



LISBON
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT
UNIVERSIDADE DE LISBOA

MESTRADO

**CONTABILIDADE, FISCALIDADE E FINANÇAS
EMPRESARIAIS**

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

TRABALHO DE PROJETO

**O MODELO DE AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS DE
CONCURSO PÚBLICO NA FORÇA AÉREA - UMA
APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO**

ANA LOIDE BATISTA DA SILVA

OUTUBRO - 2015



**LISBOA
SCHOOL OF
ECONOMICS &
MANAGEMENT**

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

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

TRABALHO DE PROJECTO

O MODELO DE AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS DE
CONCURSO PÚBLICO NA FORÇA AÉREA
PORTUGUESA - UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE
MULTICRITÉRIO

ANA LOIDE BATISTA DA SILVA

ORIENTAÇÃO:

PROFESSOR DOUTOR PEDRO VERGA MATOS

CAPITÃO ENGENHEIRA DE AERÓDROMOS MARTA SANTOS

OUTUBRO - 2015

O MODELO DE AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS DE CONCURSO PÚBLICO NA FORÇA AÉREA PORTUGUESA – UMA APLICAÇÃO DA ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Por Ana Silva

Resumo

Decidir melhor tem sido uma preocupação manifesta em diversos ramos de atividade, incluindo o setor público. Particularmente na Força Aérea, decidir melhor é evidentemente necessário devido aos recursos que se consomem e que não são, naturalmente, apenas financeiros. O presente trabalho de projeto enquadra-se na temática da análise multicritério e tem por finalidade aplicar o método MACBETH a um concurso público da Força Aérea Portuguesa. É particularmente elaborado um modelo, para avaliação de propostas, a fim do cumprimento de um concurso de construção de infraestruturas. O modelo é formulado através de reuniões, em conferência, entre os avaliadores dos concorrentes a concurso. Os resultados obtidos pelo modelo proposto são comparados com os resultados do modelo atual, não apenas pela análise comparativa das pontuações dos concorrentes com melhor desempenho, mas também pela análise de sensibilidade efetuadas através da plataforma *wised* com fundamentos teóricos no método MACBETH. Assim, pretendeu-se dotar a FA de uma ferramenta que otimize a avaliação de propostas de concorrentes aos concursos públicos.

Palavras-chave: Análise de Decisão, Concursos Públicos, Análise Multicritério, Força Aérea, MACBETH, Avaliação de Propostas, Infraestruturas.

Abstract

Making the best decision has been a major concern in many fields of activity including the public sector. Particularly in the Air Force (AF), making the best decision is very evident due to the resources, not only financial, but all that are used. The present project centres on multi-criteria analysis and aims to employ MACBETH's method to a public tender of the Portuguese Air Force. In particular, it draws up a model for the evaluation of proposals for an infrastructure construction tender. The model is formulated through conference meetings between the appraisers of the candidates for the tender. The results obtained through the proposed model are then compared to those from the current model, not only through the comparative analysis of the scores of the candidates who performed better but also through the sensitivity analysis carried out by the *wised* platform with theoretical foundations from the MACBETH method. Thus, it was intended to provide the AF with a tool that optimizes the evaluation of proposals of candidates to public tenders.

Keywords: Decision Analysis, Public Tender, Multi-criteria Analysis, Air Force, MACBETH, Evaluation of Proposals, Infrastructure.

Agradecimentos

A realização do presente trabalho revelou-se, de facto, bastante exigente. Todavia, dispus de importantes apoios e incentivos, sem os quais não se teria tornado uma realidade e a quem estou eternamente grata.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, o Doutor Pedro Verga Matos, pela prontidão, acompanhamento e ajuda no decurso do trabalho.

Dirijo também um agradecimento muito sincero e especial à minha co-orientadora CAP/ENGAED Marta Santos, que desde sempre se disponibilizou para esclarecer dúvidas e corrigir o meu trabalho apesar das exigências de tempo inerentes às suas funções. Não só a CAP Marta Santos contribuiu para o bom desenvolvimento deste trabalho, mas toda a Secção de Construção Civil da Repartição de Obras da Direcção de Infra-estruturas da Força Aérea. Muito obrigada pela disponibilidade não só pelo esclarecimento de dúvidas, mas pelo tempo despendido na concretização das diversas fases da metodologia deste trabalho.

Agradeço à minha diretora do curso de Administração Aeronáutica, CAP/ADMAER Helga Novais pelo acompanhamento que efetuou não só, a mim mas também a todos os meus camaradas.

Deixo uma palavra de agradecimento aos meus camaradas Torques e em especial aos ADMAER pela ajuda mútua vivida em cada fase de elaboração dos nossos trabalhos.

Por fim e não menos importante, agradeço à minha família pelo apoio prestado durante os diversos anos em que frequentei a Academia da Força Aérea e, muito em particular, neste último, na concretização deste trabalho. Agradeço particularmente à minha avó pela educação cristã que me transmitiu, pela qual eu creio que “Posso

enfrentar todas as dificuldades naquele que me fortalece” e, por isto, termino agradecendo a Deus pelas capacidades físicas e cognitivas que me habilitou para finalizar este trabalho e o curso na Academia da Força Aérea.

Índice

Resumo	I
Abstract.....	II
Agradecimentos	III
Índice	V
Lista de Figuras	VII
Lista de Tabelas	VII
Lista de Siglas e Acrónimos	VIII
Índice de Anexos	IX
1 Introdução.....	1
2 Revisão de Literatura.....	3
2.1 Breve Introdução	3
2.2 A complexidade de decisão nas aquisições públicas	3
2.3 Procedimento metodológico	4
2.4 Metodologias de MCDM	5
2.5 Métodos de Análise de Decisão	6
2.5.1 MAUT/MAVT	7
2.5.2 AHP	8
2.5.3 MACBETH	9
2.5.3.1 Aplicações do MACBETH	12
2.6 Vantagens e Desvantagens	13
2.7 Breve Síntese	13
3 Enquadramento do Objeto de Estudo	14
3.1 A Força Aérea e as Infraestruturas	14
3.2 Concurso Público – Construção de Estrutura Metálica na Placa Oeste, Monte Real	15
4 Metodologia e sua aplicação	18
4.1 Estudo de Caso	18
4.2 Planeamento de Investigação	18
4.3 Preparação para a recolha de dados	19

4.4 Recolha de dados	19
4.5 Avaliação da Evidência	20
4.6 Identificação, Explicação de Padrões e Aplicação da Metodologia	20
4.6.1 Definição dos Critérios e Estruturação	21
4.6.2 Definição de Escalas e Pontuação	21
4.6.3. Ordenação e Ponderação de Critérios	22
4.6.4 Definição das Opções	23
4.6.5 Avaliação das Opções	24
5 Análise de Resultados.....	26
5.1 Apresentação e explicação de resultados	26
5.2 Comparação de Resultados entre o modelo efetivo e modelo proposto	27
5.3 Análise de Sensibilidade	28
5.4 Efeito das diferenças de preço no orçamento executado	31
6 Conclusões, Limitações e Estudos Futuros	32
6.1 Principais Conclusões	32
6.2 Limitações e Estudos Futuros	34
Referências Bibliográficas.....	36
ANEXOS	41

Lista de Figuras

Figura 1- Modelo Tridimensional da Estrutura Metálica	16
Figura 2 - Diagrama geral de procedimento de Concurso Público de Infraestruturas na FA	16
Figura 3 - Desempenho e respetivo Termómetro de Pontuação gerado após avaliação dos concorrentes no subcritério C1.1 Md Metodologia de Execução	24
Figura 4 - Aplicação do Modelo aditivo no modelo global e respetivo termómetro de pontuação dos concorrentes.....	25
Figura 5 - Comparação de pontuações em todos os subcritérios do modelo proposto entre empresa "Lena" e empresa "A Encosta"	29
Figura 6 - Comparação do desempenho entre as empresas "A Encosta" e "Lena" no modelo efetivo de avaliação de propostas da FA	30

Lista de Tabelas

Tabela I.....	15
Tabela II.....	23

Lista de Siglas e Acrónimos

AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
CAP	Capitão
CCP	Código dos Contratos Públicos
CPA	Código de Procedimento Administrativo
DI	Direção de Infraestruturas
ENGAED	Engenharia de Aeródromos
FA	Força Aérea
MCDA	Multiple Criteria Decision Analysis
MCDM	Multiple Criteria Decision Making
MCLAFA	Manual do Comando Logístico da Força Aérea
Md	Memória Descritiva
MAUT	Multiple-Attribute Utility Theory
MACBETH	Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique
MAVT	Multi-Attribute Value Theory
Pt	Programa de Trabalhos

Índice de Anexos

Anexo 1 - Métodos MAUT	41
Anexo 2 - Metodologia MCDA.....	41
Anexo 3 - Objeto de Avaliação dos Critérios e Subcritérios do modelo proposto.....	42
Anexo 4 - Questionário efetuado aos avaliadores dos Concursos Públicos (algumas secções).....	42
Anexo 5 - Árvore de decisão do modelo proposto	43
Anexo 6 - Matriz de Julgamento e Escala Qualitativa de Preço	43
Anexo 7 - Matriz de Julgamento e Ponderação dos subcritérios de C1	43
Anexo 8 - Matriz de Julgamento e Ponderação dos subcritérios de C2	43
Anexo 9 - Matriz de Julgamento e Ponderação resultante do Modelo Global	43
Anexo 10 - Avaliação e Termómetro de pontuação do subcritério Preço.....	43
Anexo 11 - Aplicação do modelo aditivo no critério C1 e respetivo termómetro de pontuação.....	43
Anexo 12 - Aplicação do modelo aditivo no critério C2 e respetivo termómetro de pontuação.....	43
Anexo 13 - Árvore de Fatores do modelo de avaliação atual da FA.....	43
Anexo 14 - Avaliação e Termómetro de Pontuações do modelo de avaliação atual da Força Aérea.....	43
Anexo 15 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Lena” com variação nas ponderações dos subcritérios de C1 no modelo proposto	43
Anexo 16 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Lena” com variação nas ponderações dos subcritérios de C2 no modelo proposto	43
Anexo 17 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Lena” com variação nas ponderações do subcritério de C3 no modelo proposto	43
Anexo 18 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Lena” com variação nas ponderações do critério A1, A2, A3 e A4 no modelo efetivo.....	43
Anexo 19 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Tecnorém” no modelo proposto	43

1 Introdução

Avaliar a importância relativa das opções, para a decisão, é o desejo de muitas áreas da vida (Beynon 2002). Um ditado afirma que herdamos o passado e criamos o futuro. Todavia, é fundamental não esquecer que, para tal, é necessário aprender a lidar adequadamente com variadíssimos aspetos. Há, sem dúvida, inúmeros fatores que influenciam os resultados na tomada de qualquer decisão. É igualmente imprescindível, consciencializarmo-nos que o nosso progresso depende da capacidade de tomarmos decisões eficazes (Saaty e Shang 2011).

A execução de um projeto de construção bem-sucedido é influenciado indubitavelmente pela decisão certa, durante todo o processo de um concurso complexo. No entanto, é importante clarificar que, a aplicação de uma ferramenta de apoio à decisão é, de igual modo, imperativo (Mohemad, Hamdan, Othman, e Noor 2010). Os concursos públicos têm sido alvo de estudo científico, sendo um setor de bastante relevância pelos impactos económicos e nos orçamentos dos estados europeus (Sciancalepore, Falagario, Constantino e Pietroforte 2011). Atualmente os concursos públicos são largamente dominados pelo preço, o que gera insatisfação pelo lado da oferta (Costa e Tavares 2013). No entanto, há concursos públicos que não podem ser geridos em função exclusiva do preço. Para tal, Bana e Costa, Corrêa, De Corte e Vansnick (2002) afirmam que a análise de decisão, em multicritério (MCDA), é a metodologia apropriada para a avaliação de propostas dos concursos públicos, usando o método MACBETH como *software* aplicado no processo de decisão.

Neste trabalho propõe-se utilizar a ferramenta MACBETH numa área ainda não trabalhada na Força Aérea Portuguesa, os concursos públicos. O atual modelo de avaliação de concursos públicos sobre infraestruturas na FA é considerado pelos seus

avaliadores como subjetivo. Assim, este trabalho pretende apresentar uma ferramenta que permita construir um modelo de avaliação menos subjetivo do que o atual, apoiando a decisão dos peritos envolvidos.

Com o propósito de dotar a FA de um método analítico que auxilie a tomada de decisão, através de otimização do orçamento e missão da FA, este trabalho apresenta um novo modelo com as seguintes questões de investigação: (A) O método de análise multicritério, para a decisão em concursos públicos, pode ser aplicado na FA? (B) O vencedor, apurado pelo método de análise multicritério, é diferente do vencedor apurado pelos métodos atuais? (B.1) Há diferenças para o orçamento da Força Aérea em caso de escolha do vencedor obtido no modelo proposto?

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos: (1) Introdução, (2) Revisão de Literatura, (3) Enquadramento do Objeto de estudo, (4) Metodologia e Sua aplicação, (5) Análise de Resultados e (6) Conclusão.

Este capítulo assinala a introdução, onde se apresenta uma breve abordagem ao tema, indicando a motivação e ainda, no qual, são colocadas as questões centrais do trabalho final de mestrado. O segundo capítulo evidencia a revisão de literatura já publicada, incidindo sobre a temática da análise multicritério e as suas bases teóricas. No terceiro capítulo, enquadra-se o objeto de estudo, no tema do trabalho. Aqui, identifica-se o processo de decisão atual em concursos públicos na Força Aérea Portuguesa. O quarto capítulo trata a metodologia e sua aplicação, descrevendo-se o procedimento utilizado para a definição do novo modelo de decisão. No que concerne ao capítulo cinco, na análise de resultados é explicada detalhadamente, identificando, de igual forma, a empresa vencedora no modelo proposto. Finalmente, no sexto e último capítulo, tecem-se algumas conclusões e indicam-se as limitações do trabalho e sugestões de futura investigação.

2 Revisão de Literatura

2.1 Breve Introdução

O ambiente no qual a maioria das organizações operam sofre rápidas mudanças. Como consequência, as organizações incapazes de adotar estratégias que respondem à complexidade do novo ambiente tendem a experimentar, mais cedo ou mais tarde, problemas de sobrevivência (Santos, Belton e Howick, 2002).

Segundo Uyarra e Flanagan (2010), as compras públicas referem-se à aquisição de bens e serviços por várias organizações. As decisões da compra devem ser tomadas numa base de caso-a-caso, dependendo do bem ou do serviço a adquirir, da sua utilidade para a organização e de outras restrições políticas e orçamentais.

Stewart (2005) indica que surgem situações, especialmente em problemas estratégicos, onde os riscos e as incertezas são tão críticos como a gestão das metas a alcançar. Nessas situações, torna-se necessário aplicar técnicas e modelos, na análise de decisão, com base em multicritério.

A análise de decisão em multicritério tem-se tornado numa disciplina de pleno direito. De facto, o trabalho de Steuer, Gardiner e Grey (1996) e o *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis* (JMCD) assim a evidenciam. A metodologia da *Multicriteria Decision Analysis* (MCDA) apresenta duas grandes fases: a estruturação e avaliação (Bana e Costa, Stewart e Vansnick, 1997).

2.2 A complexidade de decisão nas aquisições públicas

A abordagem dos *stakeholders* de Freeman e McVea (2001) refere que os fornecedores são um dos intervenientes que atuam nas organizações e que as relações entre estes devem ser integradas, de forma a assegurarem o sucesso a longo prazo. Adil,

Nunes e Peng (2014) indicam que a aquisição é desafiante, na medida em que a tomada de uma decisão, para a seleção dos fornecedores corretos, tendo em conta os critérios de que se dispõe, não é fácil. O impacto das decisões sobre as aquisições, nos diversos *stakeholders*, não dá margem para que ocorra negligência nas aquisições do setor público (Adil *et al.*, 2014).

Na fase de escolha dos fornecedores, a tomada de decisão é baseada no seu desempenho, em função de critérios, que habilitam as instituições públicas a impor prioridades e a lançar concursos públicos (Adil *et al.*, 2014). O Júri deve adotar procedimentos que conduzam à otimização dos objetivos específicos, tendo em conta o impacto das aquisições nas organizações públicas consideradas, evitando qualquer avaliação subjetiva dos concorrentes (Falagario, Sciancalepore, Constantino e Pietroforte, 2012). Os autores referem que, em muitos casos, a seleção da proposta a ser tomada nas compras públicas pode ser altamente complexa, devendo assim o método, para a determinação do concorrente vencedor, ser o mais objetivo possível (Falagario *et al.*, 2012).

A tomada de decisão em organizações públicas ou privadas está diretamente relacionada com a atividade humana, na qual os julgamentos dos gestores e outros atores responsáveis pelas decisões têm um papel crucial (Bana e Costa, De Corte e Vansnick, 2012). Assim, é de elevada importância a existência de instrumentos de apoio à decisão semanticamente significativos, operacionais e bem fundamentados (Bana e Costa *et al.*, 2012).

2.3 Procedimento metodológico

A análise de decisão detém diversos métodos que podem ser usados para padronizar a tomada de decisão (Zanakis, Solomon, Wishart e Dublisch, 1998).

A grande maioria dos métodos de apoio à decisão tendem a estruturar-se em três fases: (1) formulação do problema, (2) tratamento da informação relacionada com a situação e (3) recomendações (Merad, Dechy, Serir, Grabisch e Marcel, 2013).

Para identificar e compreender os problemas, bem como as questões principais do enquadramento da tomada de decisão, Eden (2004) e Bryson, Ackerman e Eden (2007) propuseram algumas abordagens, nas quais se encontra a utilização de mapas para estruturar os problemas e questões da análise de decisão.

Segundo Bana e Costa, Fernandes e Correia (2006), é essencial que estejam definidas as prioridades e as verdadeiras necessidades. Como tal, os autores utilizam a componente social para modelar o processo, envolvendo os gestores de uma forma estruturada. Por via desta componente, são conhecidas as diferentes perspetivas na avaliação dos critérios pelos intervenientes.

A aplicação de procedimentos MCDM (*Multicriteria Decision Making*) é apoiada pela aplicação de *software* adequado (Ossadnik e Lange, 1999). A junção das componentes social e técnica forma a adoção da abordagem sociotécnica, que melhora a comunicação entre os membros da organização, desenvolvendo um entendimento comum do propósito dos projetos que valorizam a organização (Phillips e Bana e Costa, 2007). Os grupos têm o potencial de superar as capacidades individuais dos seus membros, sobretudo quando são peritos em áreas diferentes e individualmente tomariam decisões de qualidade inferior comparativamente com decisões tomadas em conjunto (Sassenberg, Landkammer e Jacoby 2014).

2.4 Metodologias de MCDM

O campo de estudo da análise multicritério tem vindo a alargar-se desde o último quarto do século XX (Geldermann e Schöbel, 2011). Muitos têm sido os estudos

que propõem modelos analíticos como auxiliares para a resolução de problemas de gestão (Opricovic e Tzeng, 2004).

Os métodos que são usados frequentemente para o apoio à decisão baseiam-se em procedimentos matemáticos de agregação de diversos critérios MCAP (*Multicriteria Aggregation Procedures*) (Figueira, Greco e Ehrgott, 2005). Rolland (2013), citando Roy (1996), afirma que é possível distinguir três tipos de problemas de análise de decisão: (1) problemas de escolha, nos quais se escolhe a melhor alternativa; (2) problemas de *ranking*, que têm como propósito ordenar um conjunto de alternativas e (3) problemas de classificação, cujo objetivo é classificar as alternativas em categorias pré-definidas.

Para estes problemas, Rolland (2013) refere que usualmente são usadas duas abordagens nos métodos de agregação clássica na decisão em multicritério. A primeira é baseada no uso da função de utilidade (Jacquet-Lagrece e Siskos, 1982). A segunda abordagem baseia-se em comparações emparelhadas de critérios que determinam a alternativa preferida, tratando-se da abordagem *outranking* (Roy, 1991).

2.5 Métodos de Análise de Decisão

Os métodos da análise de decisão em multicritério integram uma área da Investigação Operacional e são frequentemente usados na gestão ambiental, industrial e empresarial (Huang, Keisler e Linkov, 2011; Behzadian, Kazemzadeh, Albadvi e Aghdasi, 2010). Na falta de informação quantitativa para um determinado critério, os métodos MCDA permitem a incorporação de avaliações qualitativas, baseadas na opinião de peritos (Aenishaenslin, Hongoh, Cissé, Hoen, Samoura, Michel, Waaub e Bélanger, 2013).

A análise multicritério comporta diversos métodos que combinam os *inputs* com informação dos custos/benefícios e opiniões dos intervenientes nas organizações, para ordenar alternativas de decisão (Huang *et al.*, 2011).

De Brucker, Macharis e Verbeke (2013) sugerem que podem ser adotados diferentes procedimentos agregados para a análise em multicritério, dos quais se destacam: (1) Agregação compensatória, onde se inserem os métodos AHP (*Analytical Hierarchy Process*), MAUT/MAVT (*Multi-attribute utility/ value theory*, anexo 1) e MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*), (Bana e Costa, Corte e Vansnick, 2011). (2) Abordagem de *Outranking*, da escola francesa (Ananda e Herath, 2009), na qual são aplicados os métodos PROMETHEE (*Preference Ordering Method for the Enrichment of Evaluations*) (Brans, Vincke e Mareschal, 1986; Brans e Vincke, 1985) e ELECTRE (*Élimination Et Choix Traduisant la Réalité*) (Roy, 1968); (3) Abordagens não-compensatórias, onde é visível o método lexicográfico (Nayak e Pal, 2009).

2.5.1 MAUT/MAVT

As abordagens baseadas na utilidade e valor usam funções matemáticas que apoiam os decisores a elaborar as suas preferências; sendo a MAVT, MAUT e AHP as abordagens mais comuns desta escola (Ananda e Herath, 2009). Desenvolvida por Saaty (1977), o AHP usa o mesmo paradigma que MAVT, servindo-se, não obstante, de uma abordagem diferente na estimação dos valores relativos dos critérios (pesos) e atribuindo valores a esses critérios (Ananda e Herath, 2009).

A abordagem MAVT consiste em construir os meios para associar um número real com uma alternativa, de forma a ser obtida uma ordem de preferência, que é consistente com os juízos de valor do decisor. Para tal, a MAVT assume que a Função

U representa as preferências do decisor e que esta é utilizada para transformar os atributos de cada alternativa em um único valor, sendo a alternativa com maior valor aquela que deverá ser a melhor (Madeira, Cardoso, Belderrain, Correia e Schwanz, 2012, citando Figueira *et al.*, 2005).

Com um único decisor, estas abordagens são capazes de expressar as suas preferências sobre as incertezas, facilitando a decisão racional de forma a ser escolhida a opção que possibilita a satisfação da utilidade máxima esperada (Huang *et al.*, 2011).

2.5.2 AHP

O Processo analítico de priorização traduz-se numa ferramenta prática face aos problemas de priorização (Saaty e Shang, 2011). O AHP (Saaty, 1977; Saaty, 1982; Saaty, 1999) baseia-se em três princípios: (1) construção de uma hierarquia, (2) definição de prioridades e (3) consistência lógica (Macharis, Springael, De Brucker, e Verbeke, 2004).

O primeiro princípio trata-se da definição do problema de decisão, centrado na contabilização dos contributos para os objetivos, estruturado e composto por diversas partes (sub-objectivos, atributos, critérios, alternativas), usando uma hierarquia (Macharis *et al.*, 2004). O segundo princípio trata-se da definição de prioridades. A “prioridade” relativa atribuída a cada elemento na hierarquia é determinada pela comparação, aos pares, das contribuições dadas por estes. O terceiro princípio é a avaliação da consistência dos julgamentos efetuados na comparação dos pares de alternativas (*pairwise comparison*).

Os autores Bana e Costa e Vansnick (2008) vêm criticar o AHP, dizendo que, apesar do EM (*eigenvalue method*) ser aceite do ponto de vista matemático, o vetor

prioritário que deriva do EM pode violar uma condição de preservação da ordem, que na opinião dos autores é fundamental no apoio à decisão.

2.5.3 MACBETH

O MACBETH é um método de tipo MAUT, que se baseia na comparação entre diferentes decisões, tomadas pelo decisor (Clivillé, Berrah e Mauris, 2007). Segundo os autores, o MACBETH descreve estas situações de uma forma única mas agregada, sendo o seu principal objetivo a transformação da informação avaliada qualitativamente em informação quantitativa.

A diferença do MACBETH para os procedimentos de determinação do valor quantitativo, tais como a *multiattribute utility measurement* (Edwards, 1977), reside no facto de o MACBETH usar apenas julgamentos qualitativos sobre as diferenças de atratividade, de forma a gerar, por via de programação matemática, pontuações para as alternativas e ponderações para os critérios (Bana e Costa *et al.*, 2012).

O MACBETH surge nos anos 90 (Bana e Costa e Vansnick, 1994), propondo um procedimento que “conduz” a quantificação interativa de valor através de julgamentos verbais, de forma a comparar as diferenças de atratividade entre as alternativas de um conjunto A.

Com base em julgamentos semânticos relativos à atratividade de alternativas, *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH) é uma abordagem interativa que quantifica a atratividade de cada alternativa, na qual a escala de medida é construída através de intervalos (Roubens, Rusinowska e De Swart, 2006). O objetivo da conceitualização do MACBETH é permitir a determinação da atratividade ou valor das opções através de comparações de alternativas, por meio de perguntas, baseadas em sete categorias qualitativas, tais como: “é indiferente?” Ou “é a

diferença bastante fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema?” (Bana e Costa *et al.*, 2012). Trata-se de um processo sociotécnico que combina os elementos técnicos do *software* com os aspetos de componente social da conferência de decisão (Phillips e Bana e Costa, 2007; Bana e Costa *et al.*, 2012; Bana e Costa, Lourenço, Oliveira e Costa, 2014).

O processo de apoio à decisão por via do MACBETH segue a metodologia dos métodos de análise multicritério (anexo 2) encerrando quatro fases: (1) análise do contexto de decisão e o desenho do processo de intervenção, (2) estruturação do problema, (3) construção do modelo de multicritério de avaliação e (4) análise de sensibilidade e elaboração de recomendações. A estruturação e a avaliação são fases essenciais na aplicação de uma metodologia de apoio à decisão. A estruturação oferece uma base sólida para a identificação de oportunidades de decisão, de construção de alternativas e para a avaliação das ações potenciais. Por sua vez, a avaliação permite o desenvolvimento formal de um modelo de avaliação global (Bana e Costa e Vansnick, 1997).

O MACBETH traduz um processo que consome menos tempo e os seus utilizadores deverão classificá-lo como mais intuitivo, providenciando melhor qualidade, em vez de quantidade (Bana e Costa e Chagas, 2004).

A fase de estruturação consiste em três aspetos fundamentais: (1) identificação de requisitos de $F = \{PVF_j, j = 1, \dots, n\}$ de pontos de vista fundamentais (PVF) para a avaliação das ações (Bana e Costa e Oliveira, 2002); (2) construção, para cada PVF_j de um modelo que descreva qualitativamente e quantitativamente o grau em que o valor associado ao PVF_j é atingido (grau de satisfação); e (3) definição de um indicador I_j para a identificação do impacto de $I_j(a)$, de uma potencial ação (a) relativa a PVF_j . (Bana e Costa e Vansnick, 1997).

A fase de avaliação baseia-se num procedimento aditivo agregado de multicritério, no qual, considerando n avaliações de critérios, o desempenho $v(a)$ de uma ação a pode ser modelado através da seguinte equação:

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

Em primeiro lugar, o objetivo do MACBETH é transformar o desempenho $g_i(a)$ da alternativa (a), correspondente ao critério g_i , num valor $v_i(g_i(a))$ que representa a atratividade da alternativa (a) numa escala normalizada. Em segundo lugar, as ponderações (pesos) w_i são constantes de uma escala normalizada, determinadas para cada avaliação de critério, de forma a ser determinada a soma das ponderações. Assim, a implementação do MACBETH é determinada através de entrevistas ao decisor, alcançando as escalas de atratividade v_i e as constantes w_i (Montignac, Sanchez e Vinches, 2009). O mesmo procedimento é modelado por Bana e Costa e Vansnick (1997) com a seguinte equação:

$$(2) \quad V_{(a)} = \sum_{j=1}^n p_j \cdot v_j(a)$$

Onde $v_j: A \rightarrow \mathbb{R}$ é a função critério cardinal definida num conjunto A de potenciais ações, que quantifica a atratividade das ações de A relativas a PVF _{j} (Ponto de Vista Fundamental) e em que $\sum_{j=1}^n p_j = 1$, $p_j > 0$ ($j = 1, \dots, n$) (Bana e Costa e Vansnick, 1997).

A consistência da escala de classificação é também avaliada, de forma que as diferenças entre as classificações numéricas deverão medir as diferenças de atratividade para ao decisor (Bana e Costa *et al.*, 2012).

O MACBETH está associado a um Sistema de apoio à decisão chamado M-MACBETH. Este *software* é vocacionado para a implementação dos processos de avaliação em multicritério, de forma simples para o usuário (Montignac *et al.*, 2009).

Desde os anos 90, a formulação matemática tem sido revista e têm sido desenvolvidas as aplicações de MACBETH em *software* (Costa e Vansnick 1999). Este *software* foi mais tarde substituído pelo atual M-MACBETH. Um sistema de apoio à decisão, cuja formulação básica está de acordo com as bases já estabelecidas (Bana e Costa *et al.*, 2005), permitindo modelar algumas respostas, como as hesitações do decisor na escolha entre duas ou mais categorias consecutivas e agregando um modelo de valor aditivo, de forma a gerar uma pontuação global que reflita a atratividade dos critérios (Dhouib, 2014). Este sistema permite realizar a análise de sensibilidade assim como a robustez dos resultados, a ser usado por consultores de apoio à decisão (Bana e Costa *et al.*, 2012). O M-MACBETH verifica automaticamente a consistência dos julgamentos expressos pelo decisor e sugere a resolução das inconsistências verificadas. As ponderações são determinadas pelos julgamentos semânticos através das funcionalidades oferecidas pelo *software* (Dhouib, 2014).

2.5.3.1 Aplicações do MACBETH

O MACBETH tem sido aplicado em diversas áreas tais como: setor financeiro (Bana e Costa, Lourenço e Soares, 2007; Ferreira, Santos e Rodrigues, 2011); setor energético (Burton e Hubacek, 2007) e ambiental (Bana e Costa, Da Silva e Correia, 2004); setor público, nomeadamente em concursos públicos (Bana e Costa *et al.*, 2007; Bana e Costa *et al.*, 2002; Oliveira e Lourenço, 2002). Concretamente, o MACBETH já foi aplicado em análise de decisão em projetos que envolvam a localização, construção

ou reparação de infraestruturas (Montmain, Sanchez e Vinches, 2009); Bana e Costa e Oliveira, 2002; Bana e Costa *et al.*, 2001; Bana e Costa *et al.*, 2006).

2.6 Vantagens e Desvantagens

O método MACBETH apresenta diversas vantagens, particularmente permite ao decisor um desempenho de dois tipos: (1) melhoria contínua, nos casos em que os problemas passam por definir, para as diversas situações enfrentadas, as expressões de desempenho fundamental e agregados. (2) Reengenharia de processos, nos casos em que os problemas passam por seleccionar a melhor ação face a um número restrito de planos de ação, considerando as opções possíveis do decisor ou da estratégia da empresa (Clivillé *et al.*, 2007).

A análise de decisão, como área de estudo não permanece sem críticas. Uma das críticas prende-se com o facto das metodologias de MCDA carecerem de mecanismos que promovam parâmetros de decisão a utilizar por um decisor sem a presença de um analista, o que consome tempo e pode levantar algumas questões a nível intelectual ou mesmo ético. Os métodos de análise de decisão também têm sido criticados pela dificuldade sentida pelos decisores não especialistas e não entendidos na teoria, o que dificulta a compreensão e o reconhecimento da validade dos métodos na adoção das recomendações extraídas destes (Papamichail e French 2013).

2.7 Breve Síntese

Concluída a revisão de literatura evidencia-se a base de estudo para a aferição de um procedimento metodológico vocacionado para a construção de um modelo de tomada de decisão. Este capítulo apresenta conteúdos que abordam: a necessidade das organizações em tomar decisões racionais e as metodologias e métodos de apoio à decisão anteriormente estudadas e aplicadas, salientando-se destes, o MACBETH.

3 Enquadramento do Objeto de Estudo

3.1 A Força Aérea e as Infraestruturas

A análise multicritério efetuada neste trabalho tem como principal objeto de estudo o concurso público lançado pela FA, oriundo, mais especificamente, da Repartição de Projeto da Direção de Infraestruturas cujo acompanhamento subsequente é da responsabilidade dos serviços de Repartição de Obras, mais concretamente da Secção de Construção Civil. “A Repartição de Obras tem por missão promover, preparar e efetuar a construção, remodelação ou conservação de infraestruturas”¹. Neste contexto, é conveniente salientar duas competências cruciais a cargo, tanto da Repartição de Obras, como da Secção de Construção Civil: (1) “Programar e Promover, na sua área, a execução dos planos aprovados” e (2) “Colaborar na proposta orçamental da Direção”².

Para tal, a Repartição de Obras apela regularmente à contratação de serviços de construção, remodelação, conservação ou beneficiação de diferentes infraestruturas não só a empreiteiros qualificados, mas também a prestadores de serviços devidamente especializados na área. A admissão legal de prestações efetuada pela FA rege-se obrigatoriamente pelo Código de Contratos Públicos (CCP) e pelo Código de Procedimento Administrativo (CPA). As prestações contratadas encontram-se tipificadas no n.º 1 do art.º 6.º do CCP³, das quais se destaca a contratação para empreitadas de obras públicas e aquisição de serviços. Estes tipos de prestação são

^{1 5} Fonte: Publicação interna da Força Aérea, MCLAF 305-5

³ Objeto dos Contratos abrangidos pelo CPP são prestações do tipo: empreitada de obras públicas, concessão de obras públicas, concessão de serviços públicos, locação ou aquisição de bens móveis ou aquisição de serviços.

realizados essencialmente por ajuste direto e concurso público, obedecendo, impreterivelmente, à tipificação prevista no Art.º 16.º do CCP⁴.

Qualquer contrato pressupõe a existência inequívoca de orçamento disponível. Só a partir de então, os serviços da Direção de Infraestruturas poderão deliberadamente executar o orçamento atribuído face ao pagamento dos valores previamente estabelecidos nos contratos. Para melhor compreensão, a Tabela 1 apresenta esquematicamente os orçamentos executados pela DI ao longo dos últimos cinco anos.

Tabela I
Orçamentos Executados pela Direção de Infraestruturas nos últimos cinco anos

<i>Ano</i>	<i>Orçamento Executado</i>
<i>2010</i>	<i>9.309.428,00€</i>
<i>2011</i>	<i>5.784.529,00€</i>
<i>2012</i>	<i>2.432.430,54€</i>
<i>2013</i>	<i>3.927.360,90€</i>
<i>2014</i>	<i>4.819.219,80€</i>
<i>Média Anual</i>	<i>5.254.593,648€</i>

Fonte: Anuários Estatísticos da Força Aérea

3.2 Concurso Público – Construção de Estrutura Metálica na Placa Oeste, Monte Real

O Concurso Público estudado aborda detalhadamente a construção de uma estrutura metálica a ser implementada na placa oeste da Base Aérea N.º 5 da FA, em Monte Real. Como consequência da construção desta nova placa de estacionamento indispensável à operação dos F16, decidiu-se edificar igualmente abrigos com perfilaria em metal para proteção das aeronaves e do pessoal a operar neste espaço. (Figura 1).

Naturalmente que a concretização das referidas obras exigiu a elaboração prévia e minuciosa do seu projeto. Após análise meticulosa, o Concurso Público estudado foi

⁴ Os procedimentos previstos são: ajuste direto, concurso público, concurso limitado por prévia qualificação, procedimento de negociação e diálogo concorrencial

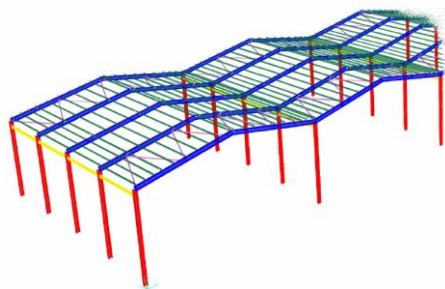


Figura 1- Modelo Tridimensional da Estrutura Metálica

Fonte: Caderno de Encargos Construção de Estrutura Metálica na Placa Oeste, documentação interna da FA

emitido dia 23 de Março de 2015, com o preço base de 298.000€. Obteve-se a resposta de quinze candidatos. A figura seguinte demonstra esquematicamente o procedimento dos concursos públicos.

Estudar-se-á, a partir de então, a fase de análise de propostas. Esta etapa é composta por 4 procedimentos diferentes: (1) comprovação de todos os documentos requeridos aos concorrentes; (2) verificação de assinaturas válidas; (3) averiguação da conformidade entre o preço apresentado e o valor base, e, no final, (4) avaliação da

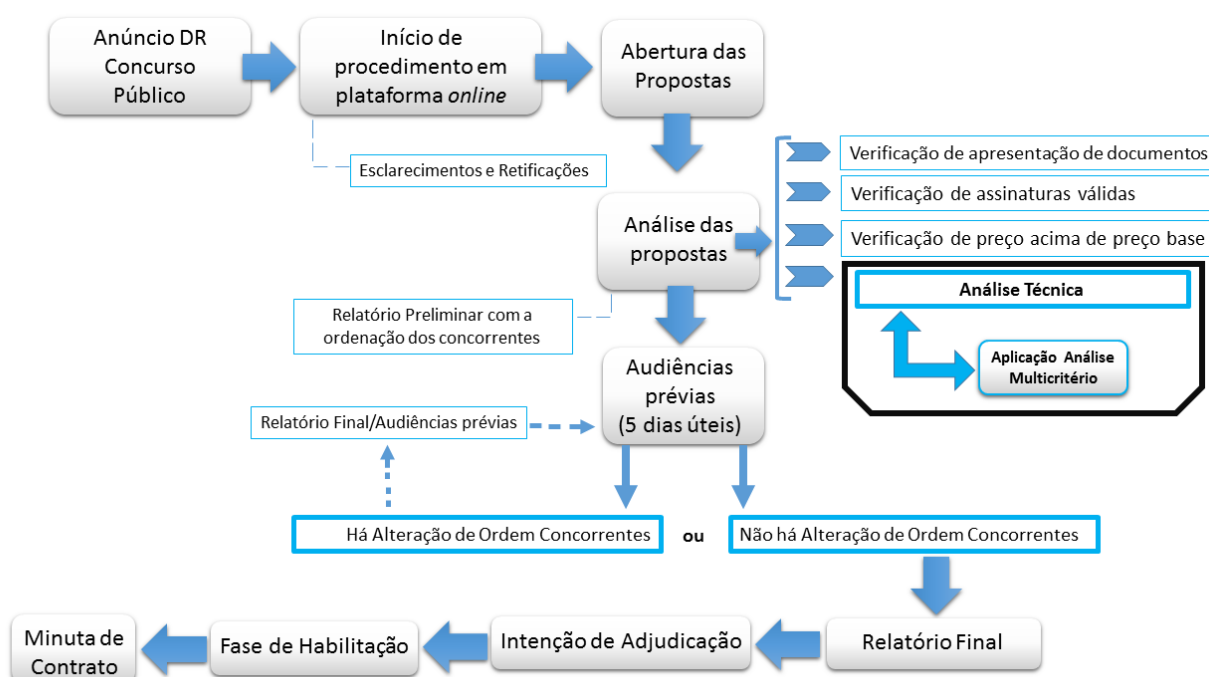


Figura 2 - Diagrama geral de procedimento de Concurso Público de Infraestruturas na FA
Fonte: Autoria Própria

qualidade técnica. Em caso de documentos em falta, assinaturas não válidas ou preço proposto acima do preço base, a proposta será, evidentemente, eliminada.

No que concerne ao item “avaliação da qualidade técnica”, o trabalho incidiu apenas sobre doze propostas, visto que foram excluídos três concorrentes por falta de documentos devidamente regularizados de carácter obrigatório. Os avaliadores⁵ analisam as propostas cuidadosamente de acordo com o estabelecido no concurso público. Quanto ao método de avaliação utilizado, salienta-se o modelo aditivo que abarca quatro aspetos essenciais: (1) Preço (50%); (2) Memória descritiva e justificativa e documentação técnica (20%); (3) Adequação do Programa de Trabalhos (15%) e (4) Adequação do plano de mão-de-obra e Equipamentos (15%). Destaca-se a avaliação dos concorrentes, incluída no fator preço, pelo facto de ser calculada segundo uma expressão matemática⁶ específica, enquanto, nos restantes aspetos, as propostas são avaliadas qualitativamente através das pontuações 0, 25, 50, 75 ou 100 que, por sua vez, são multiplicadas pelas percentagens dos seus respetivos fatores. Assim, as classificações finais dos concorrentes determinam-se pela soma das percentagens dos fatores.

No próximo capítulo apresentar-se-á uma metodologia de avaliação de propostas, inovadora para a DI, apoiada pela revisão de literatura e aplicada neste trabalho, por via da plataforma *Wised*. No que concerne ao MACBETH, convém ressaltar que já foi aplicado na Força Aérea em estudos anteriores e em áreas deveras importantes, nomeadamente: a substituição de uma frota de aeronaves, o contributo das unidades base para os objetivos da FA e a admissão de alunos para a Academia da Força Aérea.

⁵ Oficiais da FA, Engenheiros de Aeródromos

⁶ Expressão matemática para avaliação do fator preço: $\%P = \frac{(\text{PreçoBase} - \text{Preço Proposto})}{(\text{PreçoBase} - \text{PreçoMínimo})} \times 50\%$

4 Metodologia e sua aplicação

4.1 Estudo de Caso

Um trabalho, que centra a sua atenção sobre um exemplo que abrange um conjunto de fenómenos, está apto para ser classificado como estudo de caso (Gerring 2004). Como estratégia de pesquisa, a presença do estudo de caso coopera com diversos tópicos de um leque variado de campos das ciências sociais (Yin 2013). Os estudos de caso podem ser realizados através do recurso a dados qualitativos ou quantitativos, que podem ser recolhidos por trabalho de campo, documentos de arquivo, relatos verbais, observações ou qualquer combinação destes (Yin 1981). Assim, este trabalho enquadra-se na tipologia de estudo de caso.

4.2 Planeamento de Investigação

A avaliação eficaz da revisão de literatura forma uma base sólida para o avanço do conhecimento, tornando-a uma característica essencial em qualquer projeto académico (Webster e Watson 2002). Desta forma, foi efetuada a revisão de literatura, numa primeira fase, de forma a sustentar o trabalho que se apresenta nos capítulos seguintes. A análise multicritério é elaborada com recurso à ferramenta MACBETH que será utilizada através da plataforma *Wised* versão 2.0 (concebida com base em MACBETH).

As decisões tomadas em grupo são mais racionais do que decisões tomadas individualmente, do que resultam decisões que superam tendências e limitações individuais (Charness e Sutter 2012). Schein (1999) aborda o processo de discussão em grupo em dez princípios, do qual se destaca o quinto princípio: “*It is the client who owns the problem and the solution*”. Assim, os dados foram recolhidos de um grupo de peritos, por forma a ser obtido um modelo de decisão de grupo. A recolha de dados processou-se

em duas etapas: (1) questionários efetuados aos técnicos responsáveis pela decisão e análise de propostas dos concursos públicos da Repartição de Obras da FA (anexo 4); (2) reunião em conferência de acordo com a abordagem indicada por Bana e Costa *et al.* (2008).

4.3 Preparação para a recolha de dados

Os concursos públicos estão assentes em enquadramento legislativo, seguindo as normas do CCP, e regulam-se por normativos internos que determinam as condições e processamento dos mesmos concursos. Assim, foi efetuada uma leitura das peças escritas⁷ que regulam o concurso público em causa (onde se evidencia o atual método de avaliação das propostas).

4.4 Recolha de dados

As fontes utilizadas para a obtenção de dados basearam-se na realização de questionários e nas reuniões em conferência aos avaliadores das propostas. Os documentos internos da FA, relacionados com o concurso público, foram também consultados. A recolha de dados foi efetuada em três fases: (1) Os dados foram recolhidos através de entrevista a um só avaliador⁸. (2) Os questionários foram realizados de forma a obter a opinião individual dos avaliadores. (3) As reuniões em conferência tiveram dois grandes objetivos: por um lado dar a conhecer as respostas dos avaliadores ao questionário e por outro decidir, em conferência, os critérios e os julgamentos de diferença de atratividade destes, tendo sempre como base os resultados dos questionários

⁷ Os documentos que compõem os concursos públicos incluem peças escritas, nomeadamente o caderno de encargos, e peças desenhadas.

⁸ Os dados foram introduzidos na plataforma *wised* segundo a opinião do avaliador responsável pelo concurso público estudado.

e a discussão dos mesmos. Os questionários foram realizados antes da reunião, para evitar eventuais influências de opinião pela hierarquia militar⁹.

4.5 Avaliação da Evidência

A escolha do empreiteiro, a contratar para a realização da infraestrutura estudada, evidencia dois aspetos que devem ser tidos em conta para uma avaliação clara e precisa dos concorrentes: (1) A oferta apresentada como solução, ou seja, a oferta poderá ser maior ou menor, traduzindo-se num maior ou menor número de concorrentes. (2) A avaliação dos concorrentes, face aos requisitos da Secção de Construção Civil, evidencia-se nas peças escritas do concurso público.

A solução encontrada deve otimizar os requisitos impostos pela Direção de Infraestruturas de acordo com a oferta apresentada.

4.6 Identificação, Explicação de Padrões e Aplicação da Metodologia

O método aditivo ponderado foi o modelo escolhido para a análise multicritério da avaliação das opções admitidas ao concurso público. As pontuações finais são obtidas através do somatório das pontuações de cada critério. Assim, recorreu-se ao MACBETH por via da plataforma *Wised* para o tratamento de dados. A aplicação da metodologia é executada segundo seis fases diferentes: (1) Definição de Critérios e Estruturação, (2) Definição de Escalas e Pontuação, (3) Ordenação e Ponderação de critérios, (4) Definição das opções, (5) Avaliação das opções e (6) Análise de Resultados. O MACBETH determina as pontuações e as ponderações dos critérios, recorrendo a julgamentos qualitativos de acordo com critérios, opções e níveis de referência. O decisor é questionado sobre a diferença absoluta entre estes (julgamento comparativo). As categorias semânticas utilizadas nos julgamentos qualitativos nas fases da metodologia

⁹ O grupo de avaliadores é composto por oficiais de postos: Major, Capitão e Tenente.

são: (1) “indiferente”, (2) “muito fraco”, (3) “fraco”, (4) “moderado”, (5) “forte”, (6) “muito forte”, (7) “extremo”.

4.6.1 Definição dos Critérios e Estruturação

Após recolha de dados por via dos questionários (anexo 4) e reuniões em conferência entre peritos, verificou-se que existem critérios que influenciam indubitavelmente a decisão dos avaliadores da Secção de Construção Civil: (C1) Memória Descritiva e justificativa do modo de execução da obra (Md), (C2) Programa de Trabalhos (Pt) e (C3) Preço (P). A avaliação destes critérios é baseada em subcritérios (anexo 3). Assim, para o critério Memória Descritiva foram identificados os seguintes subcritérios: (C1.1) Md Metodologia de Execução, (C1.2) Md Detalhe (Estr. e Compr.), (C1.3) Md Materiais e Equipamentos e Mão-de-obra, (C1.4) Md Política de Higiene e Segurança no Trabalho, (C1.5) Md Plano de Estaleiro, (C1.6) Md Política de Gestão de Resíduos. O critério Programa de Trabalhos subdivide-se, de igual forma, em subcritérios: (C2.1) Pt Atividades, (C2.2) Caminho Crítico e (C2.3) Pt Compreensão. A avaliação do critério Preço baseia-se na atribuição direta de um valor à proposta, em euros. A estruturação do problema é de vital importância (Bana e Costa, Fernandes e Correia, 1998), assim estes mesmos critérios foram estruturados, obtendo-se a árvore de fatores apresentada no anexo 5.

4.6.2 Definição de Escalas e Pontuação

Para que a pontuação final dos concorrentes seja atingida, é necessário obter as ponderações dos subcritérios e as escalas de desempenho destes. Assim, nesta fase, os avaliadores são questionados sobre os níveis de performance¹⁰ de cada subcritério,

¹⁰ O *software* permite ao decisor, avaliar as opções (os concorrentes) segundo 4 métodos: escala qualitativa, expressão matemática, comparação entre opções com referências e comparação com opções sem referências. Foi selecionado o método de escala qualitativa.

determinando qual é o nível superior e o inferior destes¹¹. Cada subcritério foi avaliado em cinco níveis de performance à exceção do subcritério Caminho Crítico, avaliado com quatro níveis de referência e o critério C3, o preço, avaliado com catorze níveis. A matriz de julgamento e respetiva escala qualitativa do critério preço encontra-se no anexo 6. Para cada subcritério foram preenchidas as matrizes de julgamentos respetivas, dando origem às escalas qualitativas dos subcritérios, usadas para avaliar as propostas dos concorrentes.

4.6.3. Ordenação e Ponderação de Critérios

Após avaliação dos subcritérios por julgamentos comparativos, segue-se a ordenação dos critérios e subcritérios. A ordenação é efetuada segundo duas fases. Primeiramente, questiona-se a ordem de preferência dos três critérios (C1), (C2), (C3). Em seguida, é imprescindível indagar a ordem de preferência dos subcritérios, organicamente situados abaixo de cada critério. A ordenação dos critérios do modelo global “ Escolha de Propostas em Concurso Público DI Modelo Proposto” foi a seguinte¹²:

$$C3 > C1 > C2$$

A ordenação nos subcritérios relativos a cada critério apresenta-se da seguinte forma:

$$\text{Em C1:} \quad C1.1 > C1.2 > C1.3 > C1.4 > C1.5 > C1.6$$

$$\text{Em C2:} \quad C2.1 > C2.2 > C2.3$$

A ponderação é efetuada após a ordenação e também segundo duas fases: (1) avaliação dos seguintes pares de critérios, por via de julgamentos qualitativos: C1, C2 e C3; (2) qualificação dos julgamentos comparativos entre os subcritérios de cada critério:

¹¹ O nível superior é classificado como nível “bom”, avaliado com nota 100 e identificado com a cor verde. O nível inferior é classificado como “neutro”, avaliado com nota 0 pelo *software* e identificado com a cor azul.

¹² A ordem deve ler-se: O Critério 3 (preço) é o critério mais importante dos quatro critérios, seguido do critério 1 (memória descritiva), seguido do critério 2 (programa de trabalhos).

C1.1, C1.2, C1.3, C1.4, C1.5 e C1.6 para o critério C1 e C2.1, C2.2 e C2.3 para o critério C2. O anexo 7 apresenta a matriz de julgamentos do modelo global (entre critérios C1, C2 e C3) e a ordenação resultante face à determinação das respetivas ponderações. Os anexos 8 e 9 evidenciam as matrizes de julgamentos dos subcritérios de C1 e de C2 respetivamente, assim como as suas ponderações resultantes das matrizes.

4.6.4 Definição das Opções

As opções inseridas na rubrica “Definir Opções” referem os nomes dos doze concorrentes do concurso público que foram aprovados na fase de verificação dos documentos das propostas. Não fazem parte do presente estudo os concorrentes que não foram aprovados nesta fase, por se tratar de uma fase eliminatória. Consequentemente, a estes não é atribuído qualquer direito de avaliação da qualidade técnica. Os nomes dos concorrentes evidenciados, no trabalho, são mesmo reais, não havendo qualquer grau de confidencialidade e proteção de identidade dos mesmos, visto que o objeto de estudo tem carácter público e o seu relatório final já foi publicado. A tabela seguinte indica os nomes dos concorrentes.

Tabela II

Concorrentes aprovados para avaliação da qualidade técnica das propostas

Nome Concorrentes
PINTO & BENTES, S.A.
CUNHA & BARROSO, LDA.
DATIBEN – CONSTRUÇÕES UNIPessoal, LIMITADA.
VÁLIS – ENGENHARIA E INOVAÇÃO, S.A.
TENSOR-CONSTRUÇÃO CIVIL, LDA.
LENA – ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES, S. A.
VITOR M. C. ANTUNES, UNIPessoal LDA
A ENCOSTA – CONSTRUÇÕES, S. A.
JOCARTECNICA – ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO, S.A.
TECNORÉM – ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES, S.A.
CIVIBÉRICA – OBRAS CIVIS, S.A.

Fonte: Autoria Própria

4.6.5 Avaliação das Opções

A avaliação das opções pressupõe a atribuição, por parte dos avaliadores, de um nível de referência de cada subcritério às propostas dos concorrentes. À medida que o decisor avalia cada concorrente, define, de igual forma, o seu nível de desempenho, o que permite ao termómetro de pontuação atribuir uma pontuação nesse subcritério. A figura seguinte demonstra o termómetro gerado pela ferramenta *wised*, na avaliação dos concorrentes, no subcritério (C1.1) Md Metodologia de execução. Da mesma forma, foram gerados termómetros de pontuações para os restantes subcritérios.

As pontuações apuradas na avaliação das propostas nos subcritérios dos C1.2, C1.3, C1.4, C1.5, C1.6, C2.1, C2.2 e C2.3 originam termómetros de pontuações, através do enquadramento destas nos níveis de referência de cada subcritério.

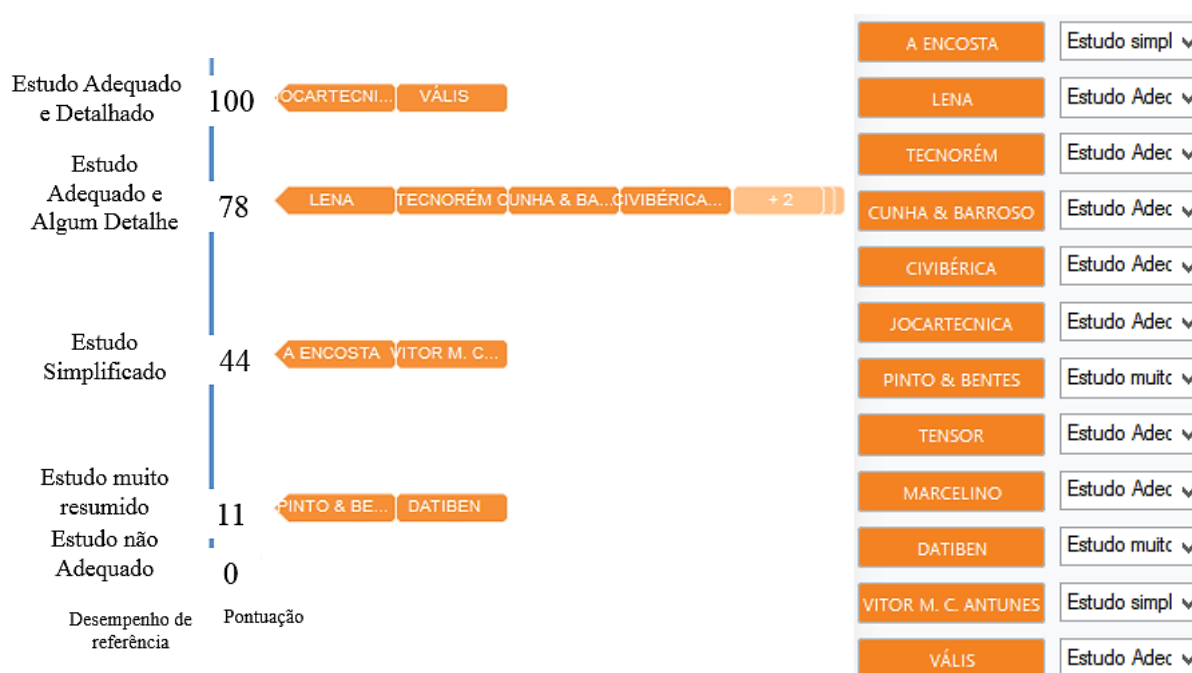


Figura 3 - Desempenho e respetivo Termómetro de Pontuação gerado após avaliação dos concorrentes no subcritério C1.1 Md Metodologia de Execução

Fonte: Adaptado do Software *MACBETH*, *Wised 2.0*

Concluída a avaliação dos concorrentes, o *software* aplica o modelo aditivo, obtendo-se assim, as pontuações finais que determinam qual o concorrente vencedor do concurso público. O anexo 10 indica a avaliação e o termómetro de pontuação do subcritério preço, já o anexo 11 e 12 evidenciam, respetivamente, a aplicação modelo aditivo nos critérios C1 e C2 e os seus termómetros de pontuação. A figura seguinte evidencia as pontuações e termómetro final como resultado do modelo aditivo no modelo global. Os resultados finais e a sua análise compõem o capítulo seguinte.

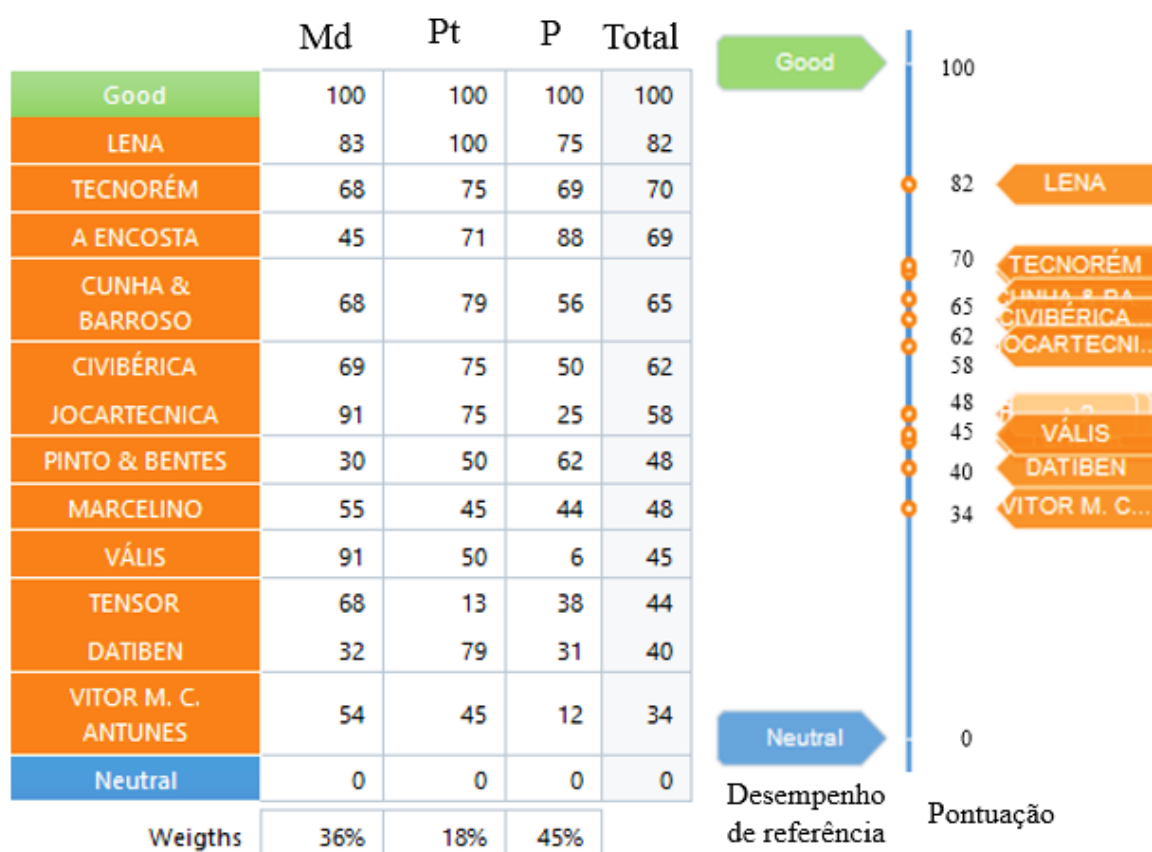


Figura 4 - Aplicação do Modelo aditivo no modelo global e respetivo termómetro de pontuação dos concorrentes

Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

5 Análise de Resultados

5.1 Apresentação e explicação de resultados

Os resultados são obtidos na última fase da metodologia e a plataforma *wised* apresenta-os sob forma de árvore, tabelas, escalas de desempenho e pontuação.

O anexo 5 apresenta a árvore de decisão do modelo proposto. Para que o valor global de cada proposta seja obtido, é crucial concorrerem os três critérios destacados a vermelho e, ressalve-se que, para que isto aconteça, é igualmente importante o contributo dos subcritérios a cor verde situados hierarquicamente abaixo. As ponderações de cada critério e subcritério estão discriminadas na árvore, à esquerda destes, e obtidas através das matrizes de julgamentos qualitativos indicadas no subtítulo 4.6.3. A figura 4 apresenta as pontuações totais de cada opção, na última coluna à direita, calculadas com base, na expressão analítica, para modelo aditivo ponderado¹³:

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

w_i é a ponderação determinada, a partir dos julgamentos qualitativos sobre os critérios e subcritérios, e $v_i(g_i(a))$ o valor do concorrente. A matriz de julgamentos qualitativos, para determinação das ponderações, assim como o gráfico de barras que evidencia a ordem de preferência e ponderações w_i dos critérios do modelo global encontra-se no anexo 7. O valor $v_i(g_i(a))$ atribuído, a cada concorrente, em cada critério, está inserido nas células a branco da figura 4. Por sua vez, $v_i(g_i(a))$ traduz o resultado do modelo aditivo aplicado aos subcritérios de C1 e C2. $g_i(a)$ representa o desempenho do concorrente, nos subcritérios, e v_i a escala de atratividade destes (Montignac *et al.* 2009). Sendo assim, v_i equivale à ponderação de cada subcritério. O

¹³ Expressão analítica explicada no subtítulo 2.6.3 deste trabalho.

Critério C3 não tem mais do que um subcritério, como tal, $v_i(g_i(a))$ é $v_j(a)$ (Bana e Costa *et al.* 1997), visto que resulta da atribuição de um nível de desempenho e, neste caso, enquadra o preço proposto pelos concorrentes num desses níveis. Desta forma, para o critério preço, $v_j(a)$ insere-se na terceira coluna da tabela de pontuação do modelo global (figura 4).

Assim, com as seguintes ponderações: (C1) 36,36%, (C2) 18,18% e (C3) 45,45%; (C1.1) 32,5%, (C1.2) 27,5%, (C1.3) 20%, (C1.4) 12,5%, (C1.5) 5%, (C1.6) 2,5%; (C2.1) 57,14%, (C2.2) 28,57% e (C2.3) 14,29% verifica-se que o concorrente vencedor seria a empresa “Lena”, tendo em conta os demais julgamentos e avaliações.

5.2 Comparação de Resultados entre o modelo efetivo e modelo proposto

A plataforma *wised* permite obter ponderações e pontuações dos níveis de referência de forma direta, isto é, sem julgamentos qualitativos. Assim, é possível colocar o modelo de avaliação atual (modelo efetivo) da Secção de Construção Civil na plataforma e realizar a comparação entre os dois modelos. Para tal, inserem-se as ponderações e pontuações previstas no caderno de encargos do concurso público. No anexo 13 encontra-se a árvore de decisão do modelo atual com os seguintes critérios: (A1) Preço; (A2) Memória descritiva e justificativa e documentação técnica; (A3) Adequação do Programa de Trabalhos e (A4) Adequação do plano de mão-de-obra e Equipamentos, com as seguintes ponderações, respetivamente: 50%, 20%, 15% e 15%. As matrizes de julgamento, para determinação das ponderações, não foram preenchidas. Por esta razão, as ponderações foram inseridas nos referidos critérios diretamente. A avaliação de cada proposta é realizada através de uma avaliação qualitativa e enquadrada nas pontuações 0, 25, 50, 75 ou 100 para os critérios A2, A3 e A4, conforme o

estabelecido, no caderno de encargos do concurso público. O critério A1 é avaliado segundo uma expressão matemática referenciada no subtítulo 3.2 do presente trabalho.

Verifica-se que, após inclusão do modelo efetivo, na plataforma *wised*, os resultados obtidos (anexo 14) são precisamente os mesmos que a Secção de Construção Civil obteve, em Março de 2015, aquando da avaliação das propostas. Deste modo, conseguimos comparar os dois modelos (modelo efetivo e modelo proposto) na plataforma *wised*, o que nos permite apurar não só as diferenças, mas também realizar a análise de sensibilidade dos *outputs* nos dois modelos.

5.3 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade, aos resultados finais do modelo, é essencial à produção de recomendações (Mateus, Ferreira e Carreira, 2008). Para tal, procedeu-se à análise dos desempenhos das empresas com maior destaque de acordo com o presente modelo: as empresas “Lena”, “Tecnorém” e “A Encosta”. Estas destacaram-se claramente pelas classificações alcançadas no modelo proposto e efetivo. No que concerne à empresa “A Encosta”, distinguiu-se, como primeira classificada, no modelo efetivo, e como terceira, no modelo proposto. Quanto à empresa “Lena”, destacou-se com o primeiro lugar, no modelo proposto, no entanto, relativamente ao modelo efetivo, a sua proposta ficou em segundo lugar. A empresa “Tecnorém” alcançou o segundo lugar no modelo proposto, com uma pontuação muito próxima de “A Encosta” e o terceiro lugar no modelo efetivo.

Em primeira análise será comparada a empresa “Lena” com a empresa “A Encosta” com recurso às diferenças de desempenho entre estas duas empresas e análise de sensibilidade. Em segunda análise a comparação cairá sobre a empresa “A Encosta” e “Tecnorém” baseada na comparação do desempenho das duas empresas.

No modelo proposto, a empresa “Lena” revela, sem dúvida, melhor desempenho, na maioria dos critérios e subcritérios do que “A Encosta”, como evidenciam os gráficos de barras seguintes da figura seguinte.

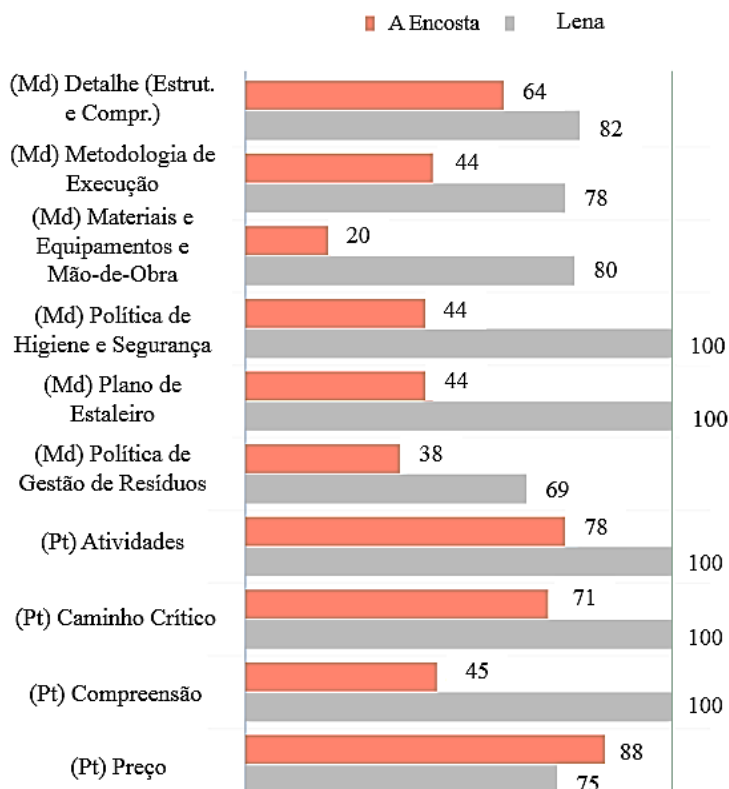


Figura 5 - Comparação de pontuações em todos os subcritérios do modelo proposto entre empresa "Lena" e empresa "A Encosta"

Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Apenas no critério preço, a avaliação obtida pela empresa “Lena” foi inferior à da empresa “A Encosta”. Todavia, é importante frisar que esta diferença, no desempenho no critério preço, não é suficiente para superar a empresa “Lena” na pontuação final do modelo global. Os gráficos espelhados nos anexos 15, 16 e 17, indicam-nos o valor global das propostas, sempre que se varie a ponderação de cada subcritério.

Assim, verificamos que, em todos estes (à exceção do critério Preço), as semirretas de desempenho das duas empresas nunca se tocam. Apenas no critério preço, as semirretas se intercetam na ponderação 73,75%. Significa, então, que a empresa “A Encosta” só ocuparia o primeiro lugar da classificação do modelo proposto, nas seguintes

condições: o preço representar uma ponderação de 73,75%, ou superior, no modelo global, e conseqüentemente a memória descritiva apresentar um peso de 17,5% e o programa de trabalhos, a ponderação de 8,75%¹⁴

No modelo efetivo, realizou-se, exatamente, a mesma análise. Ao analisar o modelo efetivo de avaliação de propostas dos concursos públicos da Direção de Infraestruturas, inserido na plataforma *wised*, verifica-se que em todos os critérios e subcritérios deste modelo, à exceção do Preço, a empresa “Lena” também apresenta avaliações iguais ou superiores à empresa “A Encosta”. A figura seguinte demonstra os gráficos do desempenho das duas empresas no modelo efetivo da Força Aérea.

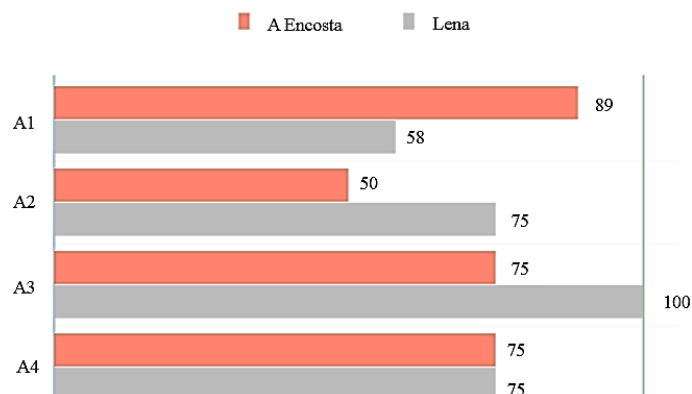


Figura 6 - Comparação do desempenho entre as empresas "A Encosta" e "Lena" no modelo efetivo de avaliação de propostas da FA

Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Em relação a este modelo, no critério Preço, se ponderação deste critério diminuísse para 36,08% (anexo 18), conduzindo à ponderação de 25,57%¹⁵ para o critério A2, e 19,18%¹⁶ para os critérios A3 e A4, a empresa “Lena” alcançaria a primeira posição.

¹⁴ Obteve-se a percentagem de 73,75% para o preço, através da análise de sensibilidade, logo, se $1 = 0,4545 \text{ Preço} + 0,3636 \text{ Md} + 0,1818 \text{ Pt} \Leftrightarrow 1 - 0,4545 \text{ Preço} = 0,3636 \text{ Md} + 0,1818 \text{ Pt}$ e $\frac{0,3636}{0,5454} = 2/3$ e $\frac{0,1818}{0,5454} = 1/3$. Logo, $1 - 0,73,75 = 0,2625 \times \left(\frac{2}{3}\right) + 0,2625 \times \left(\frac{1}{3}\right) \Leftrightarrow \text{Md} = 17,5\%$ e $\text{Pt} = 8,75\%$

¹⁵ No modelo atual, os critérios têm as seguintes ponderações: A1 (50%), A2 (20%), A3 (15%) e A4 (15%). Assim, se $A1 = 0,3608$ e $A2 + A3 + A4 = 1 - A1$, onde $A2 = \frac{0,2}{0,5} = 0,4$, logo, $A2 = 0,4 \times (1 - A1) = 0,4 \times 0,6392 = 0,25568$

¹⁶ $A3 = A4 = \frac{0,15}{0,5}$, logo, $A3 = A4 = 0,3 \times (1 - A1) = 0,3 \times 0,6392 = 0,19176$

Através do modelo proposto, verificou-se que a empresa “Tecnorém” é a segunda classificada, com uma pontuação de 69,67¹⁷, muito próxima da pontuação da empresa “A Encosta” que ocupa a terceira posição com uma avaliação total de 69,16. Já, no modelo efetivo, a empresa “Tecnorém” alcança a terceira posição. Assim, foi também realizada a comparação entre estas duas empresas no modelo proposto (anexo 19). Os barras de desempenho demonstram que, em nenhum subcritério, à exceção do preço, a empresa “A Encosta” supera a empresa “Tecnorém”, estando ao mesmo nível, nos subcritérios: (C1.4) Md Política de Higiene e Segurança no Trabalho, (C1.6) Md Política de Gestão de Resíduos, (C2.1) Pt Atividades e (C2.2) Pt caminho crítico.

5.4 Efeito das diferenças de preço no orçamento executado

Após a criação do novo modelo de decisão, na plataforma *wised*, constata-se que a empresa “Lena”, a vencedora, apresenta uma proposta de 229.300,00€. Todavia, é importante lembrar que, efetivamente, a empresa vencedora do concurso, em Março de 2015, foi “A Encosta” apresentando um preço de 192.440,37€. A proposta da empresa “Lena” é qualitativamente melhor, como comprova a figura 4 do presente capítulo, no entanto, o valor apresentado é mais dispendioso, com diferença de preços positiva de 36.859,63€. Recorrendo às categorias semânticas, utilizadas nos julgamentos qualitativos da matriz do critério preço (anexo 6), verifica-se que esta diferença é considerada como fraca a moderada. Tendo em conta a tabela 1, apresentada no capítulo 3, o valor médio de despesa executado foi 5.254.593,648€. Assim, calculando o rácio entre a diferença de preços das duas propostas e o valor médio de orçamento executado, obtém-se uma diferença positiva de 0,007015%.

¹⁷ Cálculo efetuado com base no modelo aditivo, com valores arredondados às centésimas.

6 Conclusões, Limitações e Estudos Futuros

6.1 Principais Conclusões

A avaliação e a tomada de decisão, em organizações públicas, requerem, geralmente, a harmonização de pontos de vista díspares, de forma sistemática, transparente e eficiente (Bana e Costa 2001).

O presente trabalho tem como questão central, provar a aplicabilidade do método MACBETH nos concursos públicos de proposta economicamente mais vantajosa da FA. Conclui-se que é, de facto, possível aplicar o MACBETH através da plataforma *wised*, pois todas as fases da metodologia alcançaram o seu sucesso, através de um grupo de avaliadores das propostas dos concursos públicos da Direção de Infraestruturas.

Quanto aos resultados finais, conquistados pelo modelo de avaliação proposto, sugerem a empresa “Lena” como vencedora do concurso público opondo-se à empresa “A Encosta”. Assim, responde-se à questão B, indicada na introdução do presente trabalho, com uma resposta positiva. Relativamente à questão B1, verifica-se que há diferenças de preço que não traduzem poupança, no orçamento executado, pois o preço da proposta da empresa “Lena” é superior ao da empresa “A Encosta” com um impacto estimado, de 0,007015%.

Através da análise de sensibilidade, verifica-se que a única possibilidade da empresa “A Encosta” superar a empresa “Lena”, no que concerne à pontuação global do modelo proposto, é essencialmente o facto da ponderação, face ao preço, ser alterada para 73,75% (anexo 17) ou até mesmo a um nível ainda superior, o que, segundo as opiniões dos avaliadores, não traduz a verdadeira atratividade deste critério. As semirretas de

desempenho das duas empresas nunca se tocam, o que nos obriga a concluir que a empresa “A Encosta” nunca conseguiria ultrapassar a empresa “Lena”, mesmo que variássemos as ponderações de todos ou algum dos subcritérios (à exceção do critério preço). Conclui-se assim que, segundo o modelo proposto, a empresa vencedora do modelo efetivo não alcançaria, seguramente, o primeiro lugar para posterior adjudicação.

O modelo efetivo de avaliação de propostas também foi alvo de análise de sensibilidade. Obviamente a critérios diferentes, pois a estrutura da árvore de decisão também difere da árvore de decisão apurada no modelo proposto. Após análise de sensibilidade efetuada, aos subcritérios do modelo efetivo, verifica-se, através dos gráficos explícitos no anexo 18, que há pontos de interceção, ou seja, se as ponderações dos critérios variarem, no modelo efetivo, em algum ou em todos os critérios deste modelo, a empresa “Lena” consegue superar, de facto, a empresa “A Encosta”.

Deste modo, facilmente se deduz que uma diminuição das ponderações do critério preço, com o conseqüente aumento de ponderações dos restantes critérios, conduz a alterações nas pontuações das propostas e classificação das mesmas. Assinala-se também o facto da empresa “Lena” conseguir alcançar o primeiro lugar da classificação, neste modelo efetivo, quando se varia a ponderação de um ou mais critérios do modelo, enquanto no modelo proposto apenas há alteração da classificação quando se varia a ponderação do critério preço.

A análise das diferenças entre a empresa “Tecnorém”, terceira classificada, e a empresa “A Encosta”, no modelo proposto, permite depreender que, mais uma vez, em nenhum subcritério, à exceção do preço, a empresa “A Encosta” apresenta uma pontuação superior à da empresa “Tecnorém”, no entanto, a pontuação final da empresa “A Encosta”

encontra-se muito próxima da empresa “Tecnorém”, o que se deve, essencialmente, ao critério preço.

Assim, é possível concluir que a empresa “A Encosta” apenas venceu o concurso público (modelo efetivo) pelo facto de apresentar um preço mais baixo. É possível também demonstrar que as modificações do modelo de avaliação de propostas, através da metodologia aplicada, conduzem a alterações na ordem de classificação final.

As árvores de decisão dos dois modelos são diferentes, o que nos permite concluir que a reunião em conferência produziu alterações na reformulação de um modelo de avaliação. Assim, propõe-se que os critérios e subcritérios evidenciados no modelo proposto, assim como as suas ponderações, sejam aplicados em futuros concursos públicos deste tipo de obras da Força Aérea. Particularmente, um dos critérios do modelo efetivo foi eliminado, e os subcritérios, dos respetivos critérios, foram discutidos e incluídos no modelo, originando ponderações, até agora inexistentes.

Os resultados apresentados indicam um vencedor cuja proposta apresenta um preço mais elevado, no entanto, assinala-se o facto de este preço estar abaixo do preço base, caso contrário, a proposta não seria alvo de avaliação da qualidade técnica, como tal, este preço estava orçamentado. Constata-se, então, que a diferença de custos não é muito relevante, no entanto, tratando-se de um serviço integrado, os obstáculos orçamentais, vividos pela Força Aérea, obrigam a um controlo cuidadoso da sua execução orçamental, o que pode questionar o peso da diferença obtida no orçamento executado.

6.2 Limitações e Estudos Futuros

As limitações sentidas relativamente à elaboração deste trabalho académico estenderam-se a vários aspetos. Assinala-se, desde já, a diferença provável entre a

avaliação das propostas baseada em documentos apresentados e o desenvolvimento dos trabalhos de infraestruturas nos locais, visto que os trabalhos, no local, dependem das capacidades de empenho dos coordenadores de obras, que, muitas vezes, são pessoas diferentes das que elaboram os documentos do concurso público, o que é difícil de agregar ao modelo. Outro aspeto prende-se com a dificuldade de tempo e incompatibilidade de agenda em reunir todos os peritos dos concursos públicos da Direção de Infraestruturas nas conferências de decisão, de forma que o número de peritos envolvidos nas conferências de decisão poderia ser superior. De assinalar, ainda, que a Força Aérea é uma organização de foro militar, na qual as hierarquias, em geral, podem ter peso nas decisões. Desta forma, nas reuniões de grupo, as diferenças de posto podem ter influenciado alguns julgamentos qualitativos, durante a discussão destes.

Este trabalho teve como objetivo a criação de um modelo de avaliação de propostas de concursos públicos de infraestruturas. Todavia, estes abrangem áreas diversas de um leque alargado de diversos tipos de infraestruturas da engenharia civil, militar e aeronáutica. Assim, propõe-se a aplicação da análise multicritério em concursos públicos de outra natureza, relacionados com a Direção de Infraestruturas, em áreas como a eletricidade ou mecânica, mas também com outras Direções e Comandos da Força Aérea onde os concursos públicos se pautem pela proposta economicamente mais vantajosa. Ainda na esfera da Direção de Infraestruturas, propõe-se analisar o impacto deste modelo de avaliação de propostas na execução das infraestruturas nos locais determinados, de forma a perceber se os modelos de avaliação obtidos espelham, efetivamente, o desempenho das empresas adjudicadas no decorrer dos trabalhos.

Referências Bibliográficas

- Adil, M., Nunes, M.B. & Peng, G.C., 2014. Identifying operational requirements to select suitable decision models for a public sector e-procurement decision support system. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 11(2), 211–228.
- Aenishaenslin, C., Hongoh, V., Cissé, H., Hoen, A., Samoura, K., Michel, P., Waaub & J., Bélanger, D., 2013. Multi-criteria decision analysis as an innovative approach to managing zoonoses: results from a study on Lyme disease in Canada. *BMC public health*, 13(1), 897.
- Ananda, J. & Herath, G., 2009. A critical review of multi-criteria decision making methods with special reference to forest management and planning. *Ecological economics*, 68(10), 2535–2548.
- Bana, C.A., De Corte, J.-M. & Vansnick, J.-C., 2005. *On the mathematical foundation of MACBETH*, Springer.
- Bana e Costa, C. A., De Corte, J.-M. & Vansnick, J.-C., 2012. Macbeth. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11(02), 359–387.
- Bana e Costa, C.A., Lourenço, J., Oliveira, M. & Costa, J., 2014. A socio-technical approach for group decision support in public strategic planning: The Pernambuco PPA case. *Group Decision and Negotiation*, 23(1), 5–29.
- Bana e Costa, C.A., Corrêa, E., De Corte, J.-M. & Vansnick, J., 2002. Facilitating bid evaluation in public call for tenders: a socio-technical approach. *Omega*, 30(3), 227–242.
- Bana e Costa, C.A., 2001. The use of multi-criteria decision analysis to support the search for less conflicting policy options in a multi-actor context: case study. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 10(2), 111–125.
- Bana e Costa, C.A. & Chagas, M.P., 2004. A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. *European Journal of Operational Research*, 153(2), 323–331.
- Bana e Costa, C.A., Corte, J.-M. & Vansnick, J., 2011. MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique). *Wiley Encyclopedia of Operations Research and Management Science*.
- Bana e Costa, C.A., Ensslin, L. & Costa, A.P., 1998. Structuring the process of choosing rice varieties at the south of Brazil. In *Multicriteria Analysis for Land-Use Management*. Springer, 33–45.
- Bana e Costa, C.A., Fernandes, T.G. & Correia, P.V.D., 2006. Prioritisation of public investments in social infrastructures using multicriteria value analysis and decision conferencing: a case study. *International Transactions in Operational Research*, 13(4), 279–297.
- Bana e Costa, C.A., Lourenço, J.C. & Soares, J.O., 2007. An interval weighting assignment model for credit analysis. *Journal of Financial Decision Making*, 3(2), 1–9.
- Bana e Costa, C.A. & Oliveira, R.C., 2002. Assigning priorities for maintenance, repair and refurbishment in managing a municipal housing stock. *European Journal of*

- Operational Research*, 138(2), 380–391.
- Bana e Costa, C.A., da Silva, F.N. & Vansnick, J.-C., 2001. Conflict dissolution in the public sector: A case-study. *European Journal of Operational Research*, 130(2), 388–401.
- Bana e Costa, C.A., Da Silva, P.A. & Correia, F.N., 2004. Multicriteria evaluation of flood control measures: The case of Ribeira do Livramento. *Water Resources Management*, 18(3), 263–283.
- Bana e Costa, C.A., Stewart, T.J. & Vansnick, J.-C., 1997. Multicriteria decision analysis: Some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings. *European Journal of Operational Research*, 99(1), 28–37.
- Bana e Costa, C.A. & Vansnick, J., 1997. 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. & Vansnick, J.-C., 2008. A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. *European Journal of Operational Research*, 187(3), 1422–1428.
- Bana e Costa, A. C. & Vansnick, J., 1994. MACBETH—An interactive path towards the construction of cardinal value functions. *International transactions in operational Research*, 1(4), 489–500.
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R., Albadvi, A. & Aghdasi, M., 2010. PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European journal of Operational research*, 200(1), 198–215.
- Beynon, M., 2002. An analysis of distributions of priority values from alternative comparison scales within AHP. *European Journal of Operational Research*, 140(1), 104–117.
- Brans, J.-P. & Vincke, P., 1985. Note—A Preference Ranking Organisation Method: (The PROMETHEE Method for Multiple Criteria Decision-Making). *Management science*, 31(6), 647–656.
- Brans, J.-P., Vincke, P. & Mareschal, B., 1986. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European journal of operational research*, 24(2), 228–238.
- De Brucker, K., Macharis, C. & Verbeke, A., 2013. Multi-criteria analysis and the resolution of sustainable development dilemmas: A stakeholder management approach. *European Journal of Operational Research*, 224(1), 122–131.
- Bryson, J.M., Ackermann, F. & Eden, C., 2007. Putting the Resource-Based View of Strategy and Distinctive Competencies to Work in Public Organizations. *Public Administration Review*, 67(4), 702–717.
- Burton, J. & Hubacek, K., 2007. Is small beautiful? A multicriteria assessment of small-scale energy technology applications in local governments. *Energy Policy*, 35(12), 6402–6412.
- Charness, G. & Sutter, M., 2012. Groups make better self-interested decisions. *The Journal of Economic Perspectives*, 157–176.
- Clivillé, V., Berrah, L. & Mauris, G., 2007. Quantitative expression and aggregation of performance measurements based on the MACBETH multi-criteria method.

- International Journal of Production Economics*, 105(1), 171–189.
- Costa, A.A. & Tavares, L.V., 2013. Advanced multicriteria models to promote quality and reputation in public construction e-marketplaces. *Automation in Construction*, 30, 205–215.
- Costa, C.A.B.E. & Vansnick, J.-C., 1999. *The MACBETH approach: Basic ideas, software, and an application*, Springer.
- Dhouib, D., 2014. An extension of MACBETH method for a fuzzy environment to analyze alternatives in reverse logistics for automobile tire wastes. *Omega*, 42(1), 25–32.
- Eden, C., 2004. Analyzing cognitive maps to help structure issues or problems. *European Journal of Operational Research*, 159(3), 673–686.
- Edwards, W., 1977. How to use multiattribute utility measurement for social decisionmaking. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, 7(5), 326–340.
- Falagario, M., Sciancalepore, F., Costantino, N. & Pietroforte, R., 2012. Using a DEA-cross efficiency approach in public procurement tenders. *European Journal of Operational Research*, 218(2), 523–529.
- Ferreira, F.A.F., Santos, S.P. & Rodrigues, P.M.M., 2011. Adding value to bank branch performance evaluation using cognitive maps and MCDA: a case study. *Journal of the Operational Research Society*, 62(7), 1320–1333.
- Figueira, J., Greco, S. & Ehrgott, M., 2005. *Multiple criteria decision analysis: state of the art surveys*, Springer Science & Business Media.
- Figueiredo, M.S.M. & Oliveira, M.D., 2009. Prioritizing risks based on multicriteria decision aid methodology: Development of methods applied to ALSTOM power. In *Industrial Engineering and Engineering Management, 2009. IEEM 2009. IEEE International Conference on*. IEEE, 1568–1572.
- Freeman, R.E. & McVea, J., 2001. A stakeholder approach to strategic management.
- Geldermann, J. & Schöbel, A., 2011. On the Similarities of Some Multi-Criteria Decision Analysis Methods. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 18(3-4), 219–230.
- Gerring, J., 2004. What is a case study and what is it good for? *American political science review*, 98(02), 341–354.
- Huang, I.B., Keisler, J. & Linkov, I., 2011. Multi-criteria decision analysis in environmental sciences: ten years of applications and trends. *Science of the total environment*, 409(19), 3578–3594.
- Jacquet-Lagrange, E. & Siskos, J., 1982. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision-making, the UTA method. *European journal of operational research*, 10(2), 151–164.
- Macharis, C., Springael, J., De Brucker, K. & Verbeke, A., 2004. PROMETHEE and AHP: The design of operational synergies in multicriteria analysis.: Strengthening PROMETHEE with ideas of AHP. *European Journal of Operational Research*, 153(2), 307–317.
- Madeira, A.G., Cardoso, M., Belderrain, M., Correia, A. & Schwanz, S., 2012. Multicriteria and multivariate analysis for port performance evaluation. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 450–456.

- Mateus, R., Ferreira, J.A. & Carreira, J., 2008. Multicriteria decision analysis (MCDA): Central Porto high-speed railway station. *European Journal of Operational Research*, 187(1), 1–18.
- Merad, M., Dechy, N., Serir, L., Grabisch, M. & Marcel, F., 2013. Using a multi-criteria decision aid methodology to implement sustainable development principles within an organization. *European Journal of Operational Research*, 224(3), 603–613.
- Mohemad, R., Hamdan, A., Othman, Z., Noor, N., 2010. Decision support systems (dss) in construction tendering processes. *arXiv preprint arXiv:1004.3260*.
- Montignac, F., Noirot, I. & Chaudourne, S., 2009. Multi-criteria evaluation of on-board hydrogen storage technologies using the MACBETH approach. *international journal of hydrogen energy*, 34(10), 4561–4568.
- Montmain, J., Sanchez, C. & Vinches, M., 2009. Multi criteria analyses for managing motorway company facilities: The decision support system SINERGIE. *Advanced Engineering Informatics*, 23(3), 265–287.
- Nayak, P.K. & Pal, M., 2009. Linear programming technique to solve two person matrix games with interval pay-offs. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 26(02), 285–305.
- Oliveira, R.C. & Lourenço, J.C., 2002. A multicriteria model for assigning new orders to service suppliers. *European Journal of Operational Research*, 139(2), 390–399.
- Oprić, S. & Tzeng, G.-H., 2004. Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455.
- Ossadnik, W. & Lange, O., 1999. AHP-based evaluation of AHP-Software. *European journal of operational research*, 118(3), 578–588.
- Papamichail, K.N. & French, S., 2013. 25 Years of MCDA in nuclear emergency management. *IMA Journal of Management Mathematics*, 24(4), 481–503.
- Phillips, L.D. & Bana e Costa, C.A., 2007. Transparent prioritisation, budgeting and resource allocation with multi-criteria decision analysis and decision conferencing. *Annals of Operations Research*, 154(1), 51–68.
- Rolland, A., 2013. Reference-based preferences aggregation procedures in multi-criteria decision making. *European Journal of Operational Research*, 225(3), 479–486.
- Roubens, M., Rusinowska, A. & De Swart, H., 2006. Using MACBETH to determine utilities of governments to parties in coalition formation. *European Journal of Operational Research*, 172(2), 588–603.
- Roy, B., 1968. Classement et choix en présence de points de vue multiples (la méthode ELECTRE), *Rev. Française Automat., Informat. Recherche Opérationnelle*, 8.
- Roy, B., 1996. Multicriteria methodology for decision aiding. 1996.
- Roy, B., 1991. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods. *Theory and decision*, 31(1), 49–73.
- Saaty, T.L., 1977. A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, 15(3), 234–281.
- Saaty, T.L., 1982. Decision making for leaders. Life time learning publications. *Inc., Belmont, Calif.*

- Saaty, T.L., 1999. *Decision making for leaders: the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*, RWS publications.
- Saaty, T.L. & Shang, J.S., 2011. An innovative orders-of-magnitude approach to AHP-based multi-criteria decision making: Prioritizing divergent intangible humane acts. *European Journal of Operational Research*, 214(3), 703–715.
- Santos, S.P., Belton, V. & Howick, S., 2002. Adding value to performance measurement by using system dynamics and multicriteria analysis. *International Journal of Operations & Production Management*, 22(11), 1246–1272.
- Sassenberg, K., Landkammer, F. & Jacoby, J., 2014. The influence of regulatory focus and group vs. individual goals on the evaluation bias in the context of group decision making. *Journal of Experimental Social Psychology*, 54, 153–164.
- Schein, E.H., 1999. *Process consultation revisited: Building the helping relationship*, Addison-Wesley Reading, MA.
- Sciancalepore, F., Falagario, F., Constantino, M. & Pietroforte, R., 2011. Multi-criteria bid evaluation of public projects. In *Management and Innovation for a Sustainable Built Environment MISBE 2011, Amsterdam, The Netherlands, June 20-23, 2011*. CIB, Working Commissions W55, W65, W89, W112; ENHR and AESP.
- Steuer, R.E., Gardiner, L.R. & Gray, J., 1996. A bibliographic survey of the activities and international nature of multiple criteria decision making. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 5(3), 195–217.
- Stewart, T.J., 2005. Dealing with uncertainties in MCDA. In *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*. Springer, 445–466.
- Tsoukiàs, A., 2008. From decision theory to decision aiding methodology. *European Journal of Operational Research*, 187(1), 138–161.
- Turskis, Z. & Zavadskas, E.K., 2011. Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. *Technological and economic development of economy*, (2), 397–427.
- Uyarra, E. & Flanagan, K., 2010. Understanding the innovation impacts of public procurement. *European Planning Studies*, 18(1), 123–143.
- Webster, J. & Watson, R.T., 2002. Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *Management Information Systems Quarterly*, 26(2), 3.
- Yin, R.K., 2013. *Case study research: Design and methods*, Sage publications.
- Yin, R.K., 1981. The case study crisis: Some answers. *Administrative science quarterly*, 58–65.
- Zanakis, S.H., Solomon, A., Wishart & N., Dublsh., 1998. Multi-attribute decision making: A simulation comparison of select methods. *European journal of operational research*, 107(3), 507–529.

Bibliografia complementar

Código de Contratos Públicos - Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro

Legislação Interna Força Aérea: MCLAFA 305-5 e Caderno de Encargos “Construção de Estrutura Metálica na placa oeste”

ANEXOS

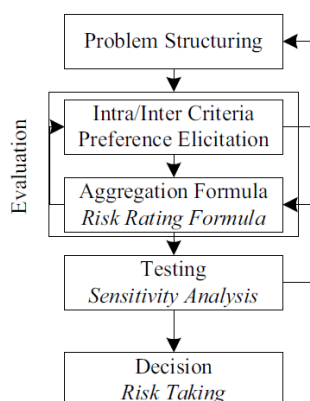
Anexo 1 - Métodos MAUT

Methods	Studies
	Keeney and Raiffa (1976)
LOGICAL DECISION	Smith and Speiser (1991)
DECAID	Pitz (1987)
	Вайгаускас, Завадскас (1980)
Simple Additive Weighting (SAW)	MacCrimon (1968)
Linear Programming Techniques for Multidimensional Analysis of Preference (LINMAP)	Srinivasan and Shocker (1973)
Analytic Hierarchy Process (AHP)	Saaty (1977, 1980);
Analytic Hierarchy Process (AHP)	Lootsma (1993)
Utility Theory Additive (UTA)	Jacquet-Lagrèze and Siskos (1982)
TOPSIS	Hwang and Yoon (1981)
TOPSIS	Antuchevičienė <i>et al.</i> (2010)
Multicriterion Analysis of Preferences by means of Pairwise Alternatives and Criterion comparisons (MAPPAC)	Matarazzo (1986, 1988b)
PRAGMA	Matarazzo (1988a, 1988b)
Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique. (MACBETH)	Bana e Costa and Vansnick (1994)
Complex Proportional Assessment (COPRAS)	Zavadskas and Kaklauskas (1996)
Complex Proportional Assessment method with Grey interval numbers (COPRAS-G)	Zavadskas <i>et al.</i> (2008)
REMBRANDT	Lootsma (1992) Olson <i>et al.</i> 1992
Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis Method (MOORA)	Brauers and Zavadskas (2006)
MULTIMOORA	Brauers and Zavadskas (2010)
Additive Ratio Assessment method (ARAS)	Zavadskas and Turskis (2010)
ARAS-F	Turskis and Zavadskas (2010a)
ARAS-G	Turskis and Zavadskas (2010b)
Step-wise weight assessment ratio analysis (SWARA)	Keršulienė <i>et al.</i> (2010)

Multiple attribute utility theory (MAUT)

Fonte: (Turskis e Zavadskas 2011)

Anexo 2 - Metodologia MCDA



Fonte: (Figueiredo e Oliveira 2009)

Anexo 3 - Objeto de Avaliação dos Critérios e Subcritérios do modelo proposto

Critério	Subcritério	Objeto de Avaliação do Subcritério
(C1) Memória Descritiva e justificativa do modo de execução da obra (Md)	(C1.1) Md Metodologia de execução	Descrição dos trabalhos a realizar, discretização por atividade e indicação de vantagens e inconvenientes da sua aplicação face a outras soluções possíveis. (inclusão ou não de peças desenhadas)
	(C1.2) Md Detalhe (Estr. e Compr.)	Forma como a Memória Descritiva está estruturada e é compreensível
	(C1.3) Md Materiais e Equipamentos e Mão-de-obra	Materiais e Equipamentos, elementos de construção, dos sistemas, e redes associadas às instalações técnicas. Apresentam catálogos/fichas técnicas afetando à mão de obra
	(C1.4) Md Política de Higiene e Segurança no Trabalho	Apresentação de estudo preliminar, associação com Plano de Segurança e Saúde (PSS)
	(C1.5) Md Plano de Estaleiro	Grau de Detalhe (Estrutura e Compreensibilidade do Plano de Estaleiro)
	(C1.6) Md Política de Gestão de Resíduos	Definição e especificação da metodologia de prevenção e modo de acondicionamento/triagem
(C2) Programa de trabalhos (Pt)	(C2.1) Pt Atividades	Escalonamento e Agrupamento por tipo de trabalho, duração e precedência das atividades.
	(C2.2) Pt Caminho Crítico	Coerência e exequibilidade das atividades
	(C2.3) Pt Compreensão	Forma como o programa de trabalhos está estruturado e é compreensível
(C3) Preço (P)	P Preço	Preço dos Concorrentes

Fonte: Autoria Própria

Anexo 4 - Questionário efetuado aos avaliadores dos Concursos Públicos (algumas secções)

1 - Seleção de Critérios
Pretende-se saber quais os aspetos que considera relevantes para a avaliação de propostas

Quais dos Seguintes Pontos de Vista considera importantes para a avaliação de propostas de Concursos Públicos da DI? *

Pode seleccionar todas as opções se considerar que todos são relevantes.

Memória Descritiva

Programa de Trabalhos

Plano de Mão de Obra e Equipamentos

Outra:

Se seleccionou "Memória Descritiva" (Md) no ponto anterior assinala as opções que considera relevantes para avaliar a mesma *

Pode seleccionar todas as opções se considerar que todos são relevantes.

Detalhe (estrutura e compreensibilidade da Md)

Materiais e Equipamentos da Md

Política de Gestão de Resíduos

Política de Higiene e Segurança no Trabalho

Plano de Estaleiro

Metodologia de Execução

Outra:

2 - Ordenação dos Critérios por nível de importância
Pretende-se obter a ordem de importância para a avaliação de propostas dos critérios já seleccionados.

Ordene (escolhendo o número em cada linha) por ordem decrescente de importância as opções que se seguem. O número 1 corresponde ao critério mais importante na sua ordem de preferência. Se considerar opções sem importância/influência na decisão, assinala 0. *

Nota: A ordem não tem de terminar no n.º 17. Exemplo: se seleccionar 3 opções como zero, a sua ordem de preferência deverá ir de 1 a 14. Sendo neste exemplo, 1 o critério mais importante e 14 o menos importante para a avaliação de propostas.

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

(Md) Detalhe (Estr. e Compr.) 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

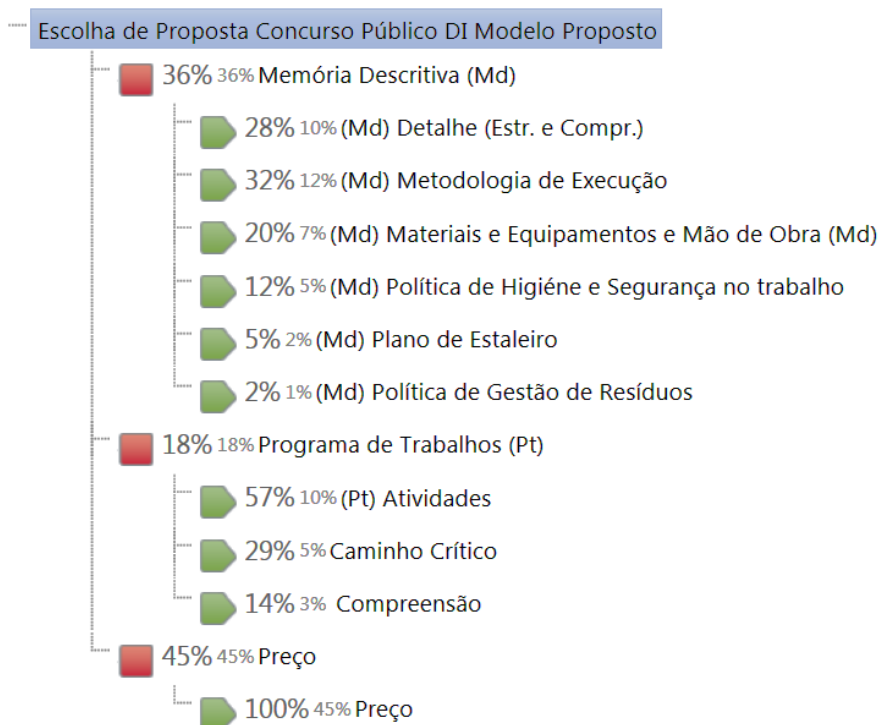
(Md) Metodologia de Execução 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

(Md) Plano de Estaleiro 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

(Md) Materiais e Equipamentos 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17

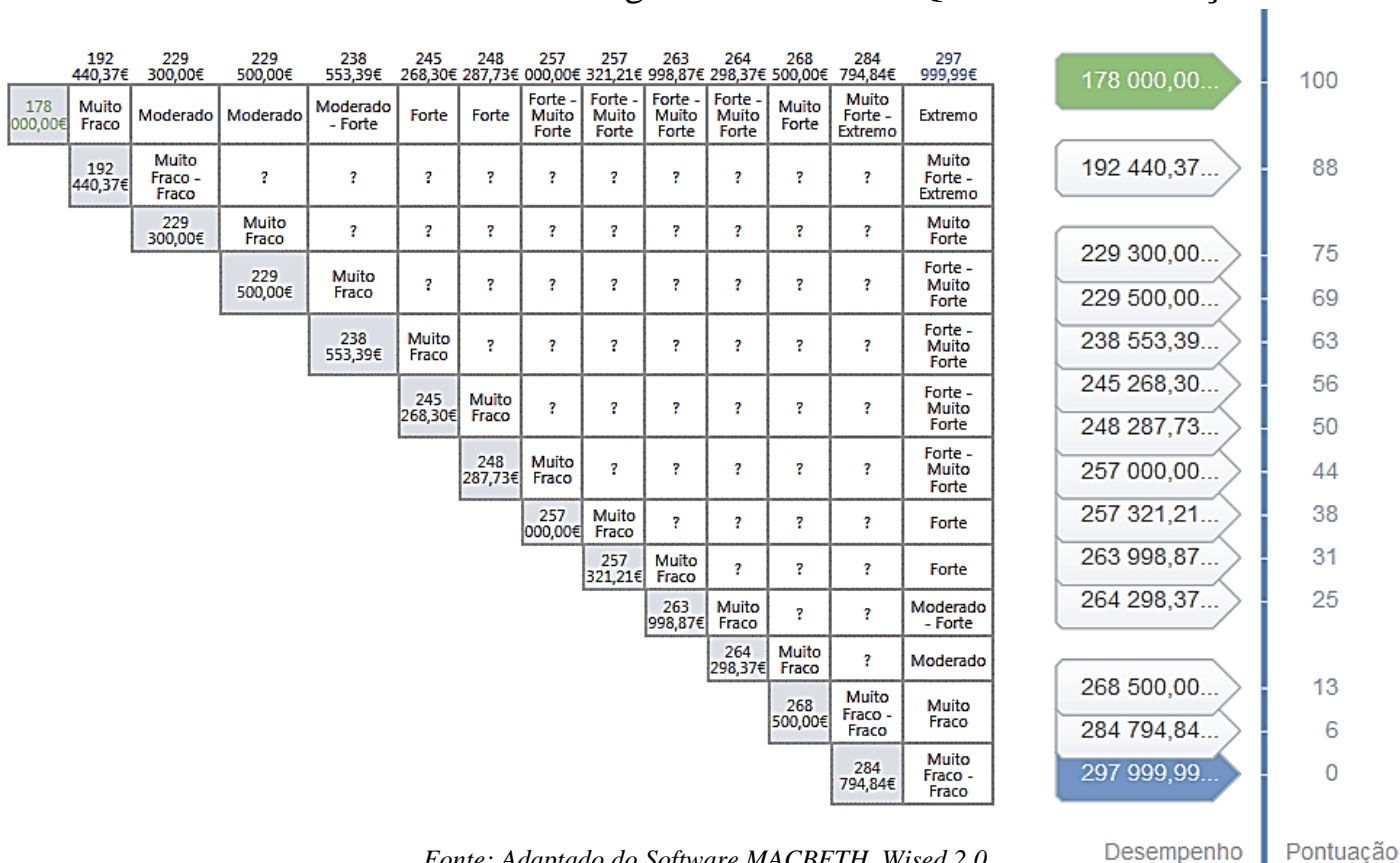
Fonte: Questionários Google Forms

Anexo 5 - Árvore de decisão do modelo proposto



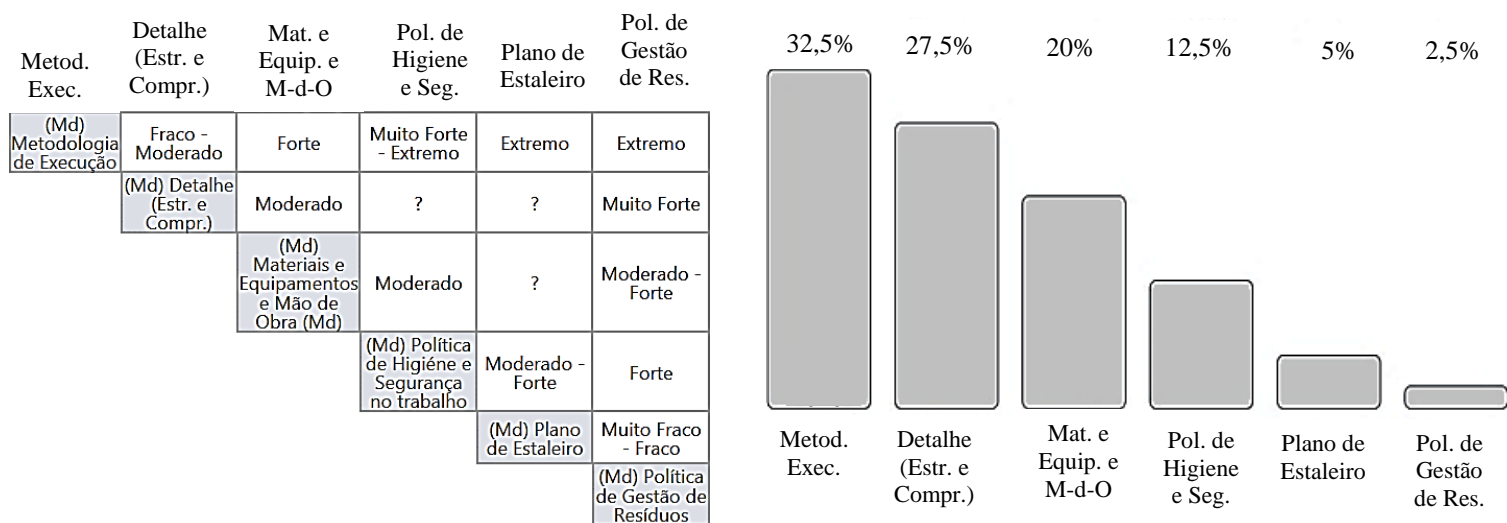
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 6 - Matriz de Julgamento e Escala Qualitativa de Preço



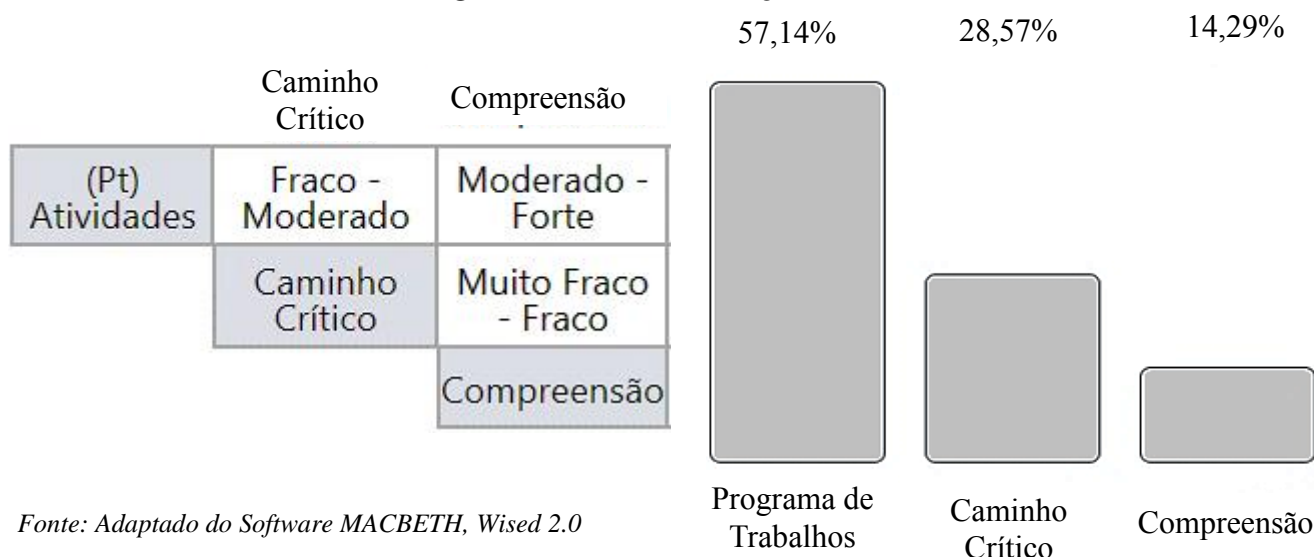
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 7 - Matriz de Julgamento e Ponderação dos subcritérios de C1



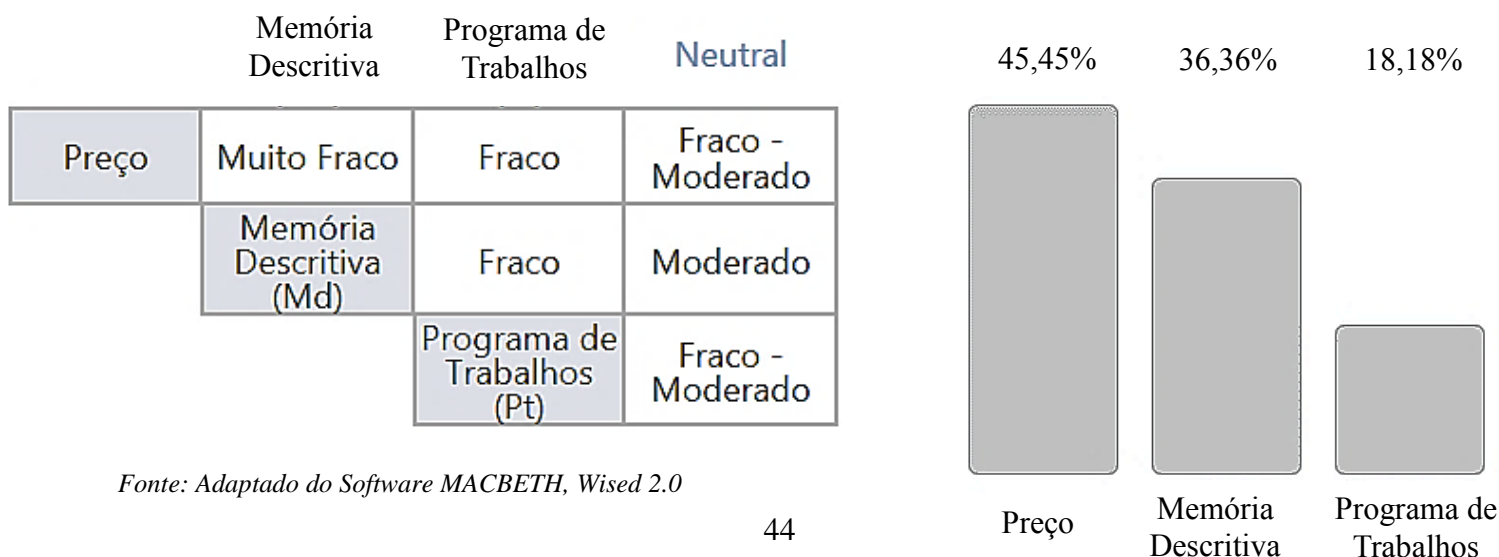
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 8 - Matriz de Julgamento e Ponderação dos subcritérios de C2



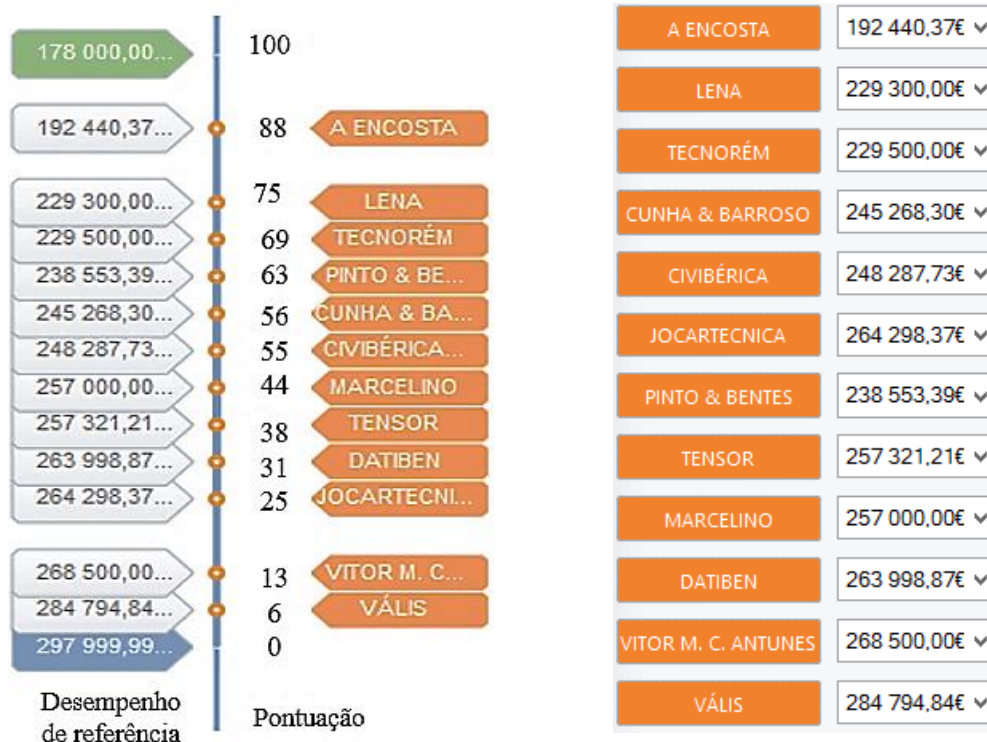
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 9 - Matriz de Julgamento e Ponderação resultante do Modelo



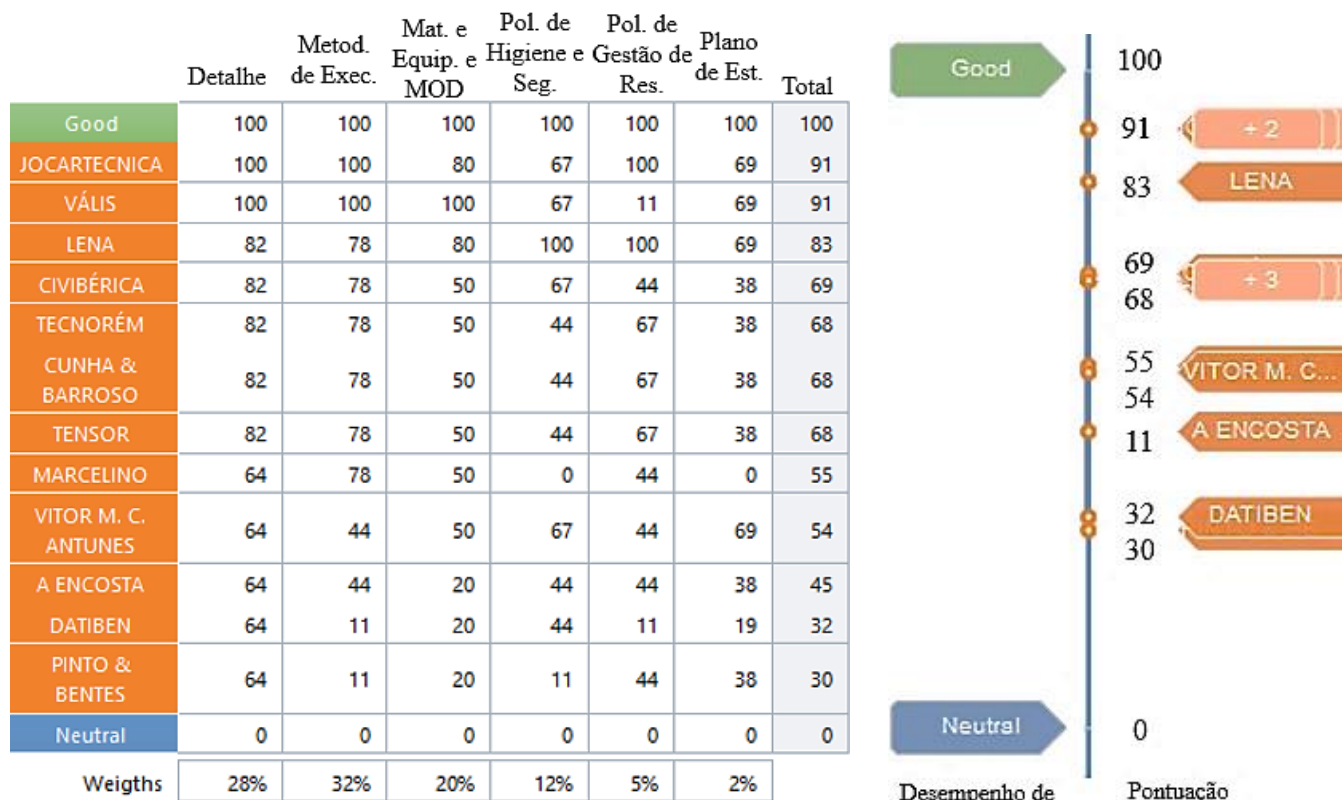
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 10 - Avaliação e Termómetro de pontuação do subcritério Preço



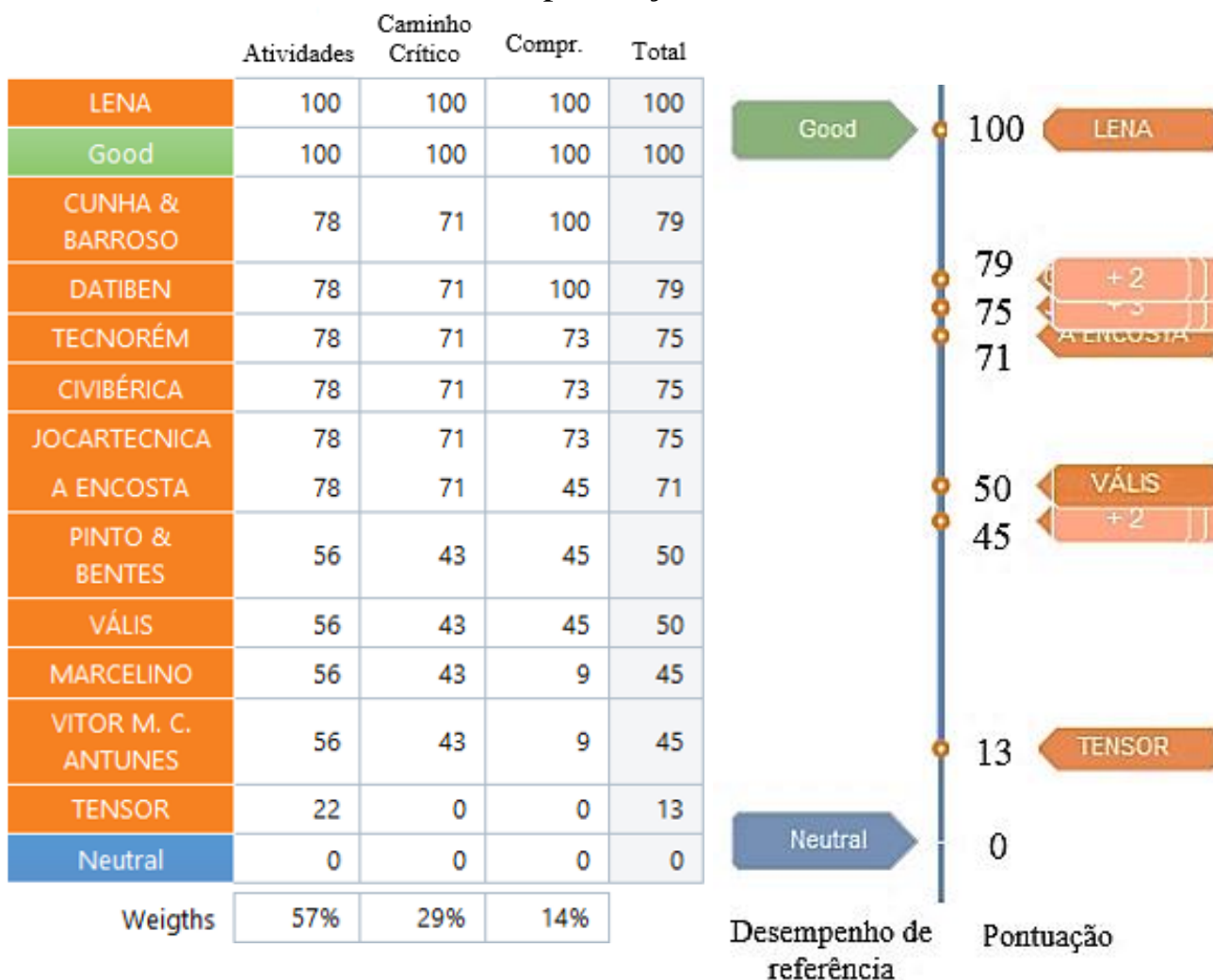
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 11 - Aplicação do modelo aditivo no critério C1 e respetivo termómetro de pontuação



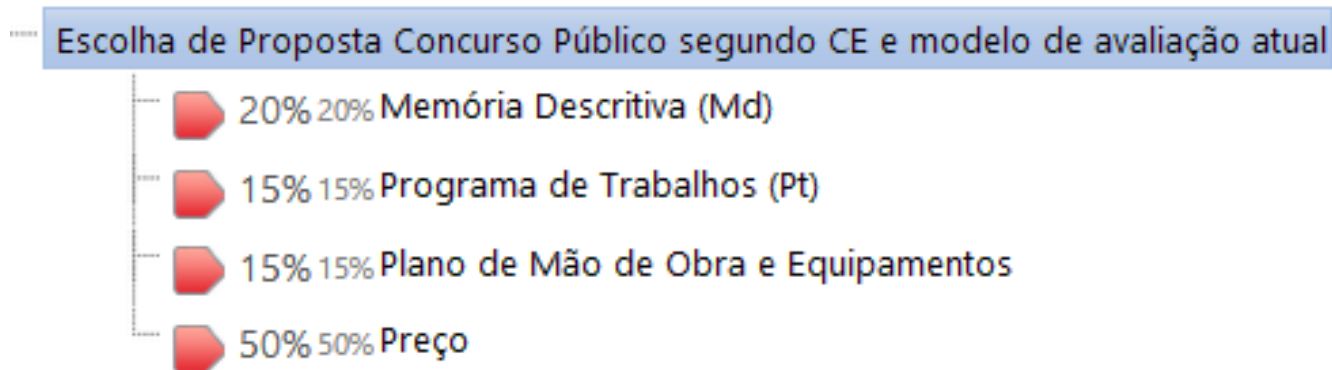
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 12 - Aplicação do modelo aditivo no critério C2 e respetivo termómetro de pontuação



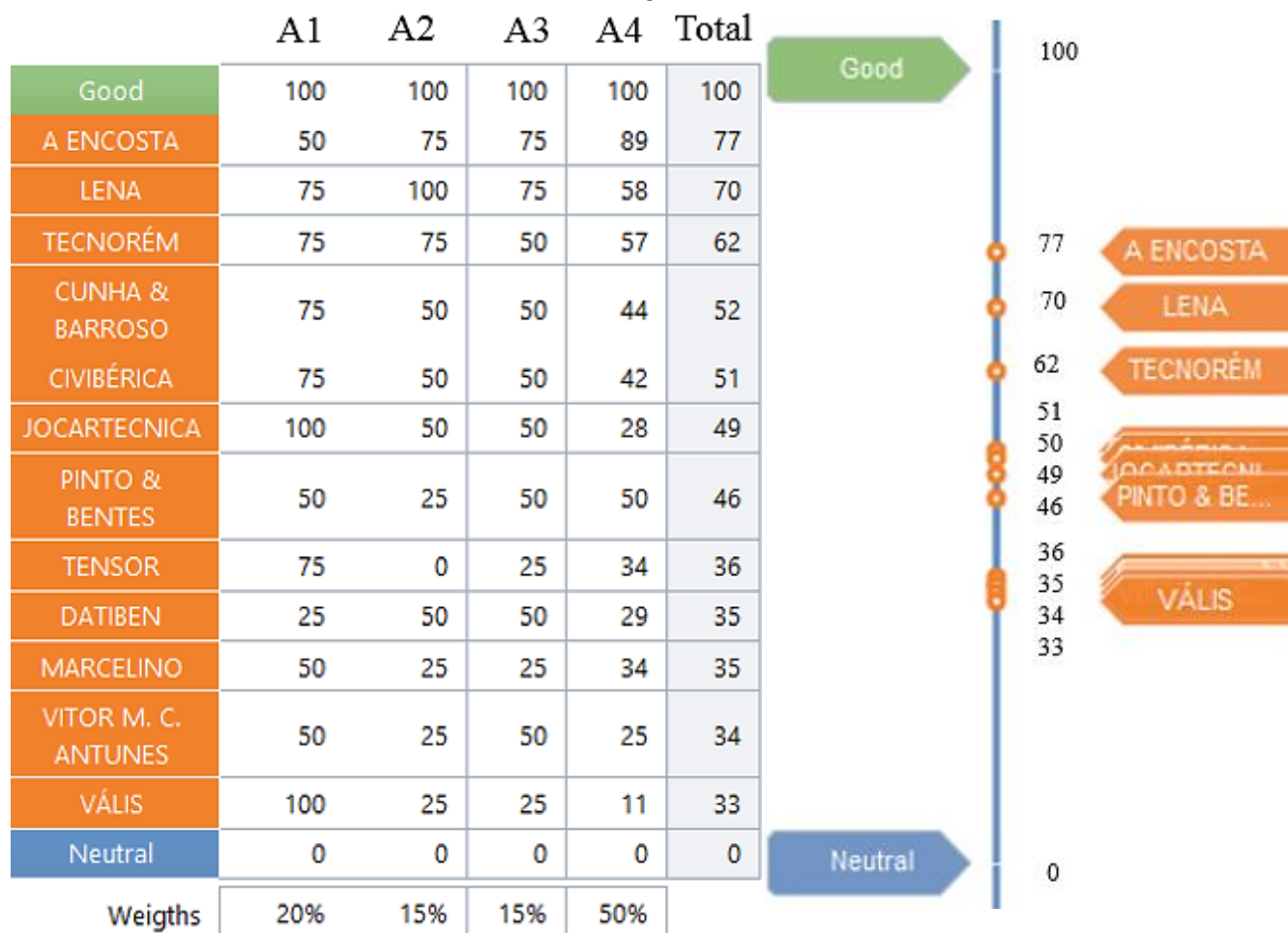
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 13 - Árvore de Fatores do modelo de avaliação atual da FA



Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

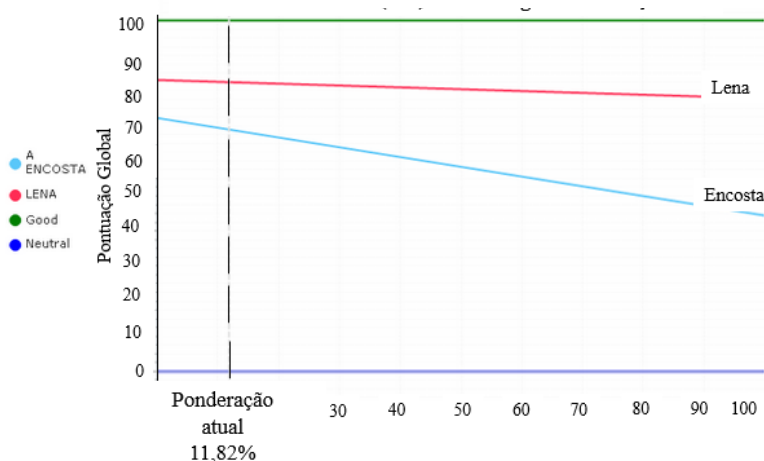
Anexo 14 - Avaliação e Termómetro de Pontuações do modelo de avaliação atual da Força Aérea



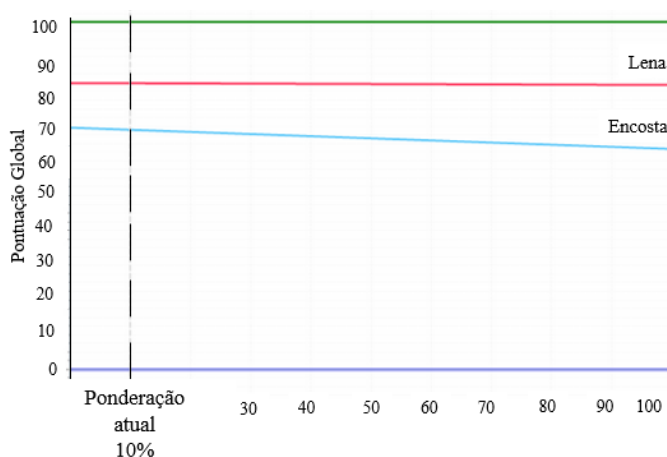
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 15 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Lena” com variação nas ponderações dos subcritérios de C1 no modelo proposto

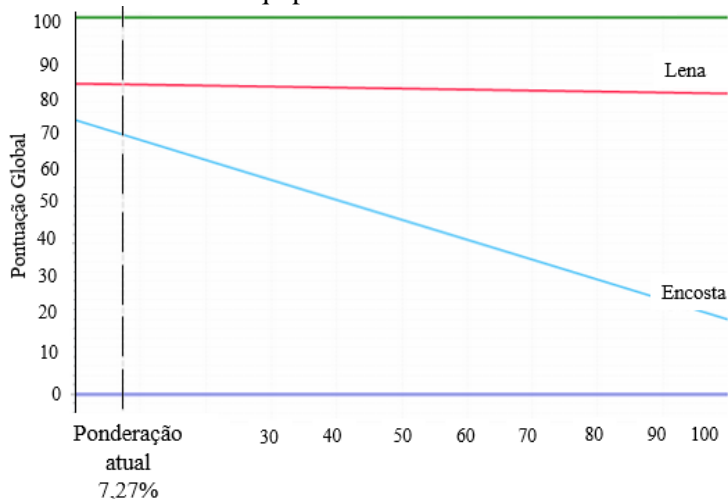
Subcritério (C1.1) Md Metodologia de Execução



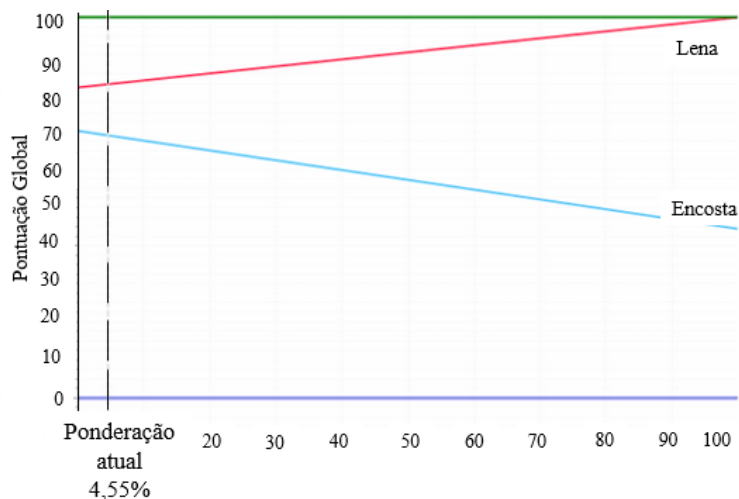
Subcritério (C1.2) Md Detalhe (Estr. e Compr.)



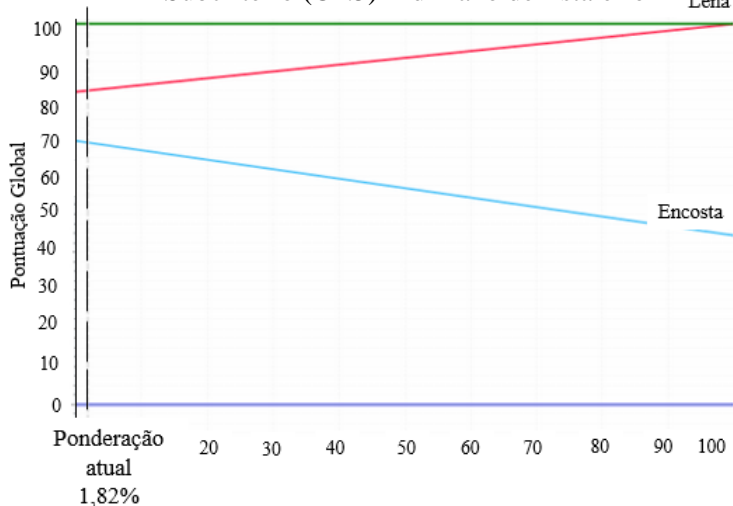
Subcritério (C1.3) Md Materiais e Equipamentos e Mão-de-Obra



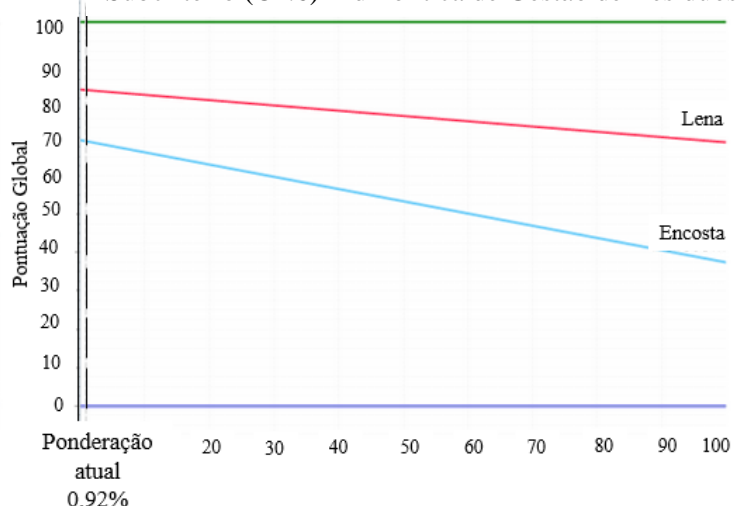
Subcritério (C1.4) Md Política de Higiene e Segurança



Subcritério (C1.5) Md Plano de Estaleiro



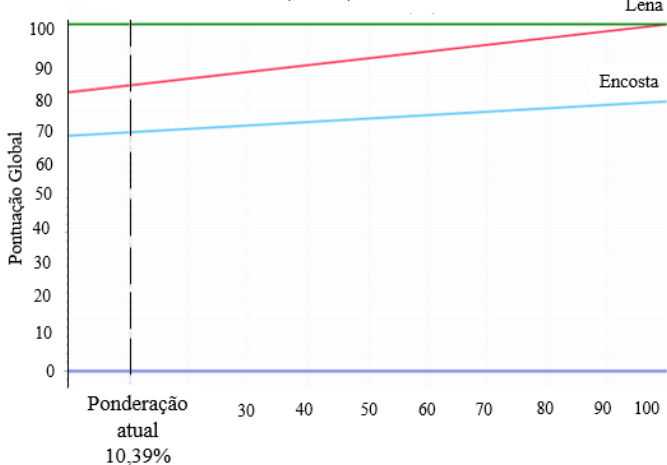
Subcritério (C1.6) Md Política de Gestão de Resíduos



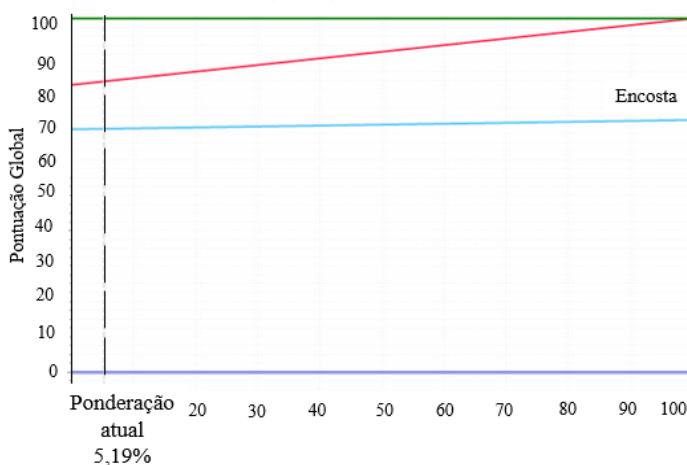
Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

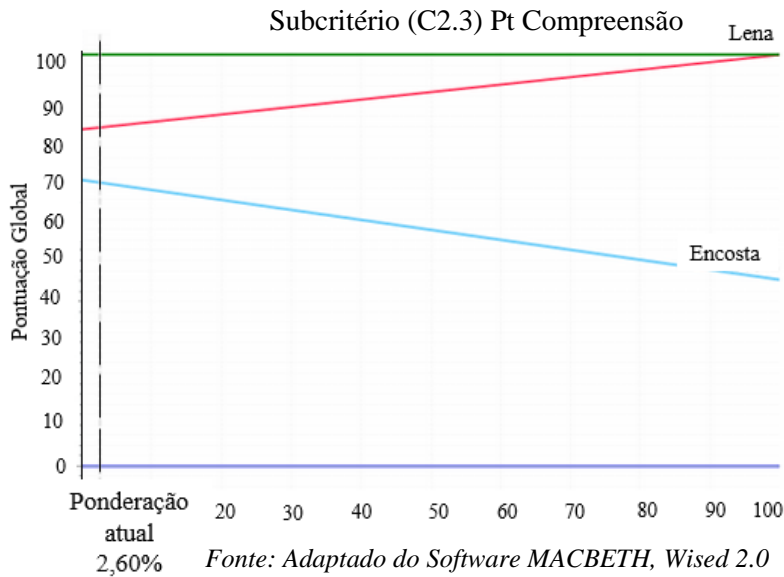
Anexo 16 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Lena” com variação nas ponderações dos subcritérios de C2 no modelo proposto

Subcritério (C2.1) Pt Atividades

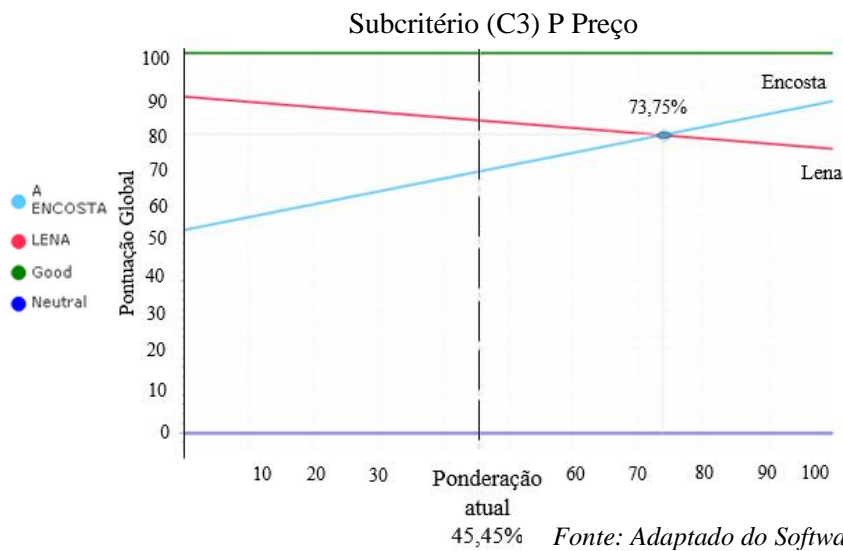


Subcritério (C2.2) Pt Caminho Crítico

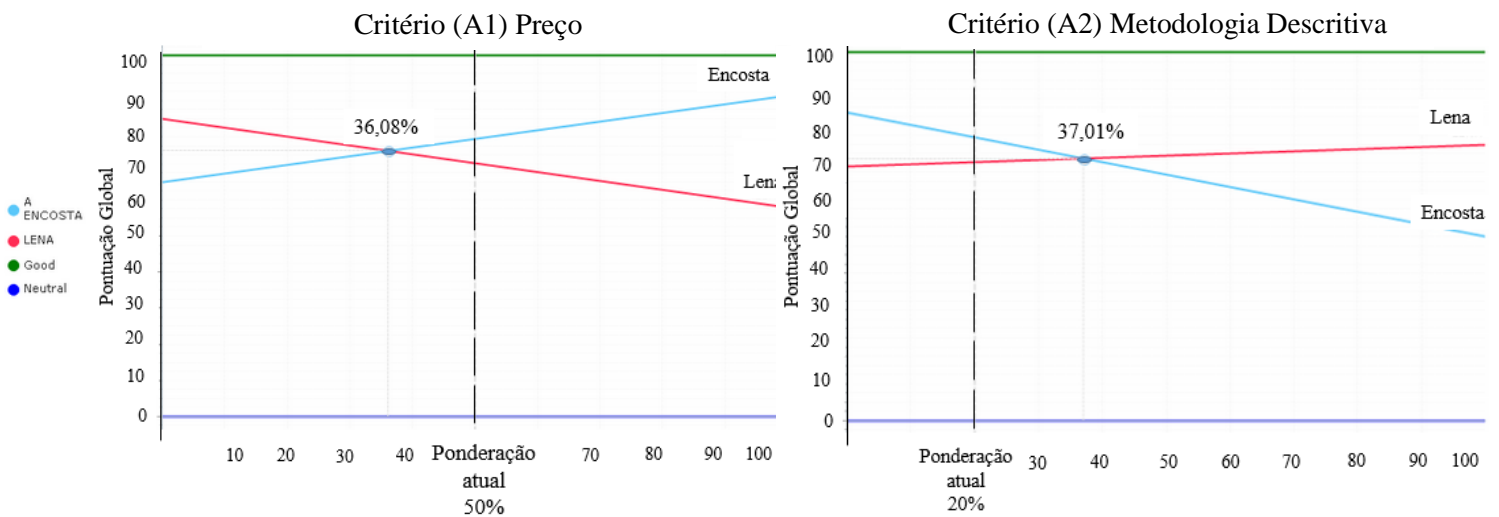


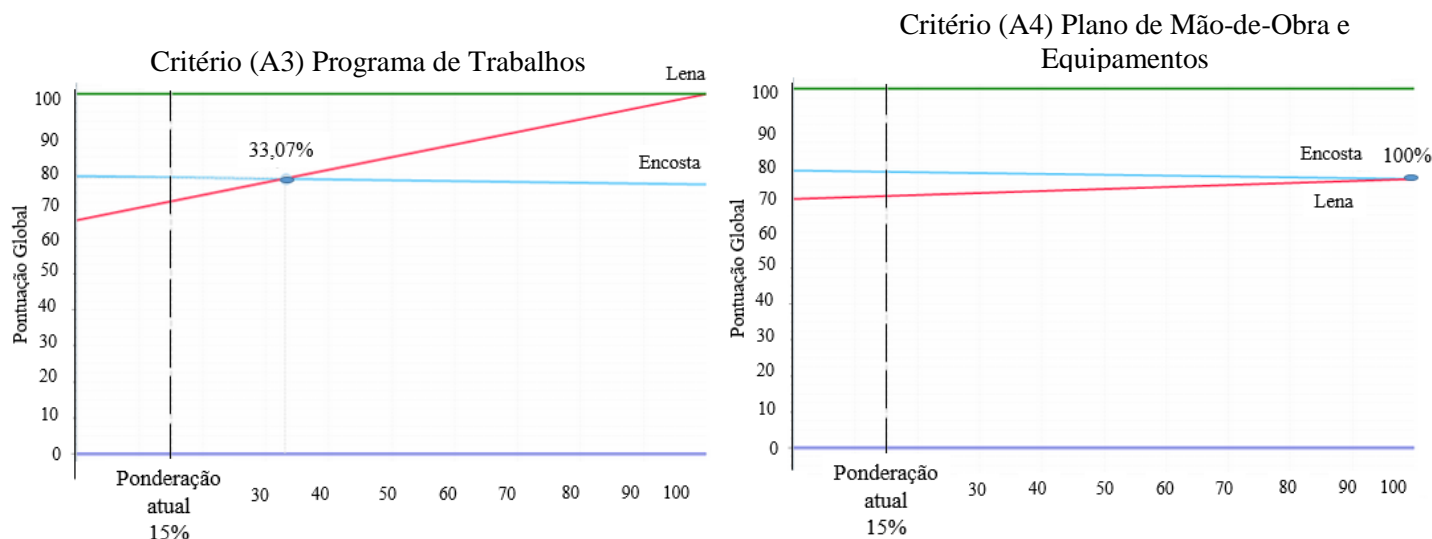


Anexo 17 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Lena” com variação nas ponderações do subcritério de C3 no modelo proposto



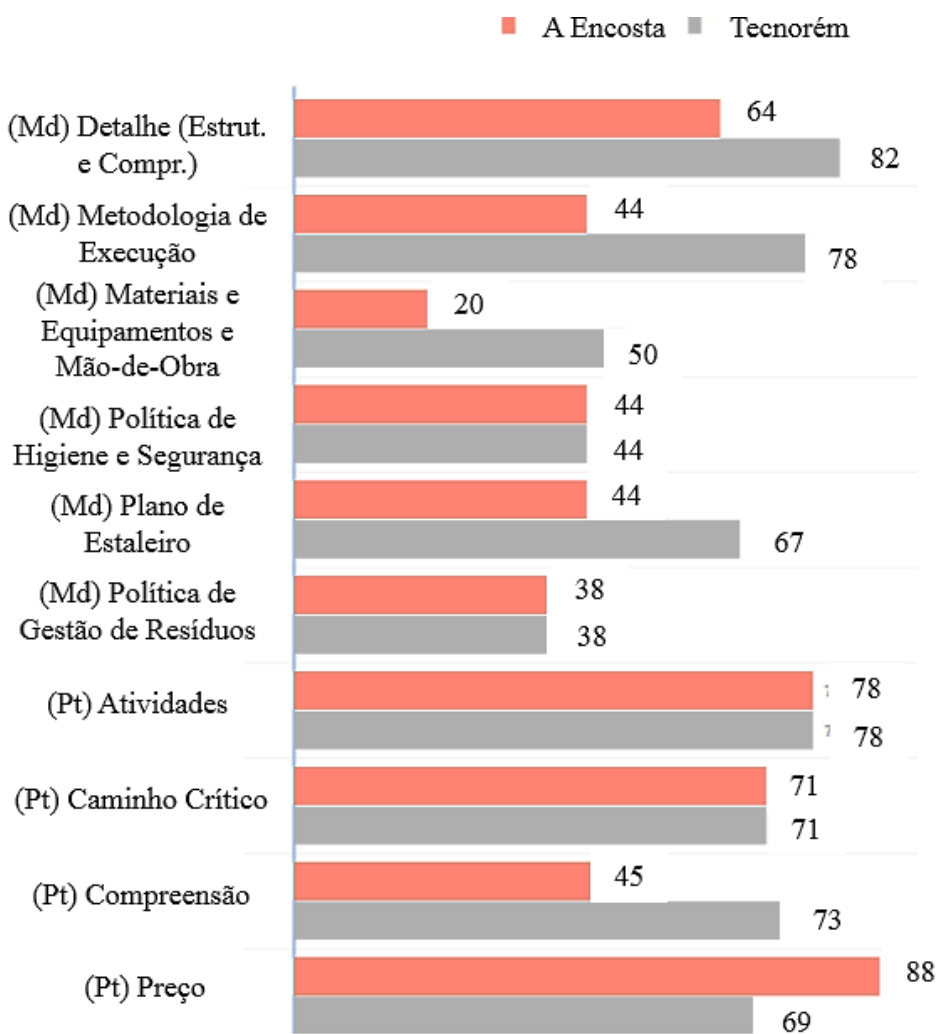
Anexo 18 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Lena” com variação nas ponderações do critério A1, A2, A3 e A4 no modelo efetivo





Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0

Anexo 19 - Comparação entre o desempenho de “A Encosta” e “Tecnorém” no modelo proposto



Fonte: Adaptado do Software MACBETH, Wised 2.0