pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro, com excepção dos artigos 16º a 22º e 29º, que regulamenta os processos de aquisição, de locação e de contratação de bens e serviços. De forma a preencher este vazio legislativo, foi promulgado o Decreto-lei n.º 33/99, de 5 de Fevereiro, onde se detalham dois tipos de procedimentos específicos: (1) Ajuste Directo e (2) Concurso com Selecção de Propostas para Negociação.

---

<sup>10</sup> Os documentos base do quadro legal que enquadra a Política de Defesa Nacional mencionados são: (1) Constituição da República Portuguesa (CRP), (2) Lei de Defesa Nacional e das Forças Armadas (LDNFA), (3) Lei Orgânica de Bases da Organização das Forças Armadas (LOBOFA), (4) Programa de Governo, (5) Grandes Opções do Plano (GOP) e Linhas de Acção Governativa, (6) Tratados, Acordos e Convenções Internacionais, (7) Grandes Opções do Conceito Estratégico de Defesa Nacional, (8) Conceito Estratégico de Defesa Nacional, (9) Directiva Governamental de Defesa Nacional, (10) Directivas Ministeriais Sectoriais, (11) Directiva Ministerial de Defesa Militar, (12) Conceito Estratégico Militar (CEM), (13) Missões Específicas das Forças Armadas, (14) Sistema de Forças Nacional e (15) Dispositivo de Forças Nacional.

(1) O ajuste directo, independentemente do valor do contrato, é caracterizado pela escolha directa do fornecedor do bem, e pode ser aplicado, após despacho conjunto do Primeiro-Ministro e dos Ministros da Defesa Nacional e das Finanças, quando se estiver na presença de: (1) contratos classificados de secretos, (2) execuções que devam ser acompanhadas de medidas especiais de segurança, (3) necessidade de protecção dos interesses essenciais de segurança do Estado Português ou (4) grave tensão internacional.

(2) Concurso com Selecção de Propostas para Negociação é, por norma, o procedimento utilizado nas aquisições dos sistemas de armas. Através deste procedimento podem concorrer todos os fornecedores, que reúnam as condições exigidas no Caderno de Encargos.

No processo de aquisição desenrolam-se três fases essenciais, (MDN, 2004): (1) Preparação da Aquisição, (2) Processo de Aquisição e Contratação e (3) Acompanhamento e Controlo da Execução Contratual.

Na primeira fase definem-se os requisitos operacionais e técnicos que os sistemas deverão possuir, as especificações técnicas e logísticas, identifica-se a fonte e a modalidade de financiamento, prazos de entrega e pagamentos e elabora-se o programa do concurso, caderno de encargos e constituição do júri. Por último é pedida a autorização do lançamento do procedimento pela Entidade Competente para autorizar a despesa.

Na segunda fase, anuncia-se o concurso, publicitado através dos órgãos de informação escrita, jornais e Diário da República, ou através de convite a pelo menos três potenciais fornecedores. Recebem-se as propostas sendo admitidas e apreciadas. Elabora-se um relatório preliminar, entra-se em negociações e após a adaptação dos requisitos estabelecidos no Caderno de Encargos, decorrente das negociações, é entregue aos concorrentes a Directiva para a apresentação da “Best And Final Offer” (BAFO), que descreve os termos de apresentação da proposta final. Após a proposta final ser apresentada são elaboradas as Minutas de Contrato, assina-se o contrato e este entra em vigor após o “visto” do Tribunal de Contas (TC).

Na terceira e última fase, por despacho do MDN, e na sua directa dependência, é constituída uma Missão de Acompanhamento e Fiscalização (MAF) para acompanhamento e fiscalização de todo o processo de produção, certificação e qualificação dos bens contratados, bem como para controlo e certificação dos pagamentos ao adjudicatário.

As entidades envolvidas no processo de aquisição são: (1) Direcção Geral de Armamento e Infra-Estruturas de Defesa (DGAIED), (2) FAP, (3) Gabinete do Ministro da Defesa e (4) Assessoria Externa. Da Assessoria Externa fazem parte a Assessoria Jurídica e Técnico/Científica.

Ao longo do processo de aquisição diversas comissões e equipas participam do mesmo. As equipas que concorrem para o processo de aquisição bem como as tarefas que lhes são normalmente atribuídas, apresentando-se na Figura 7 uma estrutura que evidencia o seu enquadramento são:

- (1) A Comissão do Concurso tradicionalmente presidida pelo Director da DGAIED e constituída por elementos da FAP, do Gabinete do Ministro da Defesa Nacional, do MDN/DGAIED e por representante da Comissão de Contrapartidas. Compete a esta Comissão coordenar a elaboração e aprovar o Caderno de Encargos e demais peças do concurso, coordenar todos os actos logísticos e de secretariado para cumprir todas as formalidades decorrentes do processo, representar a Entidade Adjudicante perante as empresas a concurso, desenvolver o processo negocial, coordenar a elaboração e aprovar os diversos relatórios de avaliação, elaborar a Proposta de Adjudicação e coordenar a Proposta de Adjudicação;
- (2) A Comissão de Contrapartidas constituída por elementos nomeados pelo Governo tendo como responsabilidade elaborar os Termos de Referência das Contrapartidas a incluir no Caderno de Encargos, analisar, avaliar e negociar as contrapartidas apresentadas pelos concorrentes, participar na elaboração dos Relatórios Preliminar e Final e coordenar a elaboração da minuta do Contrato de Contrapartidas;
- (3) A Equipa Técnica constituída por elementos indicados pelo Gabinete do Chefe do Estado-Maior da Força Aérea (GABCEMFA) e nomeada por despacho

do Presidente da Comissão de Contrapartidas sendo responsável por elaborar os Requisitos Operacionais e Logísticos, participar na elaboração da Matriz de Avaliação, apoiar tecnicamente as propostas dos concorrentes, participar na fase de negociações que antecede a apresentação da BAFO e participar na elaboração das minutas dos contratos;

- (4) A Equipa de Avaliação e Testes normalmente composta por elementos da Comissão de Contrapartidas e da Equipa Técnica, tem como principal função a realização de testes e a avaliação das aeronaves e respectivos sistemas de apoio para determinar as reais capacidades e especificações técnicas dos sistemas apresentados pelos concorrentes e o nível de desenvolvimento requerido para satisfazer os requisitos descritos no Caderno de Encargos.

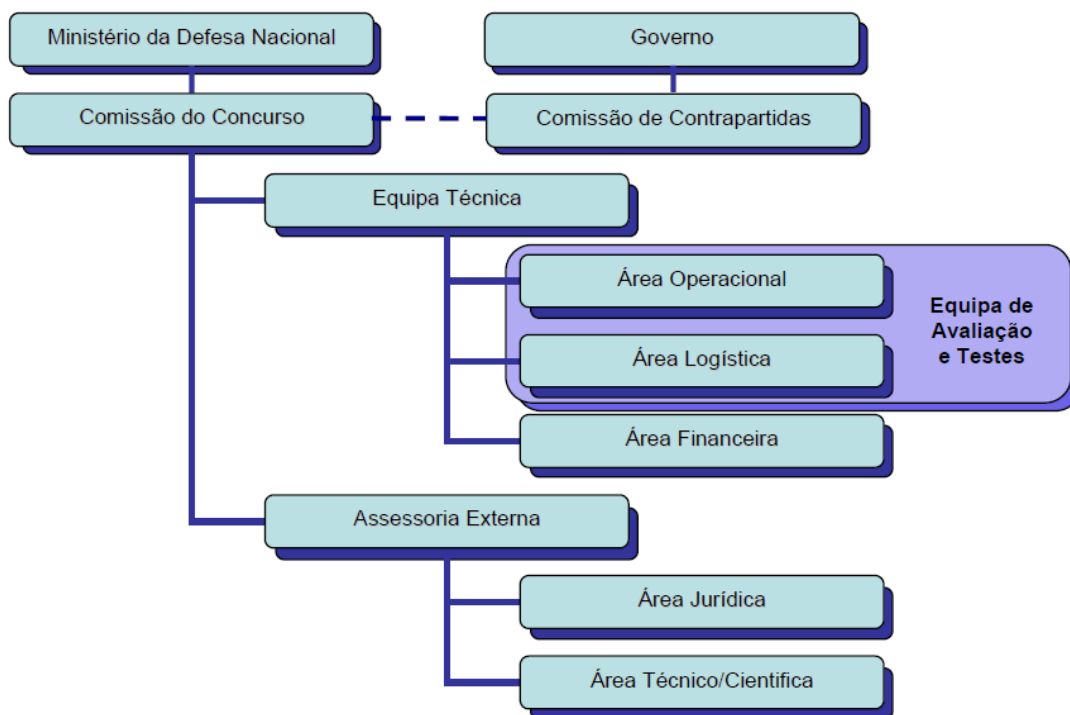


Fig. 7: Comissões e Equipas Participantes no Processo de Aquisição

Fonte: Bernardino, 2006

No seguimento deste capítulo foi efectuada a caracterização da entidade objecto de estudo. No próximo capítulo seleccionar-se-á a metodologia a aplicar por parte da Equipa de Trabalho para a selecção da melhor proposta de substituição da frota que satisfaz neste momento as últimas fases de instrução dos pilotos da FAP.

## Capítulo IV – METODOLOGIA E MÉTODOS DE INVESTIGAÇÃO

### 1. Planeamento da Investigação

O MACBETH é uma metodologia de apoio à tomada de decisão, que permite avaliar opções tendo em conta múltiplos critérios. A distinção fundamental entre MACBETH e outros métodos de Análise de Decisão com múltiplos critérios é que o MACBETH requer apenas julgamentos qualitativos sobre as diferenças de atractividade entre elementos, para gerar pontuações para as opções em cada critério e para ponderar os critérios. Trata-se, portanto, de uma metodologia com uma componente de carácter subjectivo (Cheng e Li, 2001). Estaremos perante uma análise de factores não numéricos e esta exigirá a colaboração de técnicos com competência para compararem as alternativas para cada tipo de critérios, o que permite moderar essa subjectividade.

Será MACBETH e não AHP (Expert Choice) atendendo à Tabela 2 referenciada no Capítulo II, a metodologia utilizada na resolução do problema em causa. Como referido no mesmo capítulo trata-se de uma metodologia multi-critério, implica a caracterização dos factores de decisão, pela ordem de relevância em contraposição com uma metodologia mono-critério em que determinada aquisição é baseada num único critério como por exemplo o seu menor custo. É um método de conversão quantitativa de análise qualitativa, isto é, perante grandezas numéricas, a avaliação apenas necessita de definir a escala de impacto relevante para o processo definido e perante grandezas não numéricas (processo de análise qualitativo), é necessário produzir uma escala semântica e efectuar a sua valoração numérica.

Para a modelização do problema devem executar-se as seguintes tarefas antes de iniciar a análise das soluções propostas (Reis, 2001): (1) Definir os critérios ou eixos de avaliação. No âmbito empresarial, de acordo com Copeland e Weston (1992), uma das propriedades de um bom critério de avaliação consiste em que o critério deve permitir seleccionar de um conjunto de projectos mutuamente exclusivos, apenas um que maximize o valor do decisor, (2) Definir os itens a avaliar, (3) Definir os processos de normalização e ponderação das pontuações, (4) Definir o processo de agregação dos critérios, (5) Testar o modelo com uma solução genérica e verificar se representa a sensibilidade e vontade da entidade decisora, (6) Definir o processo de avaliação e distribuir as tarefas no tempo. Planear cuidadosamente as demonstrações e comprovações a requerer, assim como definir formulário de resposta aos itens de

avaliação documental, (7) Definir as necessidades em avaliadores, e (8) Apresentar o plano de avaliação de soluções para aprovação superior em data anterior ao início do processo de aprovisionamento.

## 2. Preparação para a recolha de dados

Após a leitura efectuada do Enquadramento legislativo ao processo de concurso público referenciada no Capítulo III, para a realização de uma aquisição de um Sistema de Armas constata-se que esta engloba um conjunto de procedimentos inerentes. Assim para o cumprimento da elaboração de um estudo que identifique soluções alternativas à situação actual verificada em termos de instrução avançada de pilotagem, tarefa exigente e complexa, constituiu-se de acordo com os termos do n.º 1 do art. 17º da Lei n.º 31-A/2009, de 7 de Julho, em sede de Estado-Maior, um Grupo de Trabalho (GT) especializado e multidisciplinar. A composição do GT para a nova aeronave de instrução avançada e especializada de pilotagem para aeronaves a reacção (ver Tabela 3) ficou definida de acordo com 5 níveis: (1) Direcção, (2) Área Logística, (3) EMFA, (4) Comando do Pessoal da Força Aérea (CPESFA), (5) Comando da Logística da Força Aérea (CLAFA).

Direcção	Chefe do Grupo de Trabalho
	Adjunto do Chefe
	Gestor
	Gestor Adjunto
Área Logística	Coordenador
	Célula, estrutura, propulsão e sistemas mecânicos
	Aviónicos e sistemas eléctricos e electrónicos
	Armamento e sistemas de sobrevivência
	Simulação
	Abastecimento
EMFA	Divisão de Recursos
	Divisão de Operações
	Divisão de Planeamento
	Divisão de Comunicações e Sistemas de Informação
CPESFA	Direcção de Instrução
CLAFA	Auditoria e Contencioso

Tab. 3: Composição do Grupo de Trabalho para a nova aeronave de instrução

Fonte: Anexo A ao Despacho do CEMFA n.º 63/2008 de 10OUT (adaptado)

### 3. Recolha dos dados

As fontes utilizadas na recolha dos dados são do tipo primário, isto é, criadas à partida por meio de inquéritos e entrevistas. A recolha dos dados realizou-se paralelamente com a instituição. A identidade dos elementos fornecedores da informação foi salvaguardada. Atendendo ao objectivo académico deste trabalho:

- a) Os dados recolhidos foram enviesados (e por isso não correspondem a dados de qualquer fabricante real).
- b) Os critérios adoptados também foram alvo de selecção minuciosa, não correspondendo à totalidade dos utilizados no concurso público actualmente em curso.

### 4. Avaliação da evidência

A avaliação de soluções para a introdução de um Sistema de Armas tem dois vectores orientadores, devendo ambos ser atendidos para a correcta e completa avaliação das soluções: (a) O que é Oferecido como Solução e (b) a Solução Face às Missões Previstas. (Bernardino, 2006)

#### a. O que é Oferecido como Solução

A oferta depende da(s) resposta(s) do(s) promitente(s) fornecedor(es) ao requerido no Programa do Concurso e da sua capacidade para cumprir o pedido no Caderno de Encargos. Como possíveis soluções para o problema em questão, diversas opções encontram-se disponíveis no mercado da aviação militar, cada vez mais competitivo. Seleccionaram-se algumas delas. Começando pelos modelos mais antigos, do final do século passado: (1) British Aerospace (BAE) Systems Hawk (Figura 8). Trata-se de uma aeronave de fabrico britânico cujo seu primeiro voo data de 1974. Foi o principal concorrente europeu do modelo franco-alemão Dassault-Dornier Alpha Jet que faz parte da frota de instrução da FAP. Ao contrário do Alpha Jet (com 480 unidades produzidas), o Hawk ainda hoje é produzido com cerca de 900 unidades vendidas para 18 clientes no mundo. Entre os principais clientes destacam-se as Forças Aéreas do Reino Unido, Austrália, Finlândia e Índia.



Fig. 8: BAE Systems Hawk T2 da Força Aérea Britânica. Foto de Christian Bremer em Julho de 2010, Inglaterra, Reino Unido (fonte: [www.airliners.net](http://www.airliners.net))

(2) Embraer EMB 314 Super Tucano (Figura 9). O Super Tucano é uma aeronave de fabrico brasileiro cujo seu primeiro voo data de 1999. Trata-se de um modelo com cerca de 259 unidades construídas estando ao serviço de Forças Aéreas de países como Brasil, Colômbia, Equador e Chile.



Fig. 9: Embraer A-29B Super Tucano da Força Aérea Brasileira. Foto de Rodrigo Conte em Outubro de 2005, Brasília, Brasil (fonte: [www.airliners.net](http://www.airliners.net))

Mais recentemente, (3) Beechcraft T-6 Texan II (Figura 10). O T-6 Texan II foi construído pela Raytheon Aircraft Company, actualmente Hawker Beechcraft. Desenvolvido por Norte-Americanos tem como modelo base o Pilatus PC-9. Faz parte desde 2000/2001 da frota de instrução da Força Aérea dos Estados Unidos da América

mas também de Forças Aéreas de países como Canadá, Israel, Grécia e Alemanha, num total de 435 unidades construídas.



Fig. 10: Beechcraft T-6 Texan II da Força Aérea dos Estados Unidos da América. Foto de Mike Paschal em Dezembro de 2006, na Base Aérea de Randolph, San Antonio, Estados Unidos da América (fonte: [www.airliners.net](http://www.airliners.net))

(4) Pilatus PC-21 (Figura 11). O PC-21 é construído pela Pilatus Aircraft da Confederação Helvética. O seu primeiro voo data de 2002 e desde então já foram construídas mais de 25 unidades. Equipa as Forças Aéreas da Suíça e Singapura estando previstas encomendas de países como os Emirados Árabes Unidos.



Fig. 11: Pilatus PC-21 da Força Aérea Suíça. Foto de Jan Vanhulle em Julho de 2007, por cima das terras baixas da Flandres, Bélgica (fonte: [www.airliners.net](http://www.airliners.net))

e (5) Alenia Aermacchi M-346 Master (Figura 12). O M-346 Master é fruto da joint venture entre a Aermacchi e a Yakovlev no desenvolvimento do modelo de base Yak-130 russo. A versão italiana, construída pela Alenia Aermacchi teve o seu primeiro voo em 2004. Equipa a Aeronáutica Militar de Itália. Singapura seleccionou este modelo para substituir a frota que detém no treino avançado de pilotagem.



Fig. 12: Aermacchi M-346. Foto de Gianfranco Mauri em Fevereiro de 2005, voando nos Alpes, Itália (fonte: [www.airliners.net](http://www.airliners.net))

#### b. A Solução Face às Missões Previstas.

Neste caso a avaliação deve incidir nos aspectos em que a solução apresentada permite maximizar a execução das missões previstas, de acordo com o conceito de emprego delineado. Esta avaliação é dependente da interação entre o operador designado e a solução apresentada. Para a sua validação, requer uma análise muito criteriosa dos parâmetros de avaliação, assim como todos os procedimentos a efectuar, de modo a manter a avaliação uniforme ao longo das soluções.

Atendendo ao objecto deste trabalho, considerou-se que concorrem apenas 4 modelos de fabricantes de diferentes nacionalidades: (1) Aeronave A, (2) Aeronave B, (3) Aeronave C e (4) Aeronave D. Seguidamente serão divulgados a identificação e explicação de padrões de avaliação para a selecção da opção vencedora do concurso.

## 5. Identificação e Explicação de padrões

Para analisar as alternativas (opções admissíveis), igualmente elegíveis, apresentadas no ponto anterior recorreu-se à análise multi-critério, utilizando o modelo aditivo ponderado. Procedeu-se ao somatório das pontuações de cada eixo de modo a obter a pontuação final da solução.

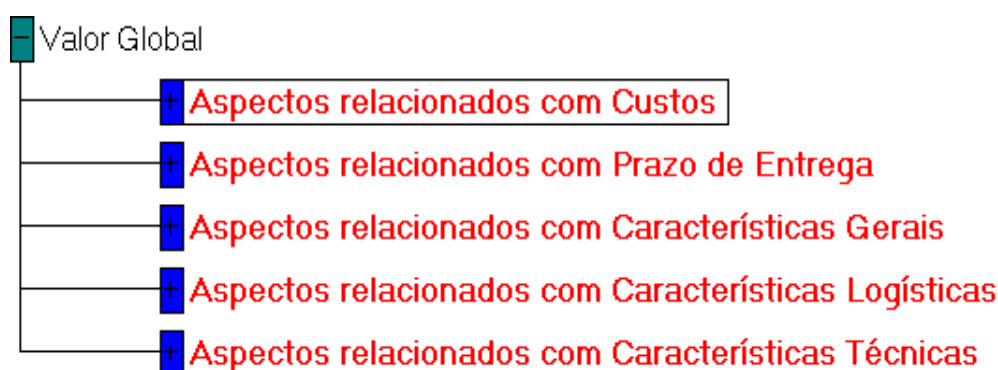
Foi utilizado como suporte da análise o software MACBETH.

### Estruturação da actividade e definição dos critérios

Como referenciado no subcapítulo 2.3.2, o MACBETH é uma metodologia de análise de decisão que permite a avaliação de opções comparando-as qualitativamente em termos das suas diferenças de atractividade em múltiplos critérios em 4 fases principais (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2005): (1) análise de contexto e estruturação do processo de ajuda à decisão, (2) estruturação dos elementos de avaliação, (3) desenvolvimento do modelo multi-critério de avaliação e (4) análise de sensibilidade e elaboração de recomendações. As duas primeiras fases principais são muito importantes segundo Bramont (1996) citando Ensslin (1995) e a estruturação de problemas, incluindo o estabelecimento de objectivos e a escolha de critérios, é analisada em Bana e Costa e Vansnick (1995), Bramont (1996) citando Brownlow e Watson (1987) e Bana e Costa (1990), French (1986), Voogd (1983), Zeleny (1982), Von Winterfeld (1980) e Keeney e Raiffa (1976).

Conclui-se da fase de recolha de dados da investigação que os critérios a utilizar (ver figura 13) para testar as soluções seriam os seguintes: (1) Custos, (2) Prazo de Entrega, (3) Características Gerais, (4) Características Logísticas e (5) Características Técnicas.

Fig. 13.: Output MACBETH dos Critérios Utilizados



## Prioridade dos critérios e níveis de performance

Encontrados os critérios principais para a decisão da melhor proposta procede-se à ordenação preferencial dos mesmos.

Da informação recolhida pelas entrevistas feitas a prioridade para os critérios definidos no ponto anterior, ordena-se da seguinte forma:

C1 » C2 » C3 » C4 » C5

Ou seja, por ordem decrescente de importância, o critério (1) Custos é o mais importante seguindo do critério (2) Prazo de Entrega, (3) Características Gerais, (4) Características Logísticas e o critério menos importante é o (5) Características Técnicas.

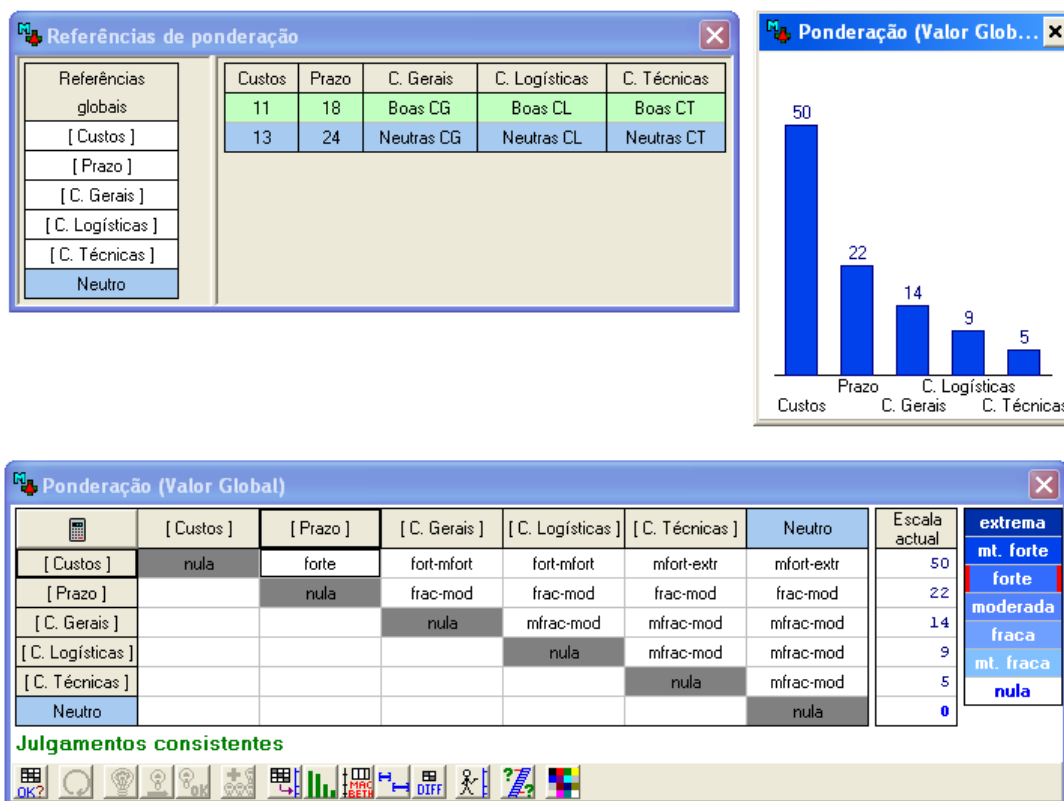
## Ponderação dos critérios

Como referido no ponto 2 do presente trabalho, o MACBETH, surge-nos por volta de 1990 como resposta ao problema de como construir um intervalo de preferências num leque de opções sem forçar os avaliadores a produzir representações numéricas directas das suas próprias preferências. Os critérios identificados e ordenados por ordem decrescente de atractividade têm de ser comparados para facilitar a compreensão distintiva entre os mesmos. O MACBETH permite o questionário ao par de opções, requerendo apenas uma distinção qualitativa acerca das diferenças de atractividade entre opções. Seis categorias semânticas são utilizadas para distinguir estas opções: (1) “muito fraca”, (2) “fraca”, (3) “moderada”, (4) “forte”, (5) “muito forte” e (6) “extrema” que deverão ser representadas através de intervalos numéricos disjuntos determinados conjuntamente numa escala numérica para as opções.

O decisor começa por ser interrogado acerca das preferências relativamente a duas opções *a* e *b* de acordo com um determinado critério *A* (julgamento comparativo) e, se *a* for considerado mais atractivo que *b*, o decisor é interrogado para julgar de forma absoluta sobre essa mesma diferença de atractividade que ele sente existir entre *a* e *b*, através da escolha de uma das diferentes seis categorias semânticas referidas anteriormente.

Aplicando a metodologia MACBETH, obteve-se para os factores de ponderação, usando a Matriz de Julgamento do decisor, os valores constantes no quadro seguinte:

Quadro 1: Cálculo dos factores de ponderação



Assim sendo, do Quadro 1 surge-nos sinteticamente a informação nas “Referências de ponderação” da ordenação decrescente dos 5 critérios considerados e dos intervalos considerados como propostas neutras e boas quando se inserirem as mesmas. No critério Custos foi criado um intervalo quantitativo em que uma proposta neutra quantifica-se em 13 Milhões de Euros e uma proposta boa em 11 Milhões de Euros. No critério Prazo de Entrega também se avaliam quantitativamente as propostas mas em termos de meses. Nos restantes critérios a distinção entre uma proposta boa e neutra e feita qualitativamente por parte de cada elemento da equipa técnica. Em “Ponderação (Valor Global)” é-nos apresentada a matriz finalmente preenchida e com todos os julgamentos consistentes respeitando as preferências da equipa técnica encarregue de efectuar este trabalho e os axiomas básicos da teoria da decisão, axioma da ordinalidade e axioma da transitividade. (Bramont, 1996). Verifica-se a verde e como desejável (Bana e Costa e Vansnick, 1997c) que os julgamentos são consistentes. O preenchimento da matriz foi efectuado junto do Grupo de Trabalho cuja estrutura surge apresentada na Tabela 3 deste mesmo capítulo, através de diversas entrevistas realizadas apresenta-nos graficamente em “Ponderação (Valor Global)” a ordenação decrescente

em termos percentuais dos 5 critérios em análise. Verifica-se que o critério mais importante, Custos, tem uma ponderação estimada de 50%, seguido de uma ponderação de 22% atribuída ao Prazo de Entrega, 14% Características Gerais, 9% Características Logísticas e 5% Características Técnicas.

#### Modelo multi-critério

De acordo com a revisão da literatura efectuada no Capítulo 2, conclui-se que de facto os modelos aditivos são os mais conhecidos e utilizados em MCDM, tanto pela sua relevância para problemas reais como pela sua relativa simplicidade (Bramont (1996) e Stewart (1992)). O problema de decisão pode ser estruturado de maneira que a função-objectivo ocupe o nível mais alto, vindo a seguir os critérios e subcritérios - quando for o caso - e as opções de acções. Além disso os modelos aditivos são compensatórios (Bramont (1996): o desempenho superior de uma alternativa em relação a uma outra, frente a um critério, pode compensar o seu desempenho inferior em relação a essa mesma alternativa, frente a um outro critério.

No seguimento da mesma revisão da literatura de acordo com Kao e Hung (2007), Bana e Costa e Vansnick (1995), (1997a) e (1999a) assim como Bana e Costa, De Corte e Vansnick (2005) a expressão analítica para o modelo utilizado (Modelo Aditivo Ponderado), atentas que sejam as condições de independência dos critérios atrás definidos é a seguinte:

$$\text{Valor Global (VG}_I) = \sum_{j=1}^s \alpha_j X_{IJ}$$

Sendo:

(VG<sub>I</sub>) - Valor global da opção I

$\alpha_j$  - Factor de ponderação do critério J

X<sub>IJ</sub> - Valor parcial da opção I segundo o critério J

#### Custos globais das opções

Para cada uma das opções e face aos elementos reunidos para a realização do presente trabalho, foram avaliadas, segundo cada critério, um conjunto de factores influenciadores para o resultado final. Para o primeiro critério apresenta-se na forma tabular (Tabela 4) os diversos custos envolvidos:

Tab. 4: Custos totais das opções

CUSTOS TOTAIS DAS OPÇÕES A PREÇOS CONSTANTES DE 2010				
(valores em milhões de Euros)				
Opção	Aquisição de Aeronaves (*)	Simuladores (**)	Sustentação da Frota (***)	Total
A	9,5	1,5	2	13
B	9	2,5	1,5	13
C	7	2	1,5	10,5
D	11	2,5	1,5	15

Observações:  
 (\*) Preço de aquisição por aeronave  
 (\*\*) Preço por simulador  
 (\*\*\*) Custo de sustentação anual da frota em média

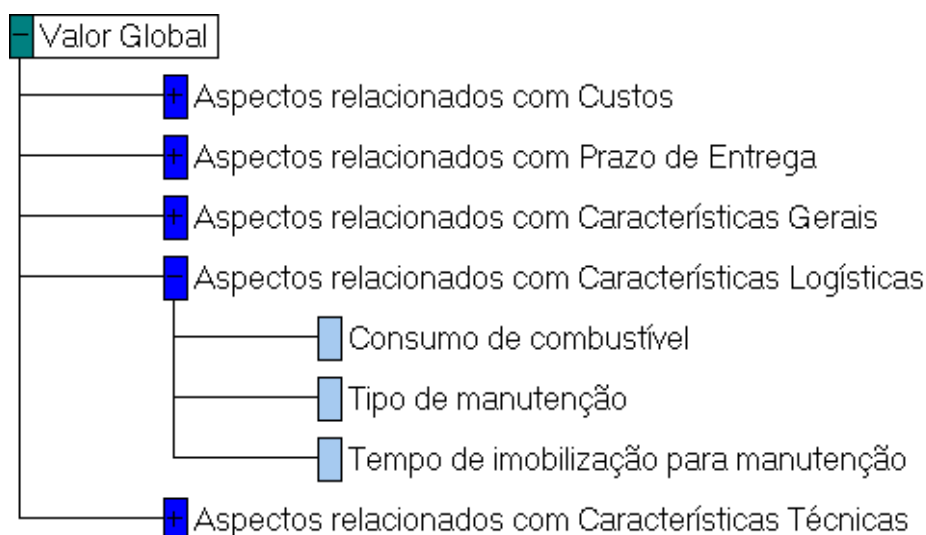
#### Aplicação do modelo

Como verificado no Capítulo 2, na fase da decomposição, simplificar o problema numa estrutura hierárquica descendente semelhante a uma árvore genealógica é fundamental. (Meixner e Haas, 2002)

O MACBETH não só permite o desenho da mesma como apresenta resultados de uma forma tabular simples e de fácil interpretação. Os quadros seguintes apresentam a árvore de decisão utilizada na avaliação de Custo/Benefício e o quadro de resultados obtidos preenchidos que foram os requisitos do modelo.

Na Figura 14 surge-nos a cor cinzento o “Valor Global” que cada proposta será avaliada. Para a geração desse valor concorrem a azul-escuro os 5 critérios considerados fundamentais na avaliação das propostas do concurso, sendo que cada critério tem associado pelo menos um ou mais subcritérios que concorrem para a formação de valor do critério e por conseguinte do valor global da proposta. Os subcritérios surgem apresentados a cor azul-claro representados na figura para o critério “Características Logísticas” como: (1) “Consumo de combustível” avaliado em termos de consumo por hora de voo, (2) “Tipo de manutenção” avaliado em termos de níveis incluídos no contracto (1, 2 ou 3 níveis) e (3) “Tempo de imobilização para manutenção” relativamente ao número de dias de inactividade em cada ano gerados por motivos de manutenção.

Fig. 14: Árvore de decisão



Após efectuar a estruturação do problema no MACBETH (Figura 14) e inserida a matriz de julgamentos do decisor (consistentes) e referências de ponderação (Quadro 1), procede-se ao início da 3ª fase da sua abordagem de processo consultivo, ou seja, o desenvolvimento do modelo multi-critério de avaliação antes da análise de sensibilidade e elaboração de recomendações. (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2005)

De acordo com a avaliação efectuada, o Quadro 2 apresenta-nos 4 modos de apresentação dos resultados. Na “Tabela de pontuações” temos as pontuações de cada uma das 4 opções segundo os 5 critérios sabendo que uma opção neutra implicaria o valor global ponderado de 0 ou individualmente avaliação com nota 0 num critério específico e uma opção boa o valor global ponderado de 100 ou individualmente avaliação com nota 100 num critério específico. No “Termómetro Global” a informação dada não é detalhada ao critério como na “Tabela de pontuações”<sup>11</sup>.

A informação refere-se à ordenação decrescente dos valores globais obtidos. Nos “Perfis de diferenças” podem-se comparar opções duas a duas, graficamente e quantitativamente em termos de diferença de valor acrescentado de cada critério para o valor global da opção. Apresenta-se a comparação entre a opção D e B<sup>12</sup>. Por último na

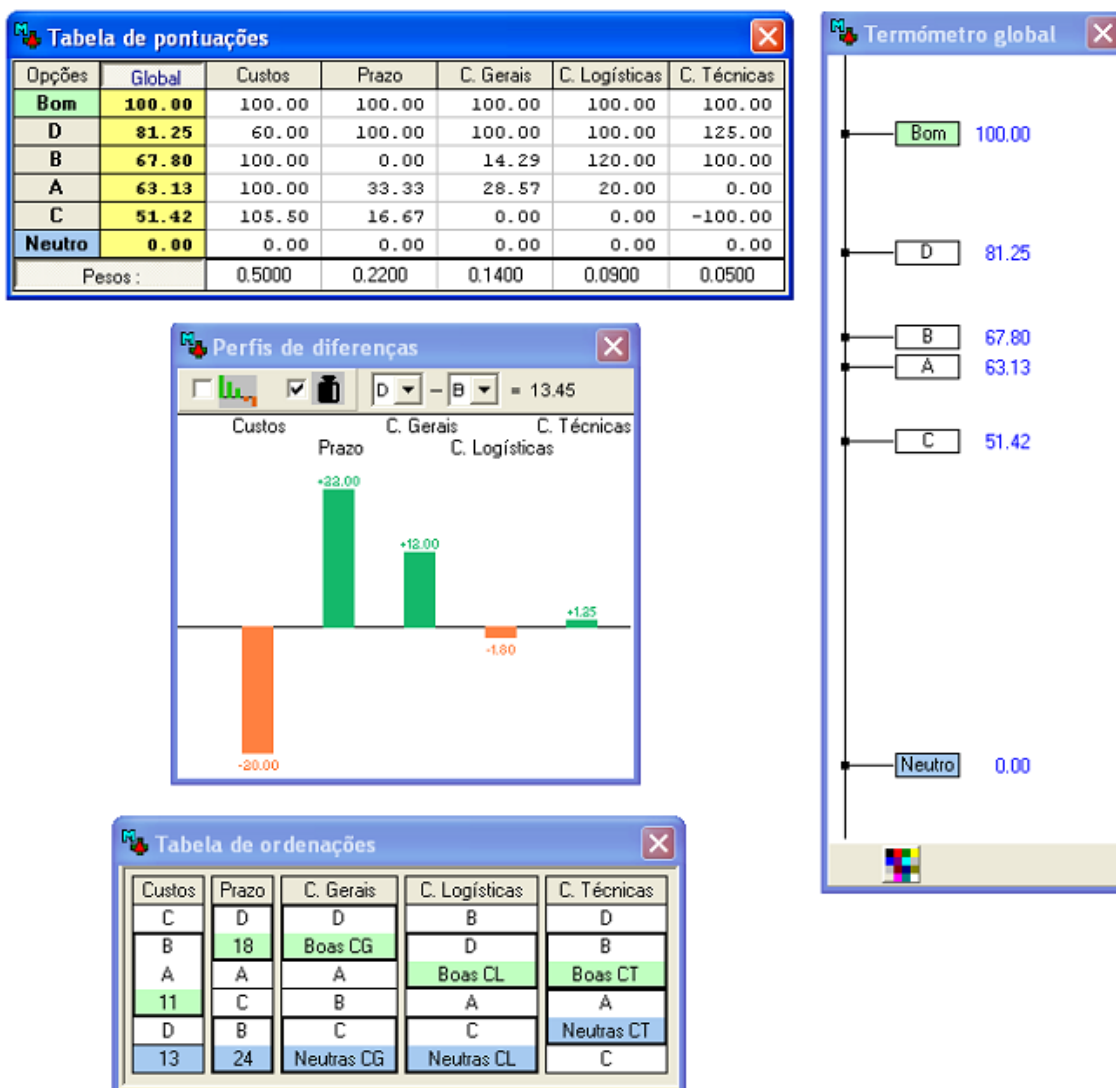
---

<sup>11</sup> Por exemplo: a opção D tem uma pontuação global de 81.25. Este valor é resultado da média ponderada, pelos factores de ponderação atribuídos a cada critério:  $0.5 \cdot 60 + 0.22 \cdot 100 + 0.14 \cdot 100 + 0.09 \cdot 100 + 0.05 \cdot 125$

<sup>12</sup> A diferença de pontuação entre a opção D e B é de 13,45 (81.25 - 67.80), decomposta, neste gráfico de “Perfis de Diferença” nas 5 parcelas apresentadas

“Tabela de Ordenações” é-nos apresentada a ordenação das opções segundo cada critério e “Referências de ponderação” inseridas.

Quadro 2: Avaliação das opções



Racional utilizada para a valorização das opções segundo os critérios

Como resultado do consenso alcançado nas entrevistas efectuadas junto do Grupo de Trabalho para a nova aeronave de instrução avançada e especializada de pilotagem para aeronaves a reacção chegou-se aos resultados apresentados anteriormente. A valorização das opções segundo cada critério foi a seguinte:

(1) Critério 1 - Assume-se este critério como o mais importante (peso de 50%). Consideraram-se dentro deste critério, pela mesma ordem de importância, o somatório dos custos unitários de aquisição de aeronaves, o custo unitário de aquisição

de simuladores e o custo anual médio de sustentação da frota adquirida. A pontuação máxima a atribuir varia entre zero e cem pontos, correspondendo de acordo com o resultado da soma de custos de cada subcritério a zero pontos se o preço atingir o valor máximo de 13 000 000€ (Treze milhões de euros) e cem pontos ao preço mínimo de 11 000 000€ (Onze milhões de euros).

(2) Critério 2 - A data de entrega (Calendarização do Projecto) foi ponderada com um peso de 22%. Houve um certo equilíbrio nas propostas com excepção da opção D que se distanciou com uma entrega prevista de cerca de 18 meses, ou seja, 2017. A opção B distanciou-se pela negativa.

(3) Critério 3 - Quanto as características gerais, estas foram ponderadas de acordo com os seguintes subcritérios por ordem decrescente de relevância: (1) Instrumentação do motor, (2) Instrumentação de voo e (3) Instrumentação de Navegação-Rádio. Para o subcritério (1) o peso dado foi de 60%, para (2) de 30% e (3) de 10%. Dentro de cada parâmetro, considerou-se uma boa proposta a que confirmou a análise em conformidade com as especificações gerais e, para além destas, incluindo aspectos relevantes não previstos nas especificações gerais. A proposta considerada neutra confirmava a análise em conformidade com as especificações gerais.

(4) Critério 4 – Relativamente as características logísticas foram valorizadas as propostas que apresentassem melhores características de acordo com os seguintes factores, por ordem decrescente de importância: (1) Consumo de combustível, (2) Tipo de manutenção e (3) Tempo de imobilização para manutenção. Para o subcritério (1) o peso dado foi de 58%, para (2) de 33% e (3) de 9%. Na característica 1 foram valorizadas as opções com consumo de combustível médio inferior a 220kg por hora de voo. Na característica 2 foram valorizadas as opções com um tipo de manutenção inferior ou igual a dois níveis (os níveis de manutenção referem-se ao facto de no mesmo serviço estar incluído no contracto ou não, tendo em conta peças e/ou revisões consideradas nesse mesmo documento). Na característica 3 foram valorizados tempos de imobilização para manutenção inferiores a 45 dias.

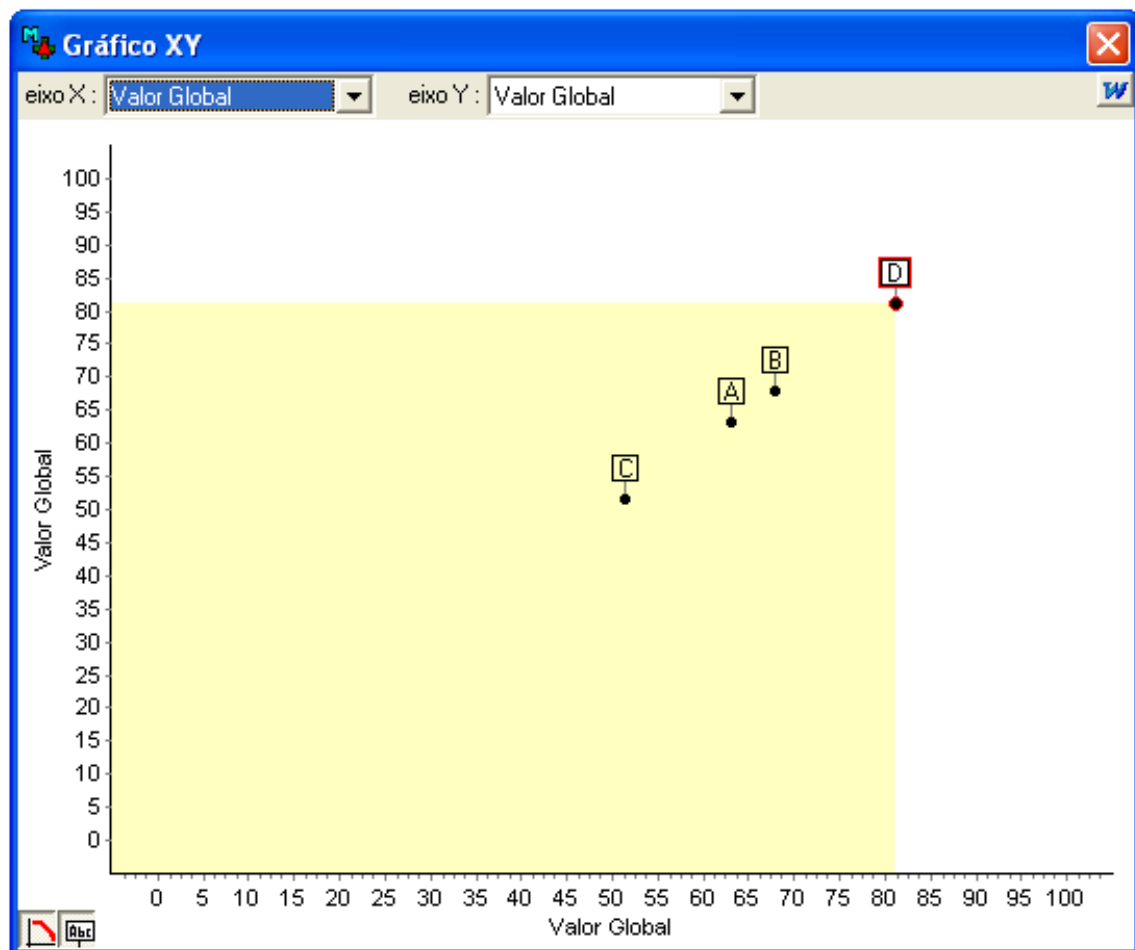
(5) Critério 5 - No último critério de avaliação das opções foram avaliados, por ordem decrescente de importância o factor “tipo de motor” e a “disposição dos lugares da aeronave”. O tipo de motor neutro foi o *Fast Jet Trainer*. O tipo de motor considerado bom foi o *Advanced Turboprop Trainer*. Como principais características

distintivas destes dois tipos de motor o *Turboprop* ou Turbo-hélice não é um jacto, é uma turbina a gás utilizada para mover uma hélice. Este tipo de motor é geralmente mais eficiente e com melhor performance sob baixas velocidades subsónicas (à volta dos 500km/h ou  $Ma < 1$ ), como o pretendido, embora barulhento e ineficiente a partir dessa velocidade, comparativamente com outro tipo de motor. Num *Fast Jet Trainer* como nos motores a jacto estes são mais eficientes em altas velocidades, especialmente velocidades supersónicas (entre os 1255km/h e os 1701,45km/h ou entre 1,2Ma e 5Ma) e em grandes altitudes. Quanto à disposição dos lugares considerou-se horizontal como neutra e a disposição dos lugares vertical como boa.

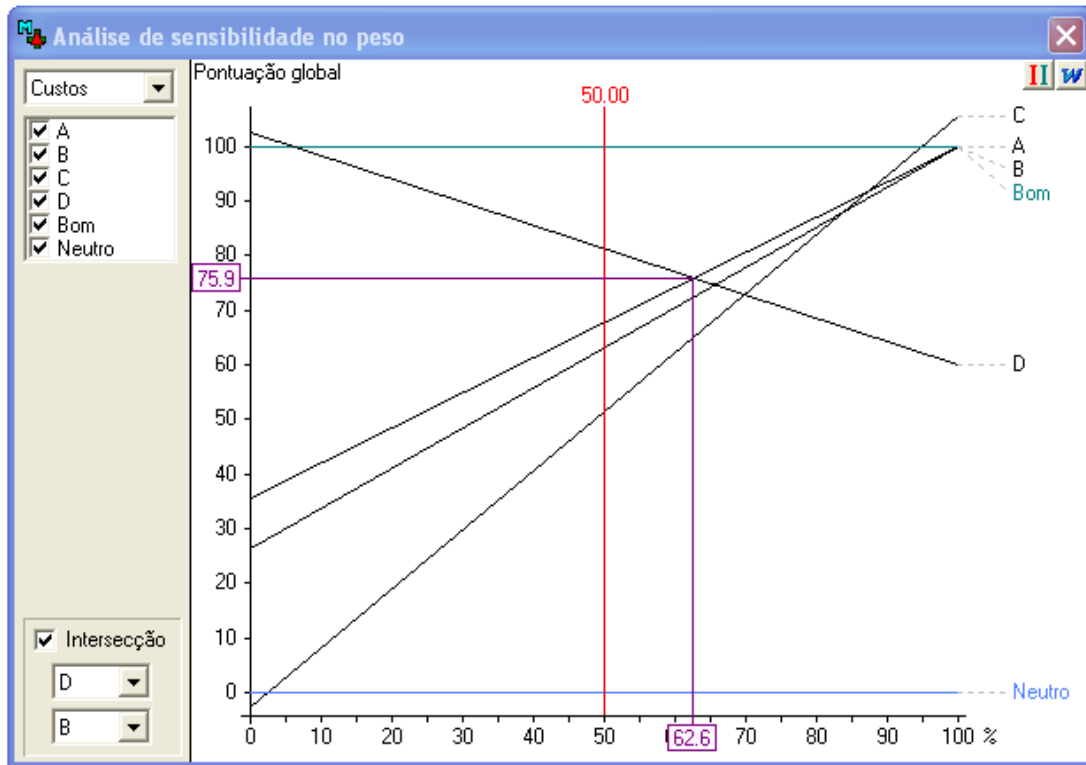
## 6. Análise de Sensibilidade aos ponderadores

Segue-se uma apresentação da análise comparativa das opções tomadas, da qual se conclui a prevalência da opção D relativamente às demais.

Quadro 3: Representação gráfica das soluções



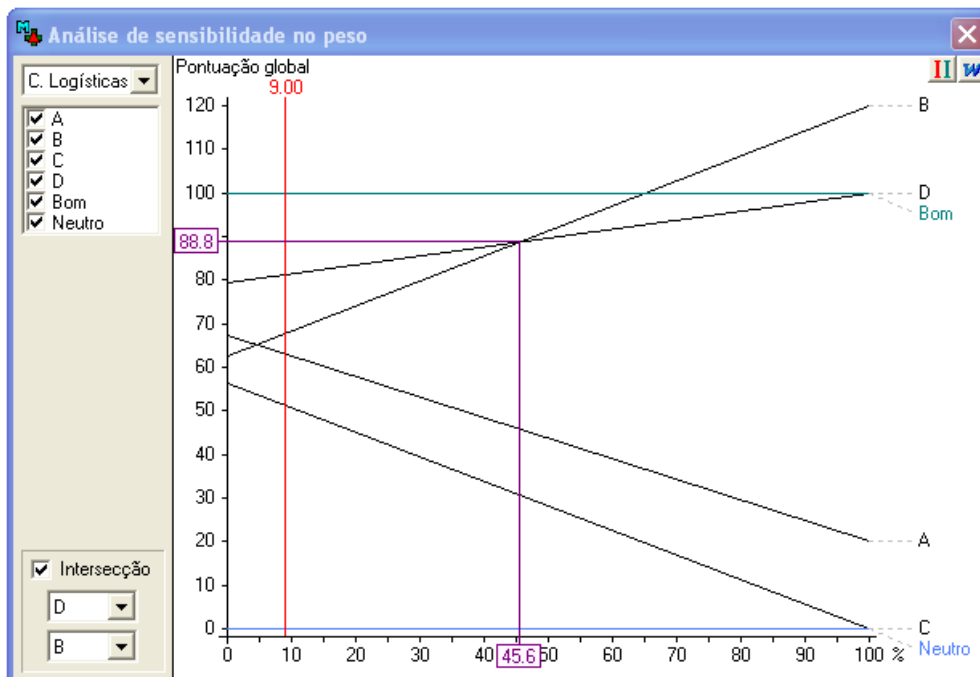
Quadro 4: Mapa de análise de sensibilidade dos resultados de acordo com o critério dos Custos



De acordo com o critério dos Custos, verifica-se que a Opção C é a melhor e a D a pior. A e B obtêm uma pontuação global de 100 pontos. Os Custos têm um peso de 50% na pontuação global. Tudo o resto constante, apenas com uma ponderação acima dos 62,6% para o critério Custos a pontuação global sofreria alterações.

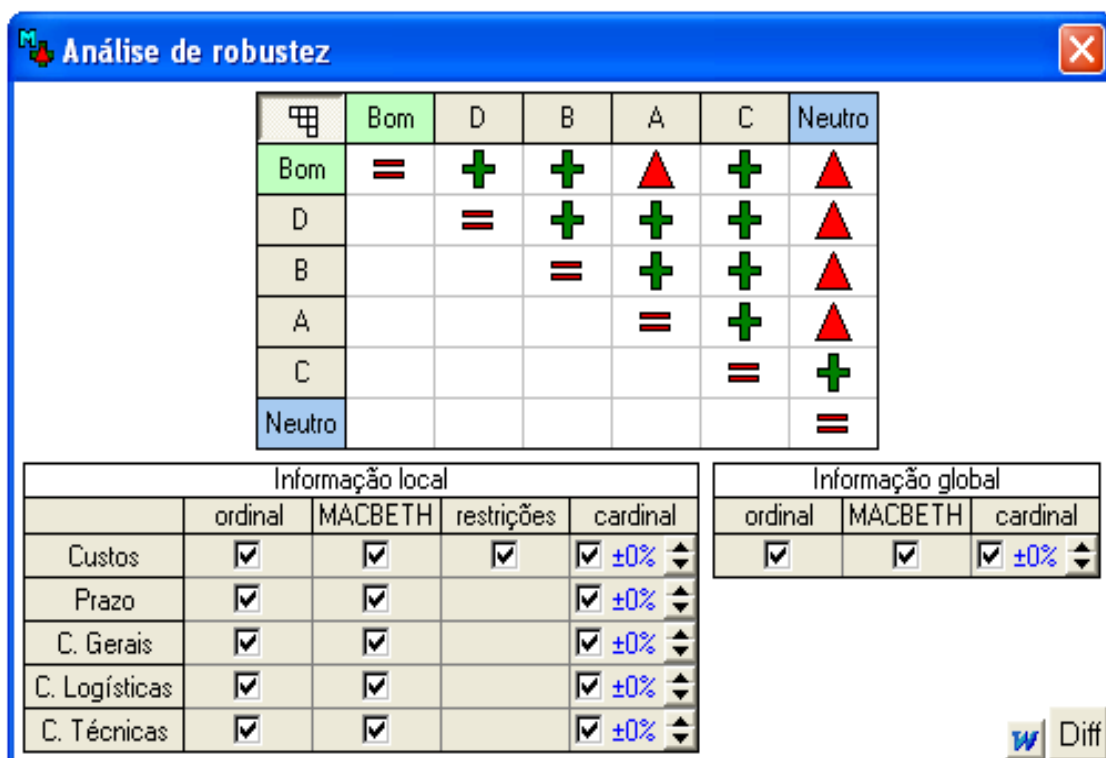
Se tivermos em linha de conta o segundo critério em que a Opção D não é a mais vantajosa (Características Logísticas) no mapa seguinte podemos concluir que neste caso apenas um factor de ponderação de aproximadamente 45,6% face aos 9% estimados permitirão inverter a pontuação global sendo B preferível a D.

Quadro 5: Mapa de análise de sensibilidade dos resultados de acordo com o critério das Características Logísticas



Por último o software permite-nos fazer uma análise de robustez ao processo analisado.

Quadro 6: Análise de robustez



De acordo com a mesma, analisou-se a robustez dos resultados tendo toda a informação disponível, isto é, informação ordinal, pois pretende-se que o decisor saiba não só a ordenação das propostas quanto a um determinado critério mas também as diferenças de pontuação entre as mesmas, e informação cardinal, apurando a partir da pontuação global a melhor proposta. A figura triangular vermelha indica que a proposta em linha domina a proposta em coluna e a figura em forma de sinal de soma a verde informa-nos que a proposta em linha domina aditivamente (no conjunto dos critérios) a proposta em coluna. Assim sendo, conclui-se que a proposta fictícia considerada com 100 pontos (Bom) domina a proposta A em todos os critérios, assim como D, B e A dominam a proposta fictícia com 0 pontos (Neutro). C domina a mesma mas aditivamente. De facto em termos de Características Técnicas verificou-se estar abaixo das expectativas, surgindo como a pior proposta (ver Quadro 2). A ordenação das restantes propostas é feita por diferenças aditivas em que D é melhor que B e A e B melhor que A globalmente.

## CAPÍTULO V – CONCLUSÕES

### 1. Resumo dos principais resultados

A presente Dissertação foi estruturada em cinco capítulos. No primeiro capítulo foi efectuada uma introdução ao objecto de estudo, o propósito da investigação identificando-se sumariamente o quadro teórico e as questões da investigação. No segundo capítulo foi feita a revisão da literatura. Desenvolveu-se a temática da análise de decisão e os métodos multi-critério com as suas duas principais escolas ideológicas. Em termos de metodologias MCDA, analisaram-se dois métodos alternativos. (AHP e MACBETH) Concluiu-se que para o caso em apreço o MACBETH seria mais apropriado. (ver Tabela 2) No terceiro capítulo caracterizou-se a entidade FAP, descreveram-se as fases de formação do piloto-aviador na instituição e enquadraram-se legislativamente o processo de concurso público inerente à aquisição de um novo Sistema de Armas. No capítulo quatro foi simulada a aplicação da metodologia seleccionada no capítulo dois (MACBETH), e feita uma avaliação dos resultados obtidos. Foram identificados e por último realizada uma teoria assente numa análise de sensibilidade e robustez que o software utilizado também permite efectuar.

Podemos concluir que com a aplicação da análise multi-critério foi alcançada a melhor opção de investimento, isto é, a opção de compra das Aeronaves que melhor cumprem os objectivos da FAP. O resultado obtido revelou-se robusto e pouco sensível a variações de ponderadores, sendo que na análise critério a critério apenas foi relegado para plano inferior ao primeiro lugar no critério “características logísticas” e “custos”.

Após a análise de sensibilidade e robustez dos resultados, é possível confirmar que a escolha da melhor proposta baseada nos julgamentos efectuados pelo Grupo de Trabalho especializado e multidisciplinar da Força Aérea Portuguesa deve ser a OPÇÃO D, tratando-se de uma decisão robusta. Assim a Comissão deverá proceder à realização do Relatório Preliminar da Fase de Negociações que, após homologação ministerial e um breve período de conversações com os fabricantes, resultará na efectivação do Relatório Final da Fase de Negociações. Com a homologação do Relatório Final, o vencedor do concurso será o fabricante que apresentar a proposta global mais atractiva.

A solução alcançada incorporando técnicas da investigação operacional no apoio a decisão leva-nos a referir que se trata da solução acertada, devido à comparação dos resultados alcançados com as outras propostas em concurso.

Após o desenvolvimento deste trabalho de investigação pode-se responder às questões previamente colocadas no ponto 3 do Capítulo I. Assim sendo, é possível aplicar um método multi-critério (MACBETH) na organização FAP para a resolução do problema proposto. Para que tal seja ultrapassado de forma simples a fase da decomposição hierárquica e recolha de informação fidedigna é fundamental para que o decisor tome a decisão correcta e consiga lidar com os problemas de incerteza e complexidade inerentes à tomada de decisão. Por último concluiu-se que no caso em apreço, a solução proposta é a OPÇÃO D.

## 2. Principais Conclusões e Contribuições Teóricas e Práticas

A legislação nacional e internacional força o poder público, na aquisição de bens e serviços, a incluir uma avaliação regulamentada com garantias de rigor e transparência no processo de tomada de decisão. (MDN, 2004) Contudo essa mesma premissa não impõe a metodologia a utilizar. O problema de selecção de um Sistema de Armas é estratégico e tem um impacto significativo no que concerne a um sistema de defesa nacional. Inúmeras alternativas têm de ser consideradas e avaliadas em termos de diferentes critérios atendendo a um largo e subjectivo leque de factores relacionados com o problema. Assim sendo, uma avaliação eficaz do problema é essencial para que a decisão tenha qualidade e seja reduzida a subjectividade da escolha.

O MACBETH, tal como abordado no Capítulo 2, é uma abordagem baseada na diferença de julgamentos, cuja maior inovação é a introdução da capacidade de gerar escalas numéricas baseadas em comparações emparelhadas qualitativas em termos de diferença de atractividade. Claramente, este recurso exige um eficaz planeamento sob pena de ser pouco rigoroso, inerentemente intuitivo e, portanto, difícil, sobre o uso de números para representar preferências. Os julgamentos são pessoais mas o método como são alcançados é melhor que muitos outros como o mais famoso e analisado neste trabalho AHP. É adequado para análise de decisão em grupos multi-disciplinares e as suas vantagens/desvantagens foram dissecadas ao longo do capítulo dois.

As principais contribuições do trabalho estão relacionadas com o Apoio à Decisão, nomeadamente no que respeita ao MCDA. Uma contribuição nesta área está na apresentação resumida dos passos de aplicação de dois métodos de MCDA (AHP e MACBETH). O trabalho apresenta a aplicação do MCDA num exemplo de substituição de frotas de aeronaves por outra no âmbito de uma instituição militar. Este trabalho de cariz académico, também se revela o primeiro texto do género em português a explicar detalhadamente os passos da utilização da metodologia MACBETH num problema de decisão multi-disciplinar num concurso público de cariz militar.

### 3. Limitações do Estudo e Sugestões para Futura Investigação

Realizar um estudo de caso numa instituição militar é um desafio a todos os níveis. A primeira limitação do estudo relaciona-se com o envolvimento de muitas variáveis e vários órgãos, para serem analisados com eficácia, obrigando a uma necessidade frequente de contactar com os elementos do grupo de trabalho multidisciplinar, com conhecimentos nas várias áreas envolvidas no estudo, desde os órgãos de gestão financeira da Força Aérea, Divisão de Recursos, Divisão de Planeamento, à própria Academia. Neste contexto foram efectuadas entrevistas e inúmeras reuniões preparatórias para o fornecimento de informação.

Pelo mesmo motivo apresentado anteriormente nasce a segunda limitação deste estudo: dificuldade do acesso à informação, nomeadamente a respeitante a valores controlados por entidades externas à Força Aérea, como o preço de Aquisição de Aeronaves e suas características principais, visto tratar-se de um concurso a decorrer e esta informação ser classificada como reservada. Assim como já no capítulo quatro foi referido, houve necessidade de utilizar dados simulados/enviesados.

Como aspectos não focados no estudo mas que poderão ser alvo de futuras investigações reforçando a validade da decisão a tomar, sugere-se adicionar: os custos a) inerentes ao concurso, (b) ao abate e alienação das antigas frotas de instrução e (c) à formação necessária para operacionalizar a nova frota, aos custos já considerados neste trabalho. Além disso, efectuar a comparação deste somatório actualizado de custos com três outras opções: (1) Manutenção da situação actual “Statu Quo” por mais uma década, (2) Modernização das frotas existentes e (3) Considerar a opção de formação no exterior. Uma última sugestão respeita ao facto de se adicionar um critério de decisão no que diz respeito à possibilidade de utilização de contrapartidas de acordos bilaterais,

obtenção de economias de escala por integração em centros de formação, etc., podendo traduzir-se em benefícios derivados da maior fiabilidade dos equipamentos e bem assim da redução dos custos devidos à possibilidade de existência de “pools” logísticas com outros utilizadores e de benefícios para outras entidades portuguesas relacionadas (como por exemplo na indústria de fabricação de material aeronáutico).

Além do sugerido como trabalhos futuros, recomenda-se aprofundar os graus na árvore hierárquica, gerando um maior detalhe dos critérios. É importante encontrar os factores de decisão e argumentar, em especial no sector público, muito mais os factores decisórios, a sua importância, de forma justa e que não venha a gerar futuramente hipotéticas disputas ou tensões sobre a integridade da avaliação efectuada. (Bana e Costa *et al.*, 2002) Outra possibilidade de melhoria será considerar os custos de investimento e de manutenção, tendo em vista o cenário futuro de redução de recursos financeiros para o sector público militar. Esta componente é de vital importância na escolha da aeronave pois como ficou analisado a opção D seguindo unicamente este critério, ponderado com 50%, encontra-se em 4º lugar e mantém-se globalmente em 1º até que a importância dada ao factor Custo suba para os 62,5%, quando encontramos um empate na avaliação global entre a opção D e B nos 75,9%.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 1. Documentação

ALBUQUERQUE, J. C. (Coronel) (2005), “Aquisição de Produtos Complexos de Defesa, *DIAEFA*”

BANA E COSTA, C. A. (2006), “Como melhorar a tomada de decisão nas organizações? MACBETH: Princípios, metodologia e casos reais de aplicação”, *Slides de apoio do Mestrado em Administração UECE*

BANA E COSTA, C. A. e CHAGAS, M. P. (2004), “A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments”, *European Journal of Operational Research*

BANA E COSTA, C. A. e CORRÊA, E. C. (2000), “Construction of a total quality index using a multicriteria approach: the case of Lisbon Gas Company”, *CEG-IST Research Paper 10/2000*, Lisboa

BANA E COSTA, C. A. e CORRÊA, E. C. (2002), “Facilitating bid evaluation in public call for tenders: a sócio-technical approach”, *Omega – International Journal of Management Science*

BANA E COSTA, C. A., DE CORTE, J. M. e VANSNICK, J. C. (2003), “MACBETH”, *Working Paper LSEOR*

BANA E COSTA, C. A., DE CORTE J. M. e VANSNICK, J. C. (2005), “On the mathematical foundations of MACBETH”, *Springer Book Series: International Series in Operations Research & Management Science*, v. 76 (Pre-Print: *Working Paper LSEOR, LSE*)

BANA E COSTA, C. A. e NUNES DA SILVA F. (1994), “Concepção de uma “boa” alternativa de ligação ferroviária ao porto de Lisboa: uma aplicação da metodologia multi-critério de apoio à decisão e à negociação”, *Investigação Operacional*

BANA E COSTA, C. A., NUNES DA SILVA F. e VANSNICK, J. C. (2001), “Conflict dissolution in the public sector: a case study”, *European Journal of Operational Research*, 130(2)

BANA E COSTA, C. A. e OLIVEIRA, R. C. (2002), “Assigning priorities for maintenance repair and refurbishment in managing housing stock”, *European Journal of Operational Research*, 138 (2)

BANA E COSTA, C. A., OLIVEIRA, R. C. e ALVAREZ, M. L. (1997), “SMAI: sistema multi-critério de avaliação de intervenções num parque habitacional municipal”, In A.A. Bezelga, A.B. Leitão (eds.), *A Avaliação do Imobiliário*, APAE, Lisboa

BANA E COSTA, C. A., OLIVEIRA, R. C. e ALVAREZ, M. L. (1994), “Concepção de um sistema multi-critério de definição de prioridades de intervenção/conservação do património habitacional da Câmara Municipal de Lisboa”, In *Comunicações ao 2º ENCORE – Encontro sobre Conservação e Reabilitação de Edifícios*, vol. II, LNEC, Lisboa

BANA E COSTA, C. A. e PHILLIPS, L. D. (2007), “Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing”, *Springer Science + Business Media*

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (2001), “A fundamental criticism to Saaty’s use of the eigenvalue procedure to derive priorities”, *The London School of Economics and Political Science*, Londres

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (2008), “A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP”, *European Journal of Operational Research*

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (1994), “MACBETH - An Iterative Path Towards the Construction of Cardinal Value Functions”, *International Transactions in Operations Research*, v. 1, n. 4

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (1997a), “Applications of the MACBETH approach in the Framework of an additive aggregation model”, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6(2): 107-114

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (1997b), “L’approche MACBETH: Note technique de présentation”, *Research Paper of CESUR*, 779, Lisboa

BELTON, V. (1986), “A Comparison of the Analytic Hierarchy Process and a Simple Multiattribute Value Function”, *European Journal of Operations Research*, v. 26

BERNARDINO, P. M. O. (Capitão) (2006), “Definição de requisitos no processo de aquisição de novos sistemas de armas, MDN, Instituto de Estudos Superiores Militares”, *Curso Geral de Guerra Aérea*

BERNASCONI, M., CHOIRAT, C. e SERI, R. (2009), “The Analytic Hierarchy Process and the Theory of Measurement”, *Working Paper No.24, Department of Economics Ca’Foscari University of Venice*

BOUCHER, T. O., MACSTRAVIC, E. L. (1991), “Multiattribute Evaluation within a Present Value Framework and its Relation to the AHP”, *The Engineering Economist*, v. 37

BRAMONT, P., (1996), “Priorização de projetos sob a ótica social – um método robusto envolvendo múltiplos critérios”, *Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção*, Florianópolis (Brasil)

BROWLOW, S. A. e WATSON, S. R. (1987), “Structuring Multiattribute Value Hierarchies”, *JORS*, v. 38, n. 4

CHAMBEL, M. (General) (2003), “Gestão Logística dos Sistemas de Armas”, *IAEFA*, Sintra

CHEN, Q. e WANG, J. (2005), “Strategic Decision Making: Applying the Analytic Hierarchy Process”, *Interfaces*, v. 35

CHENG, E. W. e LI, H. (2001), “Information priority-setting for better resource allocation using Analytic Hierarchy Process”, *Information Management and Computer Security*, v. 9, n. 2, pp 61-70

CHENG, C. H., YANG, K. L. e HWANG, C. L. (1999), “Evaluating attack helicopters by AHP based on linguistic variable weight”, *European Journal of Operational Research*

CROWE, T. J., NOBLE, J. S. e MACHIMADA, J. S. (1998), “Multi-attribute analysis of ISO 9000 registration using AHP”, *The International Journal of Quality & Reliability Management*

DYER, J. S. (1990), “Remarks on the analytic hierarchy process”, *Journal of the Institute of Management Science*, v. 36

FORMAN, E. H., GASS, S. I. (2001), “The Analytic Hierarchy Process: An Exposition, Operations Research”, *Operations Research* v. 49, n. 4

GOMES, E., MELLO, J. e MANGABEIRA, J. (2008), “Índice multi-critério de bem estar social rural em um município da região amazônica”, *Pesquisa Operacional*, v. 28, n.1

HAFEEZ, K., ZHENG, Y. e MALAK, N. (2002), “Determining key capabilities of a firm using AHP”, *International Journal of Production Economics*, v. 76, n. 1

HARKER, P.T. e VARGAS, L. G. (1987), “The theory of ratio scale estimation: Saaty’s analytic hierarchy process”, *Management Science*, v. 33

HARKER, P. T. e VARGAS, L. G. (1990), “Reply to Remarks on the Analytic Hierarchy Process”, *Management Science*, v. 36

HUANG, C. C., CHU, P. Y. e CHIANG, Y. H. (2008), “A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection”, *Omega*, v. 36

KAO, C. e HUNG, H. T. (2007), “Management performance: An empirical study of the manufacturing companies in Taiwan”, *Omega*, v. 35

MEIXNER, O. e HAAS, R. (2002), “An Illustrated Guide to the Analytic Hierarchy Process”, *Institute of Marketing & Innovation, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Viena*

OLIVEIRA, R. C. e LOURENÇO, J. C. (2002), “A multicriteria model for assigning new orders to service suppliers”, *European Journal of Operational Research*, v. 139, n. 2

PALMER, B. (1999), “Click here for decisions”, *Fortune*

PÉREZ, J. (1995), “Some comments on Saaty’s AHP”, *Management Science*, v. 41

PHILLIPS, L. D. e BANA E COSTA, C. A. (2005), “Transparent prioritization, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing”, *Operational Research Working Papers, LSEOR 05.75.*, Department of Operations Research, London School of Economics and Political Science, Londres

PORTO, J. L. (1999), “Analyse multicritère dans le cadre des appels d’offres pour la construction de travaux publics et privés: le cas du Métro de Porto au Portugal”, *Newsletter of the European Working Group “Multicriteria Aid for Decisions”*, v. 15

REIS, A. (Capitão) (2001), “Introdução de Sistemas de Armas nas Forças Armadas”, *IAEFA*, Sintra

SAATY T. L. (1986), “Axiomatic foundation of the analytic hierarchy process”, *Management Science*

SHIAU, Y., CHENG C. e HUNG H., (2002), “Use questionnaire and AHP techniques to develop subcontractor selection system”, *Chung Hua University*

SILVA, J. S. V. e BANA E COSTA, C. A. (2001), “Especificação de uma ferramenta de apoio à decisão para gestão pública em regiões semi-áridas”, *CEG-IST Research Paper*, v. 23, Lisboa

SMITH, J. E. e VON WINTERFELDT, D. (2004), “Decision Analysis in Management Science”, *Management Science*

TAM, M. C. Y. e TUMMALA, V. M. R. (2001), “An application of the Analytic of Capital Hierarchy Process in vendor solution of a telecommunication system”, *Omega*, v. 29, n. 2

TCHEMRA, A., (2009), “Tabela de decisão adaptativa na tomada de decisão multi-critério”, *Tese apresentada à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Engenharia*, São Paulo (Brasil)

TOMA, T. e ASHARIF, M. R. (2003), “AHP coefficients optimization technique based on GA”, *Department of Information Engineering of University of Ryukyus* (Japão)

VARGAS, L. G. (1990), “An Overview of the Analytic Hierarchy Process and its Applications”, *European Journal of Operations Research*, v. 48

VILAS BOAS, C. (2006), “Modelo Multi-critérios de apoio à decisão aplicado ao uso múltiplo de reservatórios: estudo da barragem do Ribeirão João Leite”, *Dissertação apresentada ao Departamento de Economia da Universidade de Brasília como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia*, Brasília (Brasil)

WEINGARTNER, H. M. (1977), “Capital Rationing: n Authors in Search of a Plot”, *The Journal of Finance*, v. 32, n. 5

YANG, J. e LEE, H. (1997) “An AHP decision model for facility location selection”, *Facilities*

## 2. Legislação Consultada

Constituição da República Portuguesa,

[http://www.cne.pt/Legislacao/dlfiles/crp\\_pt\\_2005\\_integral.pdf](http://www.cne.pt/Legislacao/dlfiles/crp_pt_2005_integral.pdf)

Decreto-Lei n.º 441/91, de 15 Nov – Código do Procedimento Administrativo

Decreto-Lei n.º 6/96, de 31 Jan – Código do Procedimento Administrativo

Decreto-Lei n.º 33/99, de 5 de Fevereiro. D.R. 1.ª série-A. - N.º 30, pp 668-675

Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro. D.R. 1.ª série – N.º 20, pp 753-852

Decreto-Lei n.º 154-A/2009, de 6 de Julho. D.R. 1.ª série – N.º 128, pp 4324(5)-4324(11)

Decreto-Lei n.º 232/2009, de 15 de Setembro. D.R., 1.ª série – N.º 179, pp 6428-6435

Grandes Opções do Plano 2005-2009, [www.dpp.pt](http://www.dpp.pt)

Grandes Opções do Conceito Estratégico de Defesa Nacional

<http://www.portugal.gov.pt>

Lei n.º 31-A/2009 de 7 de Julho. D.R., 1.ª série – N.º 129, pp 4344(9)-4344(18)

Programa do XVIII Governo Constitucional, <http://www.portugal.gov.pt>

Resolução do Conselho de Ministros n.º 6/2003. Conceito Estratégico da Defesa Nacional, de 20 de Janeiro. D.R. I Série-B. N.º 16, pp 279-287

RFA 303-1 Vol I. 1982 – Organização da Força Aérea, Vol I Organização Geral Alfragide, EMFA

### 3. Manuais

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (1997c), “*A theoretical Framework for measuring attractiveness by a categorical based evaluation technique (MACBETH)*”, In J. Climaco (ed.), *Multicriteria Analysis*, Springer-Verlag, Berlim

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (1995), “*General overview of the MACBETH approach*”, In P.M. Pardalos, Y. Siskos and C. Zopounidis (eds.), *Advances in Multicriteria Analysis*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (1999a), “*Preference relations and MCDM*”, In T. Gal, T.J. Stewart and T. Hanne (eds.), *Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston (EUA)

BANA E COSTA, C. A. e VANSNICK, J. C. (1999b), “*The MACBETH approach: basic ideas, software and an application*”, In N. Meskens and M. Roubens (eds.), *Advances in Decision Analysis*, Kluwer Academic Publishers, pp 131-157, Dordrecht

COPELAND, T. E. e WESTON, J. F. (1992), “*Financial Theory and Corporate Policy*”, 3<sup>rd</sup> ed., Addison-Wesley Publishing Company

C3E (1995), “*Applying the Multi-criteria Method to the Evaluation of Structural Programmes*”, MEANS Handbook, 4, European Commission, DG XVI/02, Bruxelas

DOGSON, J., ROBSON K. e SMITH F. (2001), “*DTLR multi-criteria analysis manual*”, DTLR – Department for Transport, Local Government and the Regions, Reino Unido

MDN, *Ministério Defesa Nacional - Conceito Estratégico Militar*, Dezembro 2003

MDN, *Ministério Defesa Nacional - Programa do Concurso para o Fornecimento de Aeronaves Transporte Tático e Vigilância Marítima*, Outubro 2004

SAATY, T. L. (1994), “*Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process*”, RWS Publications

SIMON, H. (1960), “*The New Science of Management Decision*”, Harper and Brothers

#### 4. Entrevistas

Coronel Lopes, Joaquim Gonçalves Coelho. *Tipologia dos Concursos de Aquisição Na Direcção Geral de Armamento e Equipamento de Defesa*, Belém, Janeiro 2006

Coronel Narciso, Jorge Manuel Patrício. *Estrutura Organizativa para a Condução dos Processos de Aquisição. No Núcleo de Planeamento Estratégico do Estado-Maior da Força Aérea*, Alfragide, Janeiro e Fevereiro 2006

Major Páscoa, Carlos Jorge Ramos. *Lições a Retirar dos Processos de Modernização do P-3P e C130*

Tenente-Coronel Carvalho, João Tiago Cabral de Almeida. *Lições a Retirar do Processo de Aquisição do EH-101 “Merlin”*. Na 3<sup>a</sup> Divisão do Estado-Maior da Força Aérea, Alfragide, 13 Janeiro 2006

Tenente-Coronel Sá, Arménio Fernandes de. Lições a Retirar dos Processos de Modernização do P-3P e Aquisição do A-400M. Na 3ª Divisão do Estado-Maior da Força Aérea, Alfragide, 2005

Coronel Lobão, Guilherme dos Santos. Enquadramento Legal das Aquisições de Sistemas de Armas para a Força Aérea. No Núcleo de Planeamento Estratégico, Alfragide, 13 Janeiro 2006

## 5. Palestras

ALLEN, G. W. (2000), “US Defense acquisition process”, *27<sup>th</sup> NATO Weapons Systems Management Course*, Munique (Alemanha)

BERGEOT (2000), “French acquisition process”, *27<sup>th</sup> NATO Weapons Systems Management Course*, Munique (Alemanha)

MCCLIVE, I. (2000a), “Life Cycle Costs”, *27<sup>th</sup> NATO Weapons Systems Management Course*, Munique (Alemanha)

MCCLIVE, I. (2000b), “UK acquisition process”, *27<sup>th</sup> NATO Weapons Systems Management Course*, Munique (Alemanha)

ROLLER, P. (2000), “The German acquisition process for military equipment on a new way”, *27<sup>th</sup> NATO Weapon Systems Management Course*, Munique (Alemanha)