



# **MODELO DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE FOLHA DE FLANDRES – UM ESTUDO DE CASO NA EMPRESA CAN**

**Rafaela Ribeiro de Pinho**

*Dissertação apresentada ao Instituto Politécnico do Porto- APNOR para obtenção do Grau de  
Mestre em Logística*

**Orientada pela Professora Doutora Ana Paula Lopes**

**Porto, Maio de 2019**





**MODELO DE APOIO À DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA  
SELEÇÃO DE FORNECEDORES DE FOLHA DE FLANDRES – UM  
ESTUDO DE CASO NA EMPRESA CAN**

**Rafaela Ribeiro de Pinho**

**Professora Doutora Ana Paula Lopes**

Porto, Maio de 2019

## RESUMO

A avaliação e seleção de fornecedores tem sido uma questão com elevada importância estratégica ao longo do tempo. Desta forma, é crucial a realização de uma avaliação estruturada, considerando diversos critérios. Na presente dissertação é apresentado uma revisão de várias metodologias multicritério de apoio à decisão exploradas na literatura para resolver o processo de avaliação de fornecedores com base nas especificações, nas estratégias e nos requisitos da empresa CAN. Tendo em conta as características de cada fornecedor e um conjunto de critérios com pesos distintos, são aplicados o método AHP e o método PROMETHEE para se estabelecer um ranking de acordo com o desempenho nos critérios selecionados. Além disso, com o intuito de ajudar a empresa a tomar a melhor decisão, é realizada uma análise da estabilidade *ranking*, através da variação dos pesos atribuídos aos critérios. O estudo e modelos desenvolvidos mostraram-se de fácil aplicação e entendimento, atendendo aos objetivos especificados.

Palavras-Chave: Multicritério, PROMETHEE, AHP, Fornecedor.

## RESUMEN

La evaluación y selección de proveedores ha sido una cuestión de gran importancia estratégica a lo largo del tiempo. De esta forma, es crucial la realización de una evaluación estructurada, considerando diversos criterios. En la presente disertación se presenta una revisión de varias metodologías multicriterio de apoyo a la decisión explotadas en la literatura para resolver el proceso de evaluación de proveedores con base en las especificaciones, en las estrategias y en los requisitos de la empresa CAN. Teniendo en cuenta las características de cada proveedor y un conjunto de criterios con pesos distintos, se aplican el método AHP y el método PROMETHEE para establecer un ranking de acuerdo con el desempeño en los criterios seleccionados. Además, con el fin de ayudar a la empresa a tomar la mejor decisión, se realiza un análisis de la estabilidad de clasificación, a través de la variación de los pesos asignados a los criterios. El estudio y modelos desarrollados se mostraron de fácil aplicación y entendimiento, atendiendo a los objetivos especificados.

Palabras clave: Multicriterio, PROMETHEE, AHP, Proveedor.

## **ABSTRACT**

The evaluation and selection of suppliers has been an issue of great strategic importance over time. In this way, a structured evaluation is crucial, considering several criteria. This work presents a review of several multicriteria decision support methodologies explored in the literature to solve the supplier evaluation process based on CAN company specifications, strategies and requirements. Considering the characteristics of each supplier and a set of criteria with different weights, the AHP method and the PROMETHEE method are applied to establish a ranking according to the performance in the selected criteria. In addition, to help the company to make the best decision, an analysis of ranking stability is performed by varying the weights assigned to the criteria. The study and models developed were easy to apply and understand, meeting the specified objectives.

Key-Words: Multicriteria, PROMETHEE, AHP, Supplier.

## **AGRADECIMENTOS**

Esta dissertação de mestrado resulta de uma longa viagem com uma trajetória repleta de inúmeros desafios, incertezas e algumas alegrias que foi sendo guiada com muito empenho e dedicação e, por este motivo, não poderia deixar de agradecer a algumas pessoas que, direta ou indiretamente, permitiram que eu alcançasse esta meta, um projeto de vida, e às quais estou eternamente grata.

À minha orientadora, Doutora Ana Paula Lopes, por todo o conhecimento transmitido, pela amizade, apoio e total disponibilidade que demonstrou em todos os momentos. Trilhar este caminho só foi possível com o seu apoio e presença constante.

Aos profissionais da empresa em estudo, pelo apoio e interesse demonstrado neste trabalho.

À minha amiga, Anabela Sousa, que desde o início demonstrou sempre o seu apoio e amizade, sendo um pilar essencial para a conclusão desta etapa da minha vida.

Ao meu namorado e aos meus pais, pelo apoio incondicional que me deram em todos os momentos, pelas palavras de conforto e por acreditarem sempre em mim e nas minhas capacidades. Pelos gestos, pelo incentivo, por tudo... sem eles nada disto seria possível.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MDCA	– Multicriteria Decision Analysis
PROMETHEE	– Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
AHP	– Analytic Hierarchy Process
JIT	– Just in Time
DEA	– Data Envelopment Analysis
MCDM	– Multi-criteria Decision Making
WSM	– Weighted Sum Model
ANP	– Analytic Network Process
ANN	– Artificial Neural Networks
SMART	– Simple Multi-Attribute Rating Technique
ELECTRE	– Elimination Et Choice Translating Reality
TOPSIS	– Technique of Order Preference Similarity to the Ideal Solution
VIKOR	– VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
DEMATEL	– Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
NAIADE	– Novel Approach to Imprecise Assessment and Decision Environments
SAW	– Simple Additive Weighting
MAUT	– Multi attribute utility theory
OTIF	– On-Time In-Full
RC	– Rácio de Consistência
IR	– Índice de Consistência Aleatório
IC	– Índice de Consistência

## ÍNDICE

Resumo.....	i
Resumen.....	i
Abstract.....	ii
Agradecimentos .....	iii
Lista de Abreviaturas e Siglas.....	iv
Índice de figuras .....	vi
Índice de tabelas .....	viii
CAPÍTULO I. Introdução.....	1
1.1. Âmbito e Contextualização .....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Metodologia de Investigação.....	2
1.4. Descrição da Estrutura do Trabalho.....	3
CAPÍTULO II. Revisão Literatura.....	4
2.1. Seleção de Fornecedores.....	4
2.1.1. Problema na Seleção de Fornecedores.....	4
2.1.2. Processo de Seleção de Fornecedores .....	4
2.2. Conceitos Básicos no Apoio ao Multicritério.....	5
2.3. Análise de Decisão Multicritério (MCDA).....	6
2.3.1. Etapas .....	7
2.3.2. Métodos.....	7
CAPÍTULO III. Metodologia.....	9
3.1. Definição dos Critérios de Decisão .....	9
3.2. Mensuração dos Critérios .....	10
3.3. Métodos de Decisão Multicritério .....	12
3.3.1. Método AHP – Analytic Hierarchy Process .....	12
3.3.2. Método PROMETHEE - Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation.....	16
CAPÍTULO IV. Aplicação de Metodologia de Análise Multicritério – Resultados/Discussão.....	20
4.1. Identificação e Estruturação do Problema .....	20
4.1.1. Obtenção de Dados .....	20
4.2. Aplicação do Método AHP .....	20
4.2.1. Análise dos resultados – Método AHP.....	24
4.3. Aplicação do Método PROMETHEE .....	30
4.3.1. Análise dos Resultados – Método PROMETHEE.....	55
CAPÍTULO V. Conclusão.....	57
Referências Bibliográficas .....	59
ANEXOS .....	63
ANEXO I – Aplicação do Método AHP para as Alternativas .....	63
ANEXO II – Outputs Método PROMETHEE .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relação entre o processo de resolução de problemas e a tomada de decisão (Adaptado de (Anderson et al., 2011)).....	6
Figura 2. Estrutura Hierárquica do AHP (Adaptado de (Saaty, 2008)).....	13
Figura 3. Funções de preferência utilizadas no PROMETHEE - Representação gráfica (Adaptado de (Brans & De Smet, 2016)).....	17
Figura 4. Estrutura hierárquica do problema (Fonte: Própria).....	21
Figura 5. Peso relativo de cada critério (Fonte: Própria).....	22
Figura 6. Impacto da variação do peso do critério "Qualidade do material" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria).....	26
Figura 7. Impacto da variação do peso do critério "Custo de Aquisição" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria).....	27
Figura 8. Impacto da variação do peso do critério "Leadtime Logístico" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria).....	27
Figura 9. Impacto da variação do peso do critério "Capacidade de Atendimento" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria).....	28
Figura 10. Impacto da variação do peso do critério "Certificação " no ranking de fornecedores (Fonte: Própria).....	28
Figura 11. Impacto da variação do peso do critério "Flexibilidade" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria).....	29
Figura 12. Impacto da variação do peso do critério "Estabilidade Financeira" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria).....	29
Figura 13. Interface do software PROMETHEE (Fonte: Visual PROMETHEE).....	31
Figura 14. Network (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	34
Figura 15. Tabela de fluxo (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	35
Figura 16. PROMETHEE I – ranking parcial (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	35
Figura 17. PROMETHEE II – ranking completo (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	36
Figura 18. Promethee Rainbow (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	38
Figura 19. PROMETHEE GAIA (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	39
Figura 20. PROMETHEE GAIA com o eixo do critério “Custo de Aquisição” evidenciado (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	42
Figura 21. PROMETHEE GAIA com o eixo do critério "Qualidade do material" evidenciado (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	43
Figura 22. Walking weight – visão inicial (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	44
Figura 23. Walking weight com peso do custo a 60% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	45
Figura 24. Walking weight com peso da qualidade a 80% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	46
Figura 25. Walking weight com peso do leadtime a 40% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	47
Figura 26. Walking weight com peso da estabilidade financeira a 70% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	48

Figura 27. Visual Stability Intervals – Custo (Fonte: PROMETHEE-GAIA software) .....	49
Figura 28. Visual Stability Intervals – Qualidade (Fonte: PROMETHEE-GAIA software) .....	50
Figura 29. Visual Stability Intervals – Leadtime (Fonte: PROMETHEE-GAIA software) .....	51
Figura 30. Visual Stability Intervals – Capacidade de Atendimento (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	52
Figura 31. Visual Stability Intervals – Certificação (Fonte: PROMETHEE-GAIA software) .....	53
Figura 32. Visual Stability Intervals – Flexibilidade (Fonte: PROMETHEE-GAIA software) .....	54
Figura 33. Visual Stability Intervals – Estabilidade (Fonte: PROMETHEE-GAIA software) .....	55
Figura 34. Action Profile Fornecedor 1 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	70
Figura 35. Action Profile Fornecedor 2 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	70
Figura 36. Action Profile Fornecedor 3 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	70
Figura 37. Action Profile Fornecedor 4 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	71
Figura 38. Action Profile Fornecedor 5 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	71
Figura 39. Action Profile Fornecedor 6 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	71
Figura 40. Action Profile Fornecedor 7 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	72
Figura 41. Action Profile Fornecedor 8 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	72
Figura 42. Action Profile Fornecedor 9 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	72
Figura 43. Action Profile Fornecedor 10 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software).....	73

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Definição dos critérios (Fonte: Própria) .....	10
Tabela 2. Escala fundamental de Saaty (adaptado de (Saaty, 1980)) .....	13
Tabela 3. Valores de IR (adaptado de (Saaty, 1987)) .....	15
Tabela 4. Família de métodos PROMETHEE (Adaptado de (Brans & Mareschal, 2005)) .....	16
Tabela 5. Matriz de comparações entre pares dos critérios em relação ao objetivo (Fonte: Própria) .....	21
Tabela 6. Matriz normalizada e respetivo peso para cada critério (Fonte: Própria) .....	22
Tabela 7. Matriz síntese de decisão final (Fonte: Própria) .....	24
Tabela 8. Ranking de fornecedores (Fonte: Própria) .....	24
Tabela 9. Peso atribuído a cada critério (Fonte: Própria) .....	30
Tabela 10. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério “Qualidade do Material” (Fonte: Própria) .....	63
Tabela 11. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério “Qualidade do Material” (Fonte: Própria) .....	63
Tabela 12. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério “Custo de Aquisição” (Fonte: Própria) .....	64
Tabela 13. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério “Custo de Aquisição” (Fonte: Própria) .....	64
Tabela 14. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério “Leadtime Logístico” (Fonte: Própria) .....	65
Tabela 15. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério “Leadtime Logístico” (Fonte: Própria) .....	65
Tabela 16. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério “Capacidade de Atendimento” (Fonte: Própria) .....	66
Tabela 17. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério “Capacidade de Atendimento” (Fonte: Própria) .....	66
Tabela 18. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério “Certificação” (Fonte: Própria) .....	67
Tabela 19. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério “Certificação” (Fonte: Própria) .....	67
Tabela 20. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério “Flexibilidade” (Fonte: Própria) .....	68
Tabela 21. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério “Flexibilidade” (Fonte: Própria) .....	68
Tabela 22. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério “Estabilidade Financeira” (Fonte: Própria) .....	69
Tabela 23. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério “Estabilidade Financeira” (Fonte: Própria) .....	69

## CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO

### 1.1. ÂMBITO E CONTEXTUALIZAÇÃO

Com as constantes mudanças e exigências do mercado, a concorrência entre as cadeias de abastecimento tem assumido uma importância global e uma postura cada vez mais agressiva, exigindo das empresas um maior empenho no desenvolvimento de novas ferramentas de gestão. Independentemente do setor no qual as empresas estão inseridas, as atividades relacionadas com o processo de seleção e avaliação de fornecedores, são de extrema importância (Alencar, Almeida, & Mota, 2007).

A empresa CAN é uma empresa líder global na produção de embalagens de bens de consumo, onde a sua principal matéria-prima é a folha de flandres, que é adquirida a diversos fornecedores espalhados pelo mundo. Desta forma, não sendo responsável pela produção desta matéria-prima, a avaliação e seleção de fornecedores é uma das atividades críticas para que a empresa consiga uma vantagem competitiva.

A entrega de materiais com problemas de qualidade, *leadtimes* extensos, custos de aquisição elevados, entre outros aspetos, podem causar prejuízos para a empresa. Revela-se, assim, de extrema importância ter uma carteira de fornecedores confiáveis e com características positivas.

Normalmente, os fornecedores tendem a apresentar características similares aos seus concorrentes, o que não permite que a avaliação e seleção dos mesmos seja um processo simples. Desta forma, torna-se crucial uma avaliação minuciosa dos critérios na seleção de fornecedores. Porém, esta tarefa envolve frequentemente múltiplos critérios (quantitativos e qualitativos), os quais apresentam formas de mensuração distintas, tratando-se, portanto, de um problema de decisão multicritério (Wang, 2010).

De acordo com (de Boer, Labro, & Morlacchi, 2001), nas empresas industriais, como é o caso da empresa em estudo, o peso das compras representa entre 50% a 90% do seu *turnover* total, o que faz com que as operações de compra sejam um fator determinante para a maximização do lucro.

Os critérios considerados foram mencionados por parte dos profissionais do departamento de compras da empresa CAN, já que estes são os que assumem maior importância para a organização. Desta forma, os critérios considerados são a qualidade do material, o custo de aquisição, o *leadtime* logístico, a capacidade de atendimento, a certificação, a flexibilidade na entrega, e a estabilidade financeira, os quais serão aprofundados e mensurados em detalhe ao longo do trabalho.

## 1.2. OBJETIVOS

Considerando um conjunto de critérios que se pretendem otimizar em simultâneo, e com o intuito de encontrar uma solução que melhor satisfaça globalmente os diversos critérios, são utilizados modelos multicritério que servem de suporte à tomada de decisão.

Desta forma, com base numa análise multicritério, o principal objetivo da presente dissertação é propor uma abordagem para a problemática de seleção de fornecedores de folha de flandres, a principal matéria-prima da empresa em estudo. A avaliação e seleção de fornecedores é uma das atividades críticas para a empresa em estudo, uma vez que, não sendo a responsável pela sua produção é uma das variantes para a qual conseguirá obter vantagem competitiva.

Desta forma, o output para este problema será um ranking dos melhores fornecedores.

## 1.3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Com o intuito de auxiliar analistas e decisores em situações onde existe conflito de interesses, sendo considerado um conjunto de critérios, surgem as Metodologias de Apoio à Decisão Multicritério (em inglês, *Multicriteria Decision Analysis* – MCDA) que visam auxiliar na escolha da melhor alternativa (Gomes, Pereira, & Lins, 2002).

O principal objetivo destas metodologias é auxiliar um decisor/analista a hierarquizar diversas alternativas que são avaliadas segundo um conjunto finito de critérios, que podem ser quantitativos ou qualitativos (Roy, 1996; Slowinski, Greco, & Matarazzo, 2012).

Com o objetivo de obter um *ranking* dos melhores fornecedores, será considerado um conjunto de critérios que serão quantificados, procedendo-se à atribuição de pesos que definirão a sua importância relativa para a tomada de decisão. Em conjunto com os profissionais do departamento de compras da empresa em estudo, serão definidos os critérios que mais impacto poderão ter na escolha de um fornecedor. Assim, é efetuada uma análise multicritério com o intuito de hierarquizar os fornecedores considerando o benefício que estes possam trazer para a empresa em estudo.

Aplicando dois métodos de apoio à decisão multicritério, o **AHP** (*Analytic Hierarchy Process*) e o **PROMETHEE** (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*), o principal intuito é obter um ranking dos melhores fornecedores. A aplicação de ambos os métodos, permitirá enriquecer as conclusões obtidas, já que, de acordo com (Bruno, Esposito, Genovese, & Passaro, 2009), enquanto a abordagem AHP estrutura o problema hierarquicamente, comparando julgamentos realizados pelos decisores (entre alternativas e critérios) par a par e sintetiza de uma forma simples as prioridades, o método PROMETHEE procura ordenar as potenciais alternativas, comparando-as par a par, estabelecendo um grau de preferência, onde a importância de cada critério é determinada pelo decisor, ao lhe atribuir um peso (Almeida, 2011).

Desta forma, a aplicação de dois métodos, permitirá uma análise mais consistente e aprofundada do problema.

Assim, para análise multicritério será utilizado o PROMETHEE-GAIA *software* que utiliza o método PROMETHEE, facilitando, desta forma, a obtenção de um *ranking*, e por outro lado, a construção em Microsoft Excel (2016) do método AHP.

#### 1.4. DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho encontra-se organizado da seguinte forma:

- **Capítulo I** – apresentação do âmbito e contextualização do problema em estudo, os seus objetivos e a metodologia a ser utilizada na sua resolução;
- **Capítulo II** – revisão de literatura, onde são abordados conceitos e processos relacionados com a seleção de fornecedores. Além disso, são também abordados os conceitos básicos no apoio ao multicritério, bem como as diversas etapas e métodos que constituem a análise de decisão num problema com múltiplos critérios a considerar;
- **Capítulo III** – apresentação em detalhe da metodologia que será utilizada no caso em estudo, iniciando-se o capítulo com a definição e mensuração dos critérios considerados;
- **Capítulo IV** – aplicação e desenvolvimento dos métodos AHP e PROMETHEE na avaliação dos fornecedores da empresa CAN bem como a discussão dos resultados. Numa primeira etapa é identificado e estruturado o problema, implementando-se posteriormente o método AHP, seguindo-se do método PROMETHEE, onde ambos os métodos são analisados individualmente. Da implementação de ambos os métodos resultará um ranking de fornecedores que será alvo de comparação e análise;
- **Capítulo V** – apresentação das conclusões finais do estudo, mencionando os aspetos mais relevantes e trabalhos futuros a desenvolver.

## **CAPÍTULO II. REVISÃO LITERATURA**

### **2.1. SELEÇÃO DE FORNECEDORES**

A seleção de fornecedores deve considerar as necessidades do cliente e a capacidade que a empresa tem de corresponder a essas necessidades. Deste modo considera-se que o ponto inicial para iniciar o processo de produção e distribuição de um produto, começa com o fornecedor (Sonmez, 2006).

Segundo (Mendes, 2013) a seleção de fornecedores engloba uma panóplia de variáveis que servem para filtrar os requisitos a cumprir em conformidade com o processo de gestão da cadeia de abastecimento. Pretende-se, cada vez mais, criar um relacionamento duradouro com o fornecedor, promovendo a confiança e um maior controlo sobre o processo de produção, com o intuito de criar barreiras para novos concorrentes (Mendes, 2013).

#### **2.1.1. PROBLEMA NA SELEÇÃO DE FORNECEDORES**

O problema na seleção de fornecedores surge quando se inicia um processo de compra de matéria-prima, recorrendo aos atuais fornecedores ou a procura de novos fornecedores (Cunha, 2008). Segundo (Dias, 2015), constata-se que existem custos elevados nas compras de mercadorias e por esse motivo a empresa deverá ponderar a decisão de seleção de fornecedores com base em diversos critérios. O fornecedor a ser escolhido deverá cumprir os requisitos necessários para obedecer, no local acordado, à qualidade e quantidade desejada.

Quanto melhor a relação entre a empresa e o fornecedor, mais eficaz será todo o processo de produção e distribuição dos produtos, no ambiente competitivo que as empresas enfrentam. É também uma vantagem competitiva que se torna cada vez mais valorizada.

Deste modo, a empresa pode operar de forma mais eficaz e utilizar a filosofia Lean e JIT (Ohno, 1997). Com base em (Ho, Xu, & Dey, 2010), confirma-se que a melhor escolha do fornecedor gera impacto nos custos, desempenho e competitividade da empresa. Esta seleção é considerada fiável quando se pondera critérios quantitativos e qualitativos.

#### **2.1.2. PROCESSO DE SELEÇÃO DE FORNECEDORES**

Segundo (de Boer et al., 2001), a seleção de fornecedores divide-se em dois tipos: pré-qualificação e decisão. O método de pré-qualificação de fornecedores engloba métodos qualitativos, análise de *cluster*, *Data Envelopment Analysis* (DEA), ponderação linear e de custo de propriedade. Defende também que a definição do problema, a formulação e a qualificação dos critérios influencia fortemente os resultados na escolha do fornecedor.

A definição do problema consiste na seleção de novos fornecedores, recorrer a fornecedores habituais ou produzir internamente. Após este filtro, formula-se os critérios que irão satisfazer as necessidades da empresa. Posteriormente, será a fase da qualificação que requer vários passos para um método de eliminação caso as alternativas não satisfaçam a regra da seleção. Identificada a fase da qualificação, a escolha final baseia-se numa ordenação dos fornecedores e na seleção dos mesmos (de Boer et al., 2001).

O processo de seleção, segundo (Sonmez, 2006), divide-se em duas componentes:

- Processo de avaliação e apreciação: identificação dos critérios para criação de escala e determinar os melhores e piores resultados. Um atributo do critério pode subdividir-se em subatributos.
- Agregação da avaliação na tomada de decisão: recorre a escalas com base nos atributos anteriormente indicados

## **2.2. CONCEITOS BÁSICOS NO APOIO AO MULTICRITÉRIO**

Define-se como decisor aquele que tem controlo sobre a decisão final e exerce influência no processo. Este define as ações ou alternativas, qual o percurso a percorrer, assumindo toda a responsabilidade das consequências da decisão (Costa, 2014). Existem dois agentes que revelam o seu destaque no processo de decisão para além do decisor, nomeadamente:

- Facilitador que coordena a perspetiva dos decisores, inculcando motivação de forma imparcial e sem interferir no sistema de valores ou no processo de decisão;
- Analista – indivíduo especialista nos fundamentos e métodos de apoio à decisão, nomeado para dar apoio aos decisores e facilitadores na estruturação, visualização e solução dos problemas (Costa, 2014).

Com base no artigo de (Correia, Leta, & Pessolani, 2003), estes definem o modelo como um conjunto de regras e operações matemáticas que permitem transformar as preferências dos decisores num resultado quantitativo. Definem critérios como ferramentas que permitem comparar as ações ou alternativas numa perspetiva particular, ou seja, pode ser uma função com um conjunto de ações de modo a comparar entre elas um determinado aspeto. Estes podem ser considerados como uma expressão qualitativa ou quantitativa de um ponto de vista, utilizado na avaliação das ações.

Segundo (Costa, 2014) uma ação é o objeto da decisão ou o apoio da mesma. A ação obtém o seu valor quando é possível aplicá-la ou quando é preponderante no processo de apoio à decisão, contudo o conceito de forma isolada não cria viabilidade ou aplicabilidade no processo. Esta ação adquire valor segundo cada critério que se relaciona com a preferência do decisor.

### 2.3. ANÁLISE DE DECISÃO MULTICRITÉRIO (MCDA)

Segundo (Anderson, Sweeney, Williams, Camm, & Martin, 2011), a resolução de problemas integra etapas que se associam ao processo da tomada de decisão. Conforme ilustrado na Figura 1, depois de identificado o problema e de se identificarem as alternativas e os critérios a considerar, é necessária uma avaliação que visará na escolha de uma alternativa. Estas fases fazem parte, não só dos passos para resolução de problemas, mas também está associado à tomada de decisão.

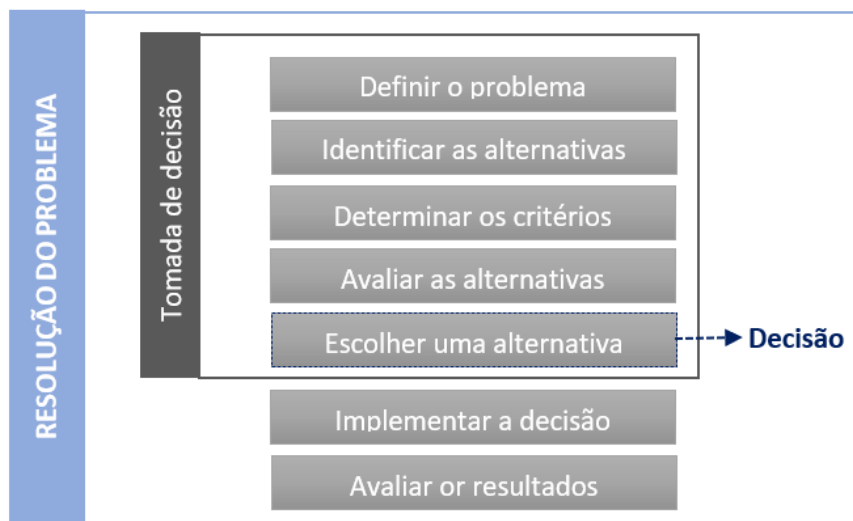


Figura 1. Relação entre o processo de resolução de problemas e a tomada de decisão (Adaptado de (Anderson et al., 2011))

No quotidiano, de facto são considerados não apenas um objetivo, critério ou ponto de vista na tomada de decisão. Nesse sentido, a análise multicritério serve de suporte ao desenvolver metodologias apropriadas para, nas várias situações, com múltiplos fatores conflitantes a serem considerados em simultâneo, a opção por uma alternativa em específico ou classificação/avaliação seja mais simples (Figueira, Greco, & Ehrogott, 2005).

Como instrumento de apoio à tomada de decisão, a análise multicritério surgiu nos anos 60. Com o intuito de apoiar as organizações a tomarem decisões que melhor sirvam as suas necessidades, mesmo considerando inúmeros critérios, a Abordagem Multicritério de Apoio à Decisão (MCDM do inglês *Multi-criteria Decision Making* ou MCDA – Multi-criteria Decision Analysis) apresenta um conjunto de métodos (Carmo, Neto, & Dutra, 2011; L. Ensslin, Giffhorn, R. Ensslin, Petri, & Vianna, 2010).

O que difere a abordagem multicritério das abordagens tradicionais da pesquisa operacional, é o conceito de subjetividade que a abordagem multicritério introduz (Costa, Brazil, & Oliveira, 2003). Um mesmo critério pode ser analisado de formas distintas, dependendo do decisor que está a avaliar, envolvendo assim a subjetividade dos agentes que fazem parte.

Como referido anteriormente, de entre os agentes envolvidos na tomada de decisão, destacam-se: os decisores ou partes interessadas na decisão, que validam as deliberações ao longo do

processo, e os facilitadores, que modelam o processo de avaliação da tomada de decisão (Bana e Costa, 1993). Outra vantagem do apoio à decisão multicritério é o facto de considerar tanto critérios quantitativos como qualitativos. Sendo uma ferramenta de comparação, a análise multicritério tem em conta vários pontos de vista, revelando-se especialmente útil durante a formulação de uma conclusão sobre questões complexas.

Assim, o objetivo desta análise é o de fornecer ao decisor a melhor solução ou recomendação entre um conjunto finito de alternativas, enquanto é avaliado sob diferentes pontos de vista, ou por outras palavras, diferentes critérios. Não obstante, e tal como atenta (Almeida, 2011) não existe uma solução que seja simultaneamente ótima para todos os critérios. Ao contrário das técnicas clássicas de Pesquisa Operacional que são orientadas para a otimização de uma função objetivo, o intuito dos métodos de análise multicritério é encontrar uma solução que seja mais apropriada às preferências do decisor.

### **2.3.1. ETAPAS**

Segundo (Ensslin, Neto, & Noronha, 2001), o apoio à decisão multicritério contempla três fases distintas mas que se relacionam entre si: a fase de estruturação, avaliação e elaboração de recomendações.

A fase de estruturação inicia-se com a contextualização do problema. Posteriormente, são definidas as alternativas e os critérios, que são explicados com o intuito de permitir uma avaliação do seu impacto.

Na fase de avaliação é medida a influência de cada par de alternativas, seguindo-se a determinação das taxas de compensação entre cada par de critérios. Esta fase termina com a validação do modelo e a avaliação do seu desempenho global.

Por fim, existe a fase de elaboração de recomendações, onde são elaboradas análises de sensibilidade, verificando-se a robustez do modelo criado, terminando com recomendações/ identificação de oportunidades que poderão levar a uma melhor performance (Ensslin et al., 2001).

### **2.3.2. MÉTODOS**

Com base em (Agarwal, Sahai, Mishra, Bag, & Singh, 2011), pondera-se a relação com o fornecedor perante situações em que o fornecedor detém mercadorias a custos reduzidos, mas apresenta falhas na entrega, ou o fornecedor tem um produto com qualidade, contudo apresenta falhas na entrega ou pratica preços inacessíveis.

Existem diversas soluções para este problema que inclui métodos como o da soma ponderada (WSM), processos de hierarquia analítica (AHP), processo analítico de rede (ANP), análise de envolvimento de dados (DEA), abordagens como o PROMETHEE, que consiste na organização

de *ranking* de preferências para avaliação de enriquecimento, abordagens baseadas nas redes neurais artificiais (ANN), técnicas simples de atribuição de múltiplos atributos (SMART), etc (Agarwal et al., 2011).

Segundo (Mendes, 2013), as técnicas de multicritério podem subdividir-se em quatro categorias:

- **Métodos de utilidade multi-atributo:** ANP e AHP (tentam atribuir um valor a cada alternativa)
- **Outranking:** ELECTRE e PROMETHEE (constroem uma relação de preferência binária para todo o potencial de alternativas)
- **Métodos de compromisso:** TOPSIS e VIKOR (solução de compromisso é a solução mais próxima do ideal e evidencia um acordo com base em concessões mútuas)
- **Outros métodos:** SMART e DEMATEL (somatório dos pesos exatos para originar índices de classificações)

Com base em (Kumar et al., 2017) os multicritérios podem classificar-se em três tipos:

- Modelos diversos: NAIADE
- Modelo baseado na utilidade: SAW, AHP, MAUT
- Modelo via prevalência: ELECTRE e PROMETHEE

Segundo estes autores, esta classificação é complexa visto que abrange vários fatores, tais como sociais, económicos ou a seleção das partes interessadas. Este procedimento pode ser considerado ambíguo uma vez que os objetivos podem criar soluções diferentes em momentos diferentes, conforme a prioridade definida pelos agentes na tomada de decisão.

O método de Análise Hierárquica, também conhecido como AHP, permite que seja definida uma estrutura hierárquica, através de diversos critérios e múltiplas tomadas de decisão (Hatcher, 2008). Segundo (Forsberg, Mooz, & Cotterman, 2005), é estruturado com facilidade o processo de tomada de decisão uma vez que, a cada critério e alternativa é aplicado um processo para cálculo da sua importância relativa, permitindo obter-se a melhor alternativa geral. Ao longo do trabalho, este método será abordado com mais detalhe.

Com base em (Roy & Vincke, 1981), os métodos *outranking* são constituídos por duas fases: a conceção de uma ou várias relações de prevalência sobre as alternativas, e posteriormente, na análise das relações consequentes em função da formalização do problema. A construção de uma relação de prevalência implica uma relação de dominância, de modo a facilitar a resolução do problema de decisão.

Segundo (Terrientes, 2015), uma relação de prevalência é uma relação binária de “S” definida no conjunto de alternativas A, de tal modo que,  $aSb$  traduz-se em “a é pelo menos tão bom como b”, ou seja, a não é pior que b, onde a e b são alternativas. Este método é bem-sucedido pois é baseado em suposições realistas naturais inspiradas pela teoria da escolha social e pretende encontrar o conjunto das melhores alternativas comparativamente às restantes. Portanto, os

métodos de *outranking* não consideram fortes suposições sobre a preferência entre alternativas, contudo, são raros os casos em que é considerada uma hierarquia de critérios.

Segundo (Roy & Vincke, 1981; Terrientes, 2015), o método *outranking* foi inicialmente implementado com o ELECTRE que consiste na Eliminação e Escolha Expressando a Realidade para resolver o problema de seleção de fornecedores. O ELECTRE, juntamente com o conjunto das várias iterações que engloba, é um método baseado na análise de concordância. A principal vantagem é considerar a incerteza e a imprecisão, contudo o processo e resultados podem ser difíceis de explicar em termos leigos. Além disso, devido à forma como as preferências são incorporadas, os piores desempenhos sob determinados critérios não são exibidos (Velasquez & Hester, 2013).

O PROMETHEE consiste na construção de uma relação de classificação de valores, na qual o decisor estabelece um peso para cada critério que aumenta conforme a sua importância (Almeida & Costa, 2002). À semelhança do método, AHP, este método será abordado com mais detalhe ao longo do trabalho.

### **CAPÍTULO III. METODOLOGIA**

Os critérios considerados foram indicados pelo departamento de compras da empresa CAN. Segundo os profissionais, que diariamente lidam com os fornecedores e conhecem de perto os requisitos da empresa, os critérios apresentados são os que mais impacto têm na escolha de um fornecedor.

#### **3.1. DEFINIÇÃO DOS CRITÉRIOS DE DECISÃO**

Ao longo dos anos, os critérios abordam aspetos que vão para além da vertente financeira, verificando-se um aumento no número de critérios qualitativos e intangíveis, como por exemplo a qualidade, a entrega, desempenho etc. Com este acréscimo de variáveis, aumenta a complexidade na seleção (Mendes, 2013). Segundo (Sonmez, 2006), os critérios de decisão podem ser as características demográficas dos gestores de compras, a dimensão da empresa, a estratégia de aquisição, a existência de uma estratégia de cadeia de abastecimento e o tipo de produtos comprados. Outros autores, conforme identificado por (Mendes, 2013), determinam novos critérios como o custo da matéria-prima, qualidade, serviço, experiência, fatores de risco, conhecimento de tecnologia de informação, disponibilidade, meio-ambiente etc.

Segundo (Dias, 2015), os critérios devem cumprir os seguintes requisitos: fáceis de interpretar, simples, claros, comparáveis, precisos, universais e de fácil organização por hierarquia. Após a validação dos critérios, é importante realizar uma pré-avaliação dos mesmos, para confirmar a necessidade de redefinir e reduzir a lista de critérios para melhorar o processo de decisão. É também recomendável que o número de critérios seja identificado num intervalo de três a sete,

não excedendo nove para manter a coerência, simplicidade e evitar o abandono, uma vez que um número excessivo de critérios não permite uma avaliação individual do comportamento de cada um (Dias, 2015).

Os critérios selecionados foram distribuídos conforme ilustra a Tabela 1. No ponto seguinte serão descritos em detalhe.

Forn.	Qualidade do Material	Custo de Aquisição (€)	Lead Time Logístico (dias)	Capacidade de Atendimento	Certificação	Flexibilidade	Estabilidade Financeira
1	4	909	56	3	2	3	4
2	4	954	56	4	2	3	4
3	2	630	110	1	1	1	2
4	3	801	70	2	2	3	3
5	3	783	110	1	1	1	3
6	2	774	110	1	1	1	4
7	2	765	110	1	1	1	4
8	3	918	70	2	2	2	3
9	2	792	110	1	1	1	4
10	3	936	110	1	1	1	3

Tabela 1. Definição dos critérios (Fonte: Própria)

### 3.2. MENSURAÇÃO DOS CRITÉRIOS

Serão agora detalhados em termos de definição e escala, os critérios anteriormente referidos.

- Qualidade do Material** – o material entregue pelo fornecedor tem que atender a requisitos mínimos de qualidade definidos pela empresa. Com clientes cada vez mais exigentes, torna-se crucial garantir a qualidade dos produtos. Desta forma, uma empresa que privilegie elevados parâmetros de qualidade conseguirá uma vantagem estratégica sobre os seus concorrentes. Assim, a qualidade dos produtos adquiridos terá também um grande impacto na qualidade do produto final. Na empresa em estudo, para mensurar em termos de qualidade a folha de flandres, são geralmente considerados os seguintes aspetos: a dureza e o aspeto do estanho. Sendo um critério qualitativo, houve a necessidade de transformar os dados qualitativos em dados quantificáveis, para posteriormente serem analisados e interpretados. Assim, a escala de avaliação considerada varia de 1 a 4, em que 1 – Fraco, 2 – Razoável, 3 – Bom e 4 - Muito bom, pretendendo-se a sua maximização.
- Custo de Aquisição** – este critério de natureza quantitativa, refere-se ao custo que a empresa tem de suportar para adquirir a matéria-prima, custo esse considerado em termos líquidos e por Coil. Coil é o termo atribuído a uma bobina de folha de flandres. Sendo um custo para a empresa, pretende-se a sua minimização. É necessário encontrar um equilíbrio entre custo e benefício. A partir do momento em que existe uma panóplia de fornecedores no mercado, o preço do mesmo torna-se crucial na negociação e escolha dos fornecedores.

- **Leadtime Logístico** – *leadtime* é o período de tempo que demora desde que o cliente coloca efetua um pedido até à respetiva entrega do produto final. Desta forma, o tempo que cada fornecedor leva até ter concluída a produção de folha de flandres é crucial para garantir que a empresa consiga garantir as entregas aos clientes *on time in full* (OTIF). Trata-se, portanto, de um critério quantitativo e está mensurado em dias, pretendendo-se a sua minimização.
- **Capacidade de Atendimento** – este critério faz referência à capacidade de produção do fornecedor. Por outras palavras, a capacidade que o fornecedor tem de responder aos volumes solicitados pela empresa. Numa lógica *Win-win*, é de interesse para as ambas as partes que, quando a empresa encomenda uma determinada quantidade de material, o fornecedor lhe consiga entregar na totalidade e não apenas parcialmente. Assim, este é um critério que se pretende maximizar, compreendendo uma escala de 1 a 4, em que 1 – Fraco, 2 – Razoável, 3 – Bom e 4 - Muito bom.
- **Certificação** – atualmente, as certificações fazem parte da estratégia da empresa como sendo algo indispensável. Para este critério existem dois resultados possíveis: o fornecedor pode ser certificado pela norma europeia *EN-10202-2001*, assumindo o valor 2; ou pela norma Japonesa *JIS G 3303\_2008*, assumindo o valor 1. A norma europeia *EN-10202-2001* (CEN national Members, 2001) foi elaborada pelo Comité Técnico ECISS/TC e vem especificar os requisitos que devem ser respeitados para produtos como a folha de flandres, especificando os standards de qualidade, dimensão, tolerâncias e ensaios específicos a serem realizados. A norma Japonesa especifica os mesmos standards, definindo os padrões industriais Japoneses. De acordo com a experiência dos responsáveis pelo departamento de compras desta empresa, a norma europeia é mais rigorosa e vai de encontro aos requisitos de conformidade definidos pela empresa, sendo lhe dada preferência. Isto é, na norma japonesa, o intervalo de erro que é considerado como estando dentro do valor standard, é superior ao da norma europeia, o que, de acordo com as exigências do processo produtivo da empresa não corresponde tão bem às necessidades da mesma. Desta forma, e já que à norma europeia é atribuído o valor 2, então o objetivo para este critério é a sua maximização.
- **Flexibilidade** – o conceito de flexibilidade é considerado, neste âmbito, como o grau de facilidade com que o fornecedor, perante um imprevisto ou uma necessidade imprevisível por parte dos clientes a quem fornece, consegue antecipar a entrega da matéria-prima. Para tal, e sendo uma variável qualitativa, é considerada uma escala que vai de 1 a 3, onde 1 – Baixa, 2 – Média 3 – Alta. Desta forma, quanto maior o valor, melhor o desempenho deste critério, no sentido em que é considerado um melhor desempenho quando tem elevada flexibilidade para antecipar as entregas (Objetivo: Maximização). NOTA: de salientar que, nos casos em que o fornecedor tem facilidade em antecipar a entrega, esta nunca é antecipada em mais de uma semana.
- **Estabilidade Financeira** – Segundo (Schinasi, 2004), o conceito de estabilidade financeira é amplo, incluindo o papel da infraestrutura financeira, as próprias instituições

e os mercados. Para mensuração deste critério, foram considerados os aspetos como o número de fábricas que detém, o volume de faturação e o número de empregados que estão a seu cargo. Variando numa escala de 1 a 4, em que 1 – Fraco, 2 – Razoável, 3 – Bom e 4 – Muito bom, o propósito é a sua maximização.

### 3.3. MÉTODOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO

#### 3.3.1. MÉTODO AHP – ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

O Processo de Análise Hierárquica, mais conhecido como o método AHP, foi desenvolvido por Thomas L. Saaty na década de 1970 com o propósito de dar auxílio na tomada de decisões complexas, tendo por base a matemática e a psicologia (Saaty, 1980).

Sendo uma metodologia que permite medir, estruturar e sintetizar um problema, o método AHP é amplamente utilizado em ambientes multicritério (Forman & Gass, 2001). Segundo estes autores, o método compreende três funções:

- a) A **medição** através de uma escala definida por (Saaty, 1980) de números positivos e reais, que varia de 1 a 9, possibilitando a associação a cada elemento de um determinado grau de importância, obtido através da comparação binária entre os fatores nos vários níveis;
- b) A **estruturação hierárquica** da complexidade, num ambiente onde existem diversos fatores que são igualmente relevantes na tomada de decisão, permitindo ordenar o problema em níveis hierárquicos, de acordo com as características de cada elemento;
- c) **Sintetizar**, ou seja, combinar a multiplicidade de fatores numa hierarquia. Ou seja, com base no peso dos fatores e nas preferências dos decisores, obter um ranking final com a classificação das alternativas.

Desta forma, o método AHP permite estruturar um problema complexo numa hierarquia, compreendendo pelo menos três níveis: os objetivos, os critérios e as alternativas (Saaty, 2008).

Segundo (Saaty, 1991, 2008), a aplicação do método AHP resume-se em quatro etapas:

1. Definir o problema, estabelecer os objetivos e o tipo de conhecimento que é necessário;
2. Decomposição hierárquica do problema de decisão: compreende um nível mais alto, o objetivo geral, seguindo-se os critérios a ter em consideração no problema de decisão e, por fim, um último nível que é representado pelas alternativas possíveis. Os critérios, podem ainda subdividir-se em subcritérios, dependendo sempre do problema de decisão a tratar. A Figura 2 ilustra a estrutura hierárquica do AHP, compreendido em três níveis;

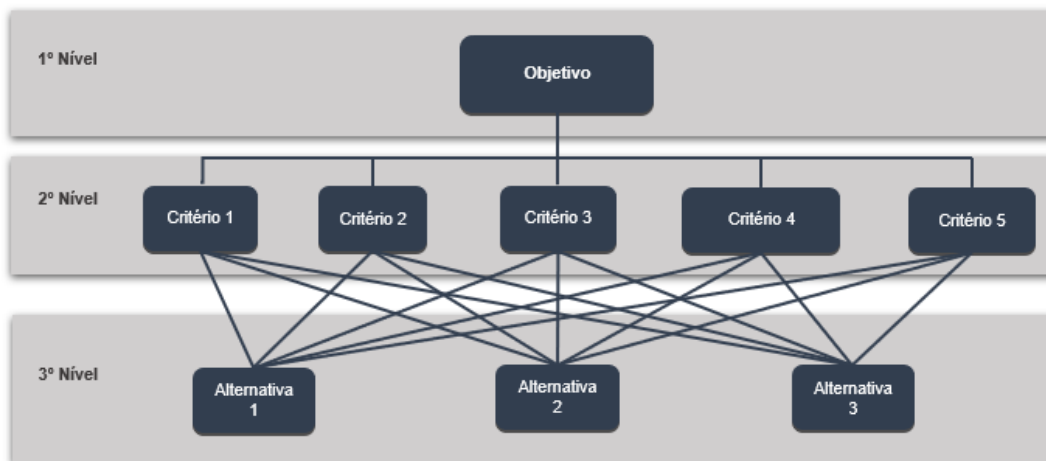


Figura 2. Estrutura Hierárquica do AHP (Adaptado de (Saaty, 2008))

3. Uma vez construída a hierarquia lógica, procede-se à elaboração de um conjunto de matrizes quadradas, onde são realizadas comparações par a par dos critérios e das alternativas, cujo objetivo é estabelecer uma importância relativa entre os elementos. Numa primeira fase, para cada critério é realizado uma comparação aos pares. Posteriormente, numa segunda etapa, compara-se paritariamente as alternativas para cada critério. Para converter a percepção humana em números, é utilizada a Escala fundamental de Saaty (Tabela 2).

Intensidade da Importância	Definição	Explicação
1	Igual importância	Dois atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermédios entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Valores recíprocos	Se $i$ recebe um valor comparado com $j$ , como reciprocidade, $j$ irá receber o recíproco desse valor, quando comparado com $i$ .	

Tabela 2. Escala fundamental de Saaty (adaptado de (Saaty, 1980))

Tal como demonstra a Tabela 2, a escala fundamental de (Saaty, 1980), varia entre 1 e 9, onde o valor 1 expressa indiferença na seleção de um elemento em relação a outro, ou seja, um é igualmente preferível em relação a outro e, contrariamente, o valor 9 aponta que um elemento é absolutamente preferível em relação a outro. De salientar também, que um dos pressupostos assumidos é a reciprocidade nas comparações realizadas, ou seja, se, por

exemplo, é considerado pelo decisor que a comparação de pares do critério A em relação ao critério B assume o valor 3, então a comparação de pares do critério B em relação ao critério A assume o rácio de 1 para 3 (Saaty, 1980).

Nesta etapa, o foco inicial é determinar a importância relativa de cada critério no objetivo a cumprir. Esta comparação inicia-se no segundo nível, terminando no último nível da hierarquia. Ou seja, depois de determinada a contribuição relativa dos critérios no objetivo, é calculada a importância relativa de cada alternativa para cada um dos critérios.

Segundo (Saaty, 1980) na elaboração das matrizes quadradas ou matrizes de decisão, onde  $i$  representa o número da linha da matriz,  $j$  as colunas e  $a_{ij}$  representa a comparação entre critérios e alternativas  $A_i$  e  $A_j$ , devem ser respeitadas as seguintes regras:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Onde,

- I.  $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$ , assim se  $a_{ij} = k$  então  $a_{ji} = \frac{1}{k}$  para todo o  $k > 0$ ;
- II.  $a_{ii}=1$  para todo o  $i$ . Ou seja, qualquer critério comparado a si próprio assume igual importância na escala fundamental.

De acordo com (Saaty, 1991), posteriormente as matrizes de decisão são normalizadas com o intuito de se obterem os pesos relativos ( $w$ ), sendo esta matriz normalizada definida por:

$$A' = [a'_{ij}] \quad (2)$$

Onde,  $a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ik}}$  para  $1 \leq i \leq n$ , e  $1 \leq j \leq n$ .

Normalizada a matriz, com o propósito de determinar o peso relativo de cada alternativa, procede-se ao cálculo do valor médio em cada linha, sendo determinado por (Saaty, 1991):

$$W = [w_k] \quad (3)$$

Onde,  $w_k = \frac{\sum_{j=1}^n a'_{kj}}{n}$  para  $1 \leq i \leq n$ , e  $1 \leq j \leq n$ .

O passo seguinte passa por avaliar a consistência dos juízos previamente feitos, que dependerá das comparações realizadas. Uma vez que  $a_{ij}$  são valores que têm por base julgamentos subjetivos, faz com que os valores que estes assumem possam ter um desvio em relação à razão ideal, sendo crucial que, com o intuito de averiguar se as proposições feitas são minimamente plausíveis, medir a consistência das matrizes (Saaty, 1991).

Sendo  $A = [a_{ij}]$  uma matriz de  $n \times n$  elementos positivos, então  $a_{ij} = a_{ji}^{-1}$ , de tal modo que,  $A$  é consistente se e só se o vetor próprio  $\lambda_{máx} \geq n$ .

Assim, para medir a consistência ter-se-á por base dois axiomas (Saaty, 1991):

1. Existem vetores próprios  $\lambda_i, i = 1, 2, \dots, n$ , de tal forma que  $AX = \lambda X$  (onde  $X$  é um vetor de pesos).  
Se a matriz  $A$  é consistente, então todos os vetores próprios assumem um valor igual a 0, à exceção de um que assumirá um valor  $n$ , o máximo valor de  $\lambda_i$ ;
2. Se a diagonal da matriz  $A$  assume valores com  $a_{ij} = 1$  e considerando que  $A$  é consistente, então o maior vetor próprio  $\lambda_{máx}$  com pequenas variações de  $a_{ij}$  manter-se-á próximo de  $n$  e os restantes vetores próprios próximos de 0.

Assim, é necessário determinar o vetor próprio  $w$  de pesos que obedeça à seguinte equação:

$$Aw = \lambda_{máx}w \quad (4)$$

O vetor próprio de pesos  $w$  determinará a disposição por nível de relevância dos elementos correspondentes à matriz  $A$ , já que considera os pesos reais dados aos elementos que estiveram a ser comparados.

Por fim, com o objetivo de avaliar a proximidade entre  $\lambda_{máx}$  e  $n$ , ou seja, verificar se as avaliações foram consistentes ou não, é necessário calcular a Razão de Consistência ( $RC$ ) que relaciona o Índice de Consistência ( $IC$ ) com o Índice de Consistência Aleatório ( $IR$ ), e é dado pela seguinte expressão:

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (5)$$

O Índice de Consistência ( $IC$ ) é obtido através da seguinte fórmula (Saaty, 1991):

$$IC = \frac{\lambda_{máx} - n}{n - 1} \quad (6)$$

Onde,  $n$  é o número de elementos (critérios ou alternativas).

Os valores para o Índice de Consistência Aleatório são obtidos da Tabela 3.

Ordem da matriz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IR	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Tabela 3. Valores de IR (adaptado de (Saaty, 1987))

Segundo (Saaty, 1990), o valor de  $RC$ , para indicar consistência, deve tomar como valor máximo 0,10. No entanto, se o resultado for superior a este valor, o processo de avaliação tem de ser repetido para estabelecer a consistência para valores aceitáveis.

4. Por fim, com o objetivo de estabelecer prioridades (isto é, definir um *ranking* global), usar as precedências previamente obtidas nas comparações.

### 3.3.2. MÉTODO PROMETHEE - PREFERENCE RANKING ORGANIZATION METHOD FOR ENRICHMENT EVALUATION

O método PROMETHEE assenta na ordenação de um conjunto finito de ações, onde é associado a cada critério um determinado peso que é atribuído, tendo em consideração a sua importância. Assim, a preferência é calculada através da combinação de pares de alternativas, considerando o desvio entre duas alternativas num único critério. Isto significa que, quanto maior o desvio, maior a preferência (Morte, 2013). (Rezaei-kelidbari, Homayounfar, & Foumani, 2016) defendem que se trata de um método para um conjunto finito de ações que serão classificadas e selecionadas entre os critérios, que podem gerar conflito. É bastante simples de aplicar comparativamente com os outros métodos para análise de múltiplos critérios.

O PROMETHEE I e II, foram os primeiros desta família de métodos a serem desenvolvidos por Jean-Pierre Brans, tendo sido apresentados pela primeira vez em 1982 (Brans & Mareschal, 2005).

Desde então, têm sido continuamente desenvolvidos outros métodos da família, conforme ilustrado na Tabela 4.

Método	Problemática	Característica
PROMETHEE I	Escolha	Pré-ordem parcial
PROMETHEE II	Ordenação	Pré-ordem completa
PROMETHEE III	Ordenação	Tratamento estocástico dos fluxos (preferência intervalar)
PROMETHEE IV	Escolha e ordenação	Conjunto contínuo de ações
PROMETHEE V	Ordenação	Pré-ordem completa incluindo restrições de segmentação
PROMETHEE VI	Escolha e ordenação	Pré-ordem completa ou parcial
PROMETHEE-GAIA	Extensão dos resultados do PROMETHEE	Procedimento visual e interativo

Tabela 4. Família de métodos PROMETHEE (Adaptado de (Brans & Mareschal, 2005))

De acordo com (Almeida, 2011), numa primeira fase é estabelecido um peso  $w$  a cada critério, que reflete a sua importância relativa. A partir desse ponto é passível de ser obtido um grau de preferência que o critério  $a$  tem sobre  $b$ , para cada par de alternativas através da seguinte expressão:

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n w_i P_i(a, b) \quad (7)$$

onde,

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (8)$$

e  $P_i(a, b)$  – Função de preferência que depende da diferença entre o desempenho das alternativas para cada critério  $i$ ,  $d_i$ , onde  $d_i = g_i(a) - g_i(b)$ .

Apresentado por (Brans & Mareschal, 2005), existem seis funções de preferência utilizadas no PROMETHEE que possibilitam ao decisor manifestar as suas preferências de forma mais oportuna a cada critério, as quais estão ilustradas na Figura 3, onde:

- **p** corresponde a um limiar de preferência, isto é, o menor valor para  $d_i$  acima do qual há uma preferência estrita entre as alternativas;
- **q** corresponde ao limiar de indiferença, isto é, o maior valor para  $d_i$  abaixo do qual há uma indiferença entre as alternativas;
- **s** é um valor intermedio entre  $p$  e  $q$ , que segue uma distribuição normal;
- **Valor 1** – preferência estrita;
- **Valor 0** – indiferença.

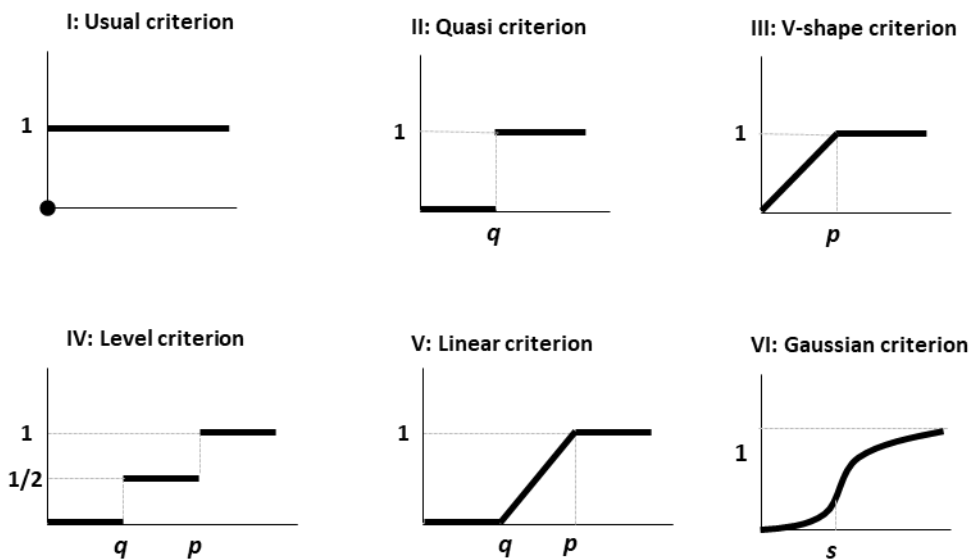


Figura 3. Funções de preferência utilizadas no PROMETHEE - Representação gráfica (Adaptado de (Brans & De Smet, 2016))

Para dados qualitativos são usadas as funções “Level”, “Quasi” e “Usual”. Enquanto que, para dados quantitativos são usadas as funções de preferência “V-Shape”, “Linear” e “Gaussian”.

Posteriormente à primeira fase, são utilizados dois indicadores para avaliar a relação de preferência entre alternativas (Brans & Mareschal, 2005):

- Fluxo de relevância positivo:

$$\phi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(a, x) \quad (9)$$

- Fluxo de relevância negativo:

$$\phi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{x \in A} \pi(x, a) \quad (10)$$

Onde,  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$  é o conjunto de todas as alternativas.

Ambos os fluxos,  $\phi^+(a)$  e  $\phi^-(a)$ , admitem valores compreendidos entre -1 e 1.

O fluxo de relevância positivo reflete a intensidade com que uma alternativa ultrapassa todas as outras, ou seja, quanto maior o valor de  $\phi^+(a)$ , melhor é a alternativa. Por outro lado, o fluxo de relevância negativo mostra a intensidade com que uma alternativa é ultrapassada pelas outras, ou seja, quanto menor o valor de  $\phi^-(a)$ , melhor a alternativa (Brans & De Smet, 2016).

Por fim, com o intuito de se extrapolar uma pré-ordem completa, utiliza-se o fluxo global da alternativa da alternativa ( $\phi(a)$ ) que resulta da diferença entre  $\phi^+(a)$  e  $\phi^-(a)$ , compreendendo valores numa escala que vai de -1 a 1. Assim, quanto maior for este valor melhor classificada estará a alternativa (Brans & De Smet, 2016).

Os valores do  $\phi^-$  e do  $\phi^+$  podem ser utilizados para classificar e ordenar as diferentes alternativas. Todavia, nem sempre fornecem a mesma classificação.

Num problema multicritério nem sempre é tarefa fácil comparar duas alternativas, uma vez que uma pode ser muito melhor num conjunto de critérios e a outra ser muito melhor num outro conjunto de critérios, ou seja, frequentemente a tomada de decisão passa por avaliar critérios que são conflituosos. Desta forma, diferentes formas de avaliação (considerando, respetivamente, os valores de  $\phi^-$  e do  $\phi^+$ ) podem culminar em diferentes *rankings* (Mareschal, 2013).

O PROMETHEE I, é um indicador cauteloso, pois confronta os dois *rankings* obtidos tanto para o  $\phi^+$  como para o  $\phi^-$ , incluindo apenas as preferências que são confirmadas em ambos os *rankings*. Por esse motivo é denominado como *ranking* parcial, no sentido em que, quando dois *rankings* não são consensuais para determinada alternativa, nenhuma comparação é feita, introduzindo o conceito de incomparabilidade entre ações (Mareschal, 2013).

Já o PROMETHEE II apresenta um *ranking* completo, considerando, tal como a tabela de fluxo, o fluxo global  $\phi$  que, como referido anteriormente, resulta da diferença entre  $\phi^+$  e o  $\phi^-$  de cada fornecedor, sendo tanto melhor quanto maior for o valor obtido (Mareschal, 2013).

O PROMETHEE GAIA é utilizado para minimizar a perda de informação, partindo de uma representação multidimensional do problema de decisão. O objetivo é descrever graficamente as principais características dos problemas de decisão, determinando se as alternativas são diferentes ou semelhantes uma das outras, quais os critérios que entram em conflito, qual o impacto da ponderação atribuída aos critérios no *ranking* obtido, entre outros aspetos (Mareschal, 2013).

Este output contempla uma representação multidimensional do problema de decisão, considerando tantas dimensões  $k$  quanto os números de critérios, ou seja, o conjunto de alternativas é representado como uma espécie de nuvem de pontos (tantos pontos quanto alternativas) num espaço  $k$  dimensional (Brans & Mareschal, 2005). No entanto, sendo o número de critérios considerados para a tomada de decisão maioritariamente superior a dois, é inexequível obter uma visão clara da posição relativa destes pontos relativamente aos critérios.

Todavia, com o intuito de reduzir o número de dimensões e minimizar a perda informação na projeção deste plano, é considerado o método matemático Análise de Componentes Principais. Este método permite que sejam definidas diversas dimensões ortogonais (os componentes principais), as quais mantêm o máximo de informação possível no que concerne às posições relativas das alternativas no espaço  $k$ -dimensional. Graficamente, e considerando a representação 2D, o eixo  $U$  é o primeiro componente principal que contém o máximo de informação e o eixo  $V$ , que sendo o segundo componente principal, é aquele que é responsável por fornecer informação adicional máxima ortogonal a  $U$  (Mareschal, 2013). Na construção deste plano é considerado extensivamente o fluxo global  $\phi$  de cada alternativa, que resulta do produto escalar entre o vetor dos pesos e o vetor de desempenho de cada alternativa. Ao serem projetadas as posições relativas das alternativas no espaço  $k$ -dimensional é perdida alguma informação, sendo que o nível de qualidade que o output menciona graficamente no canto inferior esquerdo, corresponde à quantidade de informação que, após projeção, é possível manter (Brans & Mareschal, 2005). Na prática, a representação 2D é considerada de confiança quando o nível de qualidade é superior a 70% (Mareschal, 2013).

(Brans & Mareschal, 2005) afirmam que a análise do plano GAIA auxilia o decisor a perceber a estrutura do problema, sendo a melhor representação bidimensional do problema multicritério, já que proporciona informação sobre três pontos cruciais, nomeadamente:

- Ações, que são representadas por pontos;
- Critérios, que são representados por eixos;
- Pesos dos critérios, que são representados pelo eixo de decisão.

## **CAPÍTULO IV. APLICAÇÃO DE METODOLOGIA DE ANÁLISE MULTICRITÉRIO – RESULTADOS/DISSCUSSÃO**

### **4.1. IDENTIFICAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA**

#### **4.1.1. OBTENÇÃO DE DADOS**

A empresa CAN é uma empresa portuguesa de produção de embalagens de bens de consumo. O processo de seleção de fornecedores é da responsabilidade do departamento de compras de matéria-prima. A necessidade de selecionar um fornecedor surge quando há necessidade de substituir um fornecedor atual, necessidade de reduzir custos, entre outros motivos, sendo esta seleção realizada com base em alguns critérios, os quais, são considerados nesta dissertação. Por outro lado, a empresa tem necessidade de avaliar os fornecedores em carteira para aferir se estes cumprem os requisitos pré-definidos.

Para o processo de recolha e obtenção de dados para posterior emprego nos modelos selecionados, foi necessário aceder à base de dados do sistema informático da empresa para coleta de dados quantitativos e, por outro lado, para a recolha dos dados qualitativos, realizar reuniões informais com os responsáveis pelo departamento de compras da empresa. Desta forma, os critérios, bem como as alternativas possíveis, foram indicados pelos profissionais responsáveis do departamento de compras da empresa CAN, que trabalham diariamente com os fornecedores e conhecem de perto os aspetos relevantes da matéria-prima em causa, a folha de flandres, para o processo produtivo. O principal objetivo, como já mencionado, será estabelecer um ranking dos melhores fornecedores, para que a empresa possa tomar decisões neste âmbito.

Quanto ao método PROMETHEE, o peso atribuído a cada critério, foi também ele indicado pelos compradores desta empresa. O mesmo ocorre quando se trata do método AHP, onde os *trade-offs* determinados na comparação par a par das alternativas e critérios, é efetuado em conjunto com os decisores do setor de compras.

### **4.2. APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP**

Com o intuito de aplicar o método AHP neste estudo, foi considerada estrutura hierárquica que a Figura 4 ilustra.

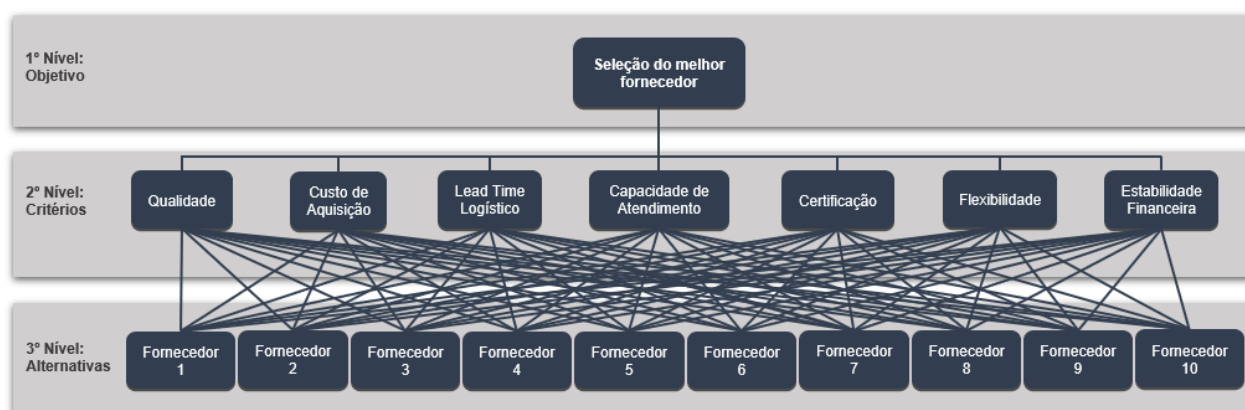


Figura 4. Estrutura hierárquica do problema (Fonte: Própria)

No topo da estrutura hierárquica encontra-se o objetivo principal, a seleção do melhor fornecedor. Logo abaixo encontra-se o segundo nível que compreende os sete critérios considerados para o processo de avaliação e, por fim, no terceiro nível, encontram-se as dez possíveis alternativas de fornecedores.

Definidas as hierarquias, é necessário proceder-se à comparação aos pares num total de 7 critérios do segundo nível em relação ao primeiro nível hierárquico. Para esta comparação é utilizada a escala fundamental de (Saaty, 1980), referida anteriormente (Tabela 2). Nesta fase o objetivo é estabelecer a importância relativa de cada critério no objetivo a cumprir.

Existindo apenas um elemento no primeiro nível hierárquico, procede-se à construção de apenas uma matriz com o intuito de medir o grau de intensidade por pares segundo os sete critérios (Tabela 5).

Matriz A							
	Qualidade do Material	Custo de Aquisição	Leadtime Logístico	Capacidade de Atendimento	Certificação	Flexibilidade	Estabilidade Financeira
Qualidade do Material	1	1/2	3	5	5	5	6
Custo de Aquisição	2	1	3	7	7	7	8
Lead Time Logístico	1/3	1/3	1	3	3	3	4
Capacidade de Atendimento	1/5	1/7	1/3	1	1	1	2
Certificação	1/5	1/7	1/3	1	1	1	2
Flexibilidade	1/5	1/7	1/3	1	1	1	2
Estabilidade Financeira	1/6	1/8	1/4	1/2	1/2	1/2	1
Soma	4,1000	2,3869	8,2500	18,5000	18,5000	18,5000	25,0000

Tabela 5. Matriz de comparações entre pares dos critérios em relação ao objetivo (Fonte: Própria)

De seguida, é normalizada a matriz anterior igualando todos os critérios à mesma unidade, dividindo cada valor da matriz pelo total da respetiva coluna. Desta forma, através do cálculo do

valor médio é obtido o peso atribuído a cada critério, ou seja, a importância relativa que cada critério tem na seleção do melhor fornecedor (Tabela 6).

Matriz A Normalizada								
	Qualidade do Material	Custo de Aquisição	Leadtime Logístico	Capacidade de Atendimento	Certificação	Flexibilidade	Estabilidade Financeira	Peso ( $w_n$ )
Qualidade do Material	0,2439	0,2095	0,3636	0,2703	0,2703	0,2703	0,2400	26,7%
Custo de Aquisição	0,4878	0,4190	0,3636	0,3784	0,3784	0,3784	0,3200	38,9%
Lead Time Logístico	0,0813	0,1397	0,1212	0,1622	0,1622	0,1622	0,1600	14,1%
Capacidade de Atendimento	0,0488	0,0599	0,0404	0,0541	0,0541	0,0541	0,0800	5,6%
Certificação	0,0488	0,0599	0,0404	0,0541	0,0541	0,0541	0,0800	5,6%
Flexibilidade	0,0488	0,0599	0,0404	0,0541	0,0541	0,0541	0,0800	5,6%
Estabilidade Financeira	0,0407	0,0524	0,0303	0,0270	0,0270	0,0270	0,0400	3,5%
Soma	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabela 6. Matriz normalizada e respectivo peso para cada critério (Fonte: Própria)

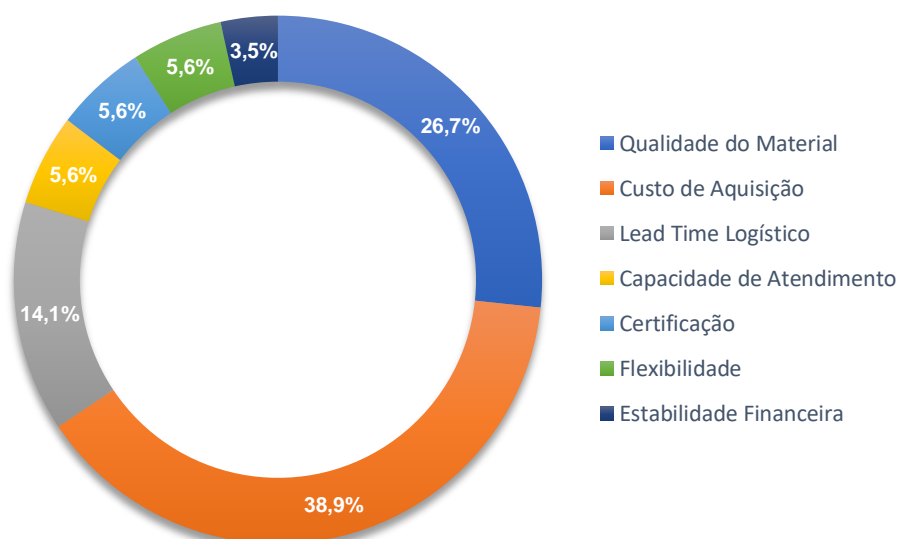


Figura 5. Peso relativo de cada critério (Fonte: Própria)

Conforme ilustra a Figura 5, o critério “Custo de Aquisição” é aquele que, de acordo com a avaliação dos decisores representa uma maior parcela na escolha final, seguindo-se o critério “Qualidade do Material” com um peso de cerca de 27%. Desta forma, o critério do custo será o que impactará mais no objetivo, seguindo-se o critério da qualidade. Com uma parcela inferior surge o “Leadtime Logístico”, com uma ponderação de cerca de 14% na decisão final. Quanto aos critérios “Capacidade de Atendimento”, “Certificação” e “Flexibilidade”, estes têm o mesmo impacto na seleção do melhor fornecedor, tendo um peso de cerca de 6%. Por fim, e com uma importância relativa inferior, aparece o critério “Estabilidade Financeira”, que embora seja importante para o avaliador é menos importante que os restantes critérios.

O próximo passo é a realização do teste de consistência das comparações elaboradas, procurando-se aferir se as avaliações efetuadas estão relacionadas de uma forma lógica.

Para tal, é primeiramente calculado o elemento que corresponde à maior importância ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ ) que é obtido através da soma dos produtos do vetor coluna  $w_n$ , obtido na Tabela 6, com o vetor soma da matriz, obtida na Tabela 5.

$$\lambda_{m\acute{a}x} = 4,100 \times 0,267 + 2,387 \times 0,389 + 8,250 \times 0,141 + 18,500 \times 0,056 \\ + 18,500 \times 0,056 + 18,500 \times 0,056 + 25,000 \times 0,035 = 7,1630$$

Procede-se agora ao cálculo do índice de consistência ( $IC$ ) e do Rácio de consistência ( $RC$ ). A definição teórica de ambas as medidas já foi anteriormente detalhada e pode ser consultada na secção 3.3.1.. Estando em causa 7 critérios, então  $n$  assume este valor.

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1} = \frac{7,1630 - 7}{7 - 1} = 0,027180$$

Sendo a ordem da matriz de valor 7, então, consultando a Tabela 3 apresentada na secção 3.3.1, o valor de  $IR$  será de 1,32.

$$RC = \frac{IC}{IR} = \frac{0,027180}{1,32} = 0,021 < 0,10$$

Desta forma, sendo  $RC < 0,10$ , então poderá concluir-se que as comparações feitas são coerentes.

A próxima etapa passa por realizar a comparação par a par de cada elemento do terceiro nível com cada elemento do segundo nível hierárquico, ou seja, uma vez que no problema em questão existem sete critérios, terão que ser construídas sete matrizes (uma matriz por cada critério) que comparam par a par as alternativas em relação ao critério em questão, uma vez mais, utilizando-se para o efeito a escala fundamental de (Saaty, 1980). Desta forma, procede-se à comparação dos fornecedores entre si, relativamente ao desempenho em cada um dos critérios.

Os cálculos seguirão os mesmos passos que os previamente elaborados para os critérios, mas agora considerando as alternativas.

Assim, foi iniciada uma série de comparações entre fornecedores, para cada critério, as quais são ilustradas nas tabelas em anexo (ANEXO I – Aplicação do Método AHP para as Alternativas). Para todos os critérios, o rácio de coerência é inferior a 10%, pelo que as avaliações feitas pelos decisores são coerentes.

A última etapa da aplicação do método AHP ao problema em estudo consiste em utilizar os pesos ( $w_k$ ) obtidos por fornecedor em cada critério, ponderados pelo peso ( $w_n$ ), ambos os valores obtidos anteriormente. Com o intuito de se obter um ranking dos melhores fornecedores, é calculada a média ponderada destas parcelas que permitirá encontrar o valor final de importância

de cada fornecedor e estabelecer prioridades. Este valor final é apresentado abaixo na coluna “Vetor de decisão” (Tabela 7).

	Qualidade do Material	Custo de Aquisição	Leadtime Logístico	Capacidade de Atendimento	Certificação	Flexibilidade	Estabilidade Financeira	Vetor de decisão
Peso ( $W_n$ )	27%	39%	14%	6%	6%	6%	3%	
Fornecedor 1	24%	5%	28%	22%	21%	22%	14%	<b>16,16%</b>
Fornecedor 2	24%	2%	28%	30%	21%	22%	14%	<b>15,56%</b>
Fornecedor 3	3%	30%	2%	4%	3%	4%	3%	<b>13,56%</b>
Fornecedor 4	11%	9%	15%	15%	21%	22%	7%	<b>11,70%</b>
Fornecedor 5	11%	11%	2%	4%	3%	4%	7%	<b>8,33%</b>
Fornecedor 6	3%	13%	2%	4%	3%	4%	14%	<b>7,15%</b>
Fornecedor 7	3%	15%	2%	4%	3%	4%	14%	<b>7,81%</b>
Fornecedor 8	11%	4%	15%	11%	21%	11%	7%	<b>8,94%</b>
Fornecedor 9	3%	9%	2%	4%	3%	4%	14%	<b>5,76%</b>
Fornecedor 10	11%	3%	2%	4%	3%	4%	7%	<b>5,04%</b>

Tabela 7. Matriz síntese de decisão final (Fonte: Própria)

#### 4.2.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS – MÉTODO AHP

Analisando os resultados desta metodologia aplicada ao problema em estudo, é possível obter um ranking que, baseado no vetor de decisão, distintamente prioriza os fornecedores tendo em conta os critérios, a sua ponderação e respetivo desempenho individual de cada fornecedor. Desta forma, na Tabela 8 é apresentado um quadro síntese com o ranking global obtido.

RANKING		
1º	Fornecedor 1	16,16%
2º	Fornecedor 2	15,56%
3º	Fornecedor 3	13,56%
4º	Fornecedor 4	11,70%
5º	Fornecedor 8	8,94%
6º	Fornecedor 5	8,33%
7º	Fornecedor 7	7,81%
8º	Fornecedor 6	7,15%
9º	Fornecedor 9	5,76%
10º	Fornecedor 10	5,04%

Tabela 8. Ranking de fornecedores (Fonte: Própria)

Com a aplicação do método AHP conclui-se que o melhor desempenho foi do fornecedor 1 com 16,16%, seguindo-se o fornecedor 2 com cerca 15,56%. Analisando paralelamente a Tabela 7, é demonstrado que, efetivamente ambos os fornecedores destacam-se favoravelmente na generalidade dos critérios, à exceção do critério “Custo de Aquisição”, em que estes fornecedores apresentam um desempenho muito baixo por apresentarem preços superiores aos demais. O fornecedor 2 é aquele que tem o pior desempenho neste critério (cerca de 2%), já que o custo de aquisição mais alto é praticado por este fornecedor. Apesar de apresentarem um

desempenho com valores muito próximos, com uma diferença de apenas cerca de 0,6%, o que distingue favoravelmente o primeiro fornecedor do segundo é o preço mais baixo que este apresenta. Por outro lado, o fornecedor 2 destaca-se positivamente do fornecedor 1 quando analisamos o critério da capacidade de atendimento. No entanto, uma vez que o custo de aquisição é o critério com maior peso na decisão final, é o que mais impacto tem no vetor de decisão, já que, enquanto o custo de aquisição tem um peso de cerca de 39% na escolha final, a capacidade de atendimento pesa apenas em 6%. Assim, tanto o fornecedor 1 como o fornecedor 2, apesar de terem um custo de aquisição de 909€ e 954€ respetivamente, ou seja, dos mais altos custos de aquisição, isto é compensado com o excelente desempenho que têm nos restantes critérios em análise.

Observando em detalhe o critério “Custo de Aquisição”, já que é aquele que tem mais impacto na seleção final, é possível concluir que o fornecedor que apresenta um desempenho mais favorável (de cerca de 30%) é o fornecedor 3. No entanto, este fornecedor surge no ranking apenas na 3ª posição. Analisando o desempenho deste fornecedor nos demais critérios, é passível de se aferir a razão pela qual não se encontra na 1ª ou 2ª posição. Embora tenha o custo mais baixo, apresenta um desempenho negativo nos restantes campos de avaliação já que a qualidade do material, o segundo critério que mais pesa na decisão, é apenas razoável, tal como a estabilidade financeira. Por outro lado, este fornecedor rege-se pela norma menos benéfica, a Japonesa, tem uma flexibilidade e uma capacidade de atendimento fraca e, por fim, um *leadtime* muito extenso (de cerca de 110 dias), o dobro do *leadtime* que os fornecedores 1 e 2 possuem.

Abaixo do fornecedor 3, aparece o fornecedor 4 que, embora tenha uma qualidade de material e uma estabilidade financeira boas e, por outro lado, siga os standards definidos pela norma Europeia, tem um custo de aquisição de 801€/coil, um *leadtime* de 70 dias e uma capacidade de atendimento que não é das melhores.

De seguida, surge no ranking o fornecedor 8 com um desempenho equivalente ao fornecedor logo abaixo classificado, o fornecedor 5, com desempenhos de cerca de 8,94% e 8,33%, respetivamente. O fornecedor 8 embora tenha um custo superior, apresenta um *leadtime* mais curto, uma capacidade de atendimento e uma flexibilidade na antecipação das entregas superior, regendo-se pela norma Europeia, ao contrário do fornecedor 5 que se rege pela norma Japonesa. Todo este ‘bolo’ depois de devidamente ponderado eleva o fornecedor 8 uma posição acima no ranking, com um desempenho ligeiramente superior ao fornecedor 5.

Os fornecedores 6 e 7, embora em todos os critérios apresentem um desempenho equivalente, o que os distingue é o custo de aquisição que, sendo inferior no fornecedor 7, o classifica na 7ª posição enquanto o fornecedor 6 ocupa a 8ª posição no ranking.

Por fim, nos últimos lugares do ranking, surgem os fornecedores 9 e 10. O fornecedor 9 demonstra um desempenho mais favorável em relação ao fornecedor 10, ocupando a penúltima posição do ranking, já que, apesar de ter um desempenho baixo na globalidade dos critérios,

apresenta um custo de aquisição inferior ao fornecedor 10, conseguindo-se posicionar no 9º lugar. O fornecedor 10 ao apresentar um custo de aquisição dos mais altos, embora tenha uma qualidade do material boa, não o compensa nos demais critérios, obtendo um desempenho baixo, classificando-se na última posição.

### ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Com o intuito de se aferir qual será a variação do peso de cada critério que resultará no facto de a alternativa escolhida passe a não ser a seleccionada, é efetuada uma análise de sensibilidade.

Esta análise será realizada considerando cada critério individualmente, como é visível na Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10, Figura 11 e Figura 12.

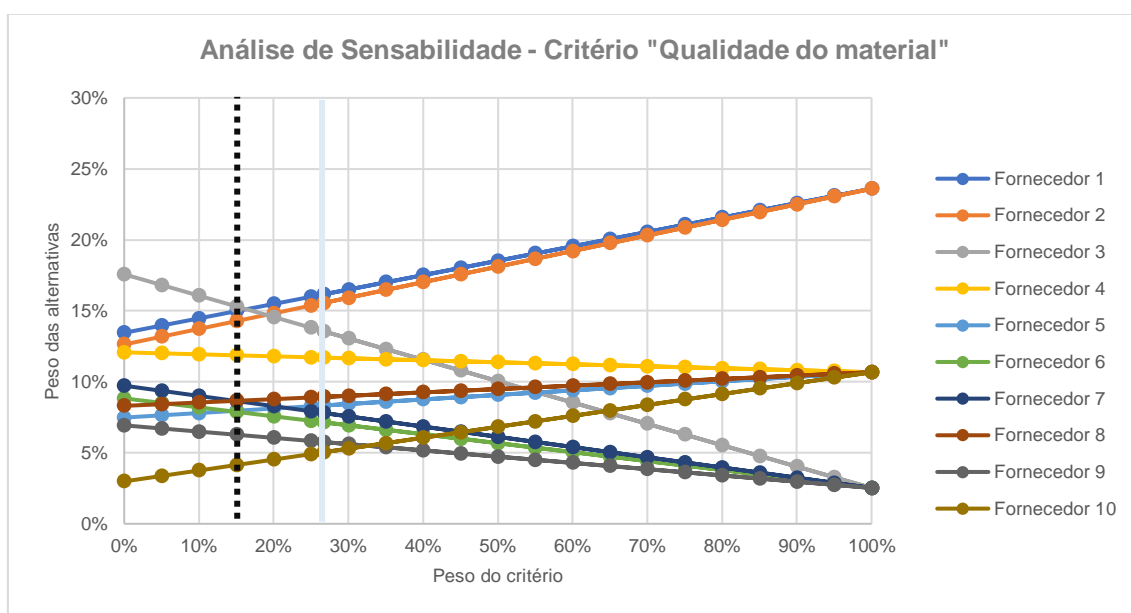


Figura 6. Impacto da variação do peso do critério "Qualidade do material" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria)

Para o critério "Qualidade do material", que tem atualmente um peso de 27% (linha vertical azul), é perceptível, através da Figura 6, que a alternativa seleccionada é o fornecedor 1. Reduzindo o peso deste critério de 27% para 15% (linha vertical a tracejado preto), o fornecedor 1 deixa de ser o predileto, dando lugar ao fornecedor 3. Ou seja, apenas com uma redução de mais de 10 pontos percentuais no peso deste critério, é que o fornecedor 1 deixa de ser o melhor posicionado no ranking.

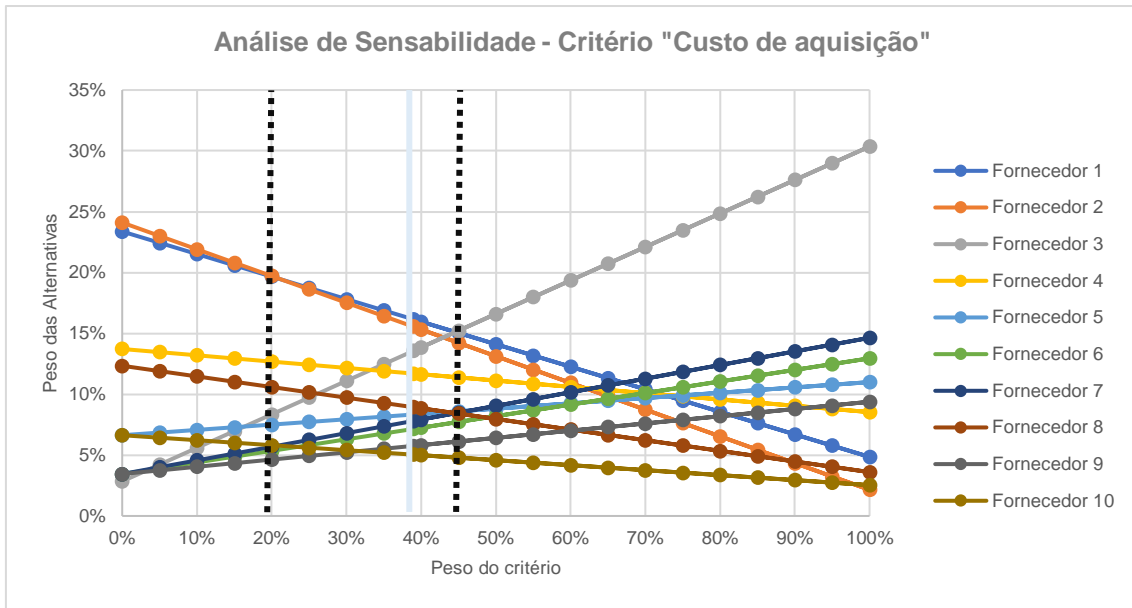


Figura 7. Impacto da variação do peso do critério "Custo de Aquisição" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria)

Analisando a Figura 7, considerando o peso atual do critério "Custo de aquisição" (39% - reta vertical azul), a opção selecionada é o fornecedor 1. No entanto, baixando de 39% para 20% peso deste critério, a opção favorita passa a ser o fornecedor 2. Por outro lado, aumentando a ponderação deste critério em 6%, a opção selecionada passa a ser o fornecedor 3, sendo este o fornecedor com o preço mais competitivo.

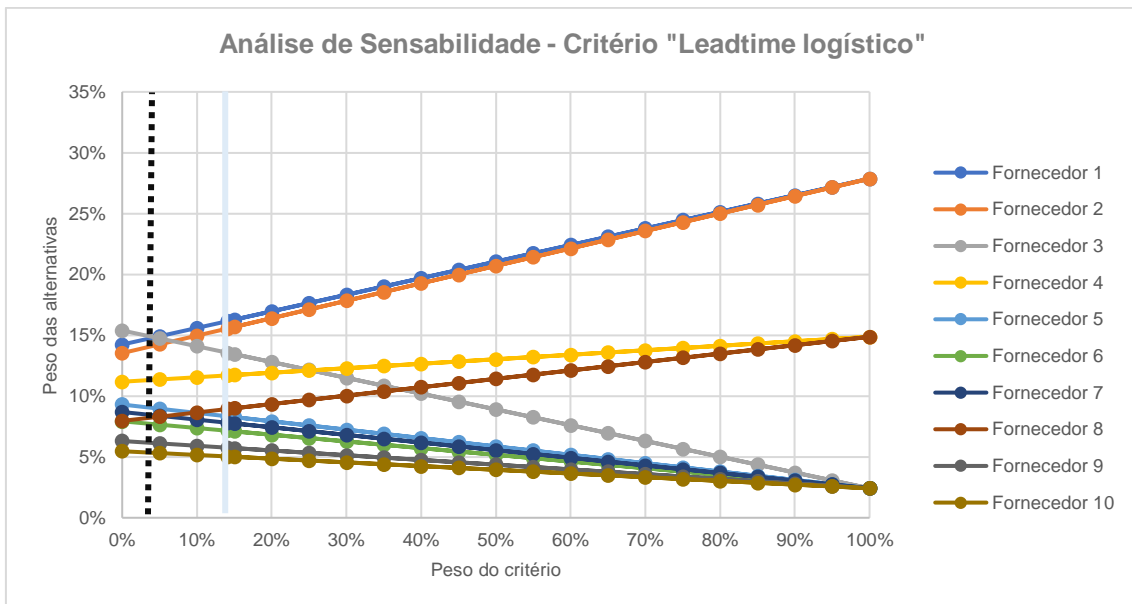


Figura 8. Impacto da variação do peso do critério "Leadtime Logístico" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria)

Quanto ao critério "Leadtime Logístico", a Figura 8 vem demonstrar que, com um peso de 14% para este critério (linha vertical azul), o fornecedor escolhido é o fornecedor 1. Apenas com uma redução do peso deste critério para valores iguais ou inferiores a 4% fazem com que a alternativa selecionada deixe de ser o fornecedor 1 passando a ser o fornecedor 3.

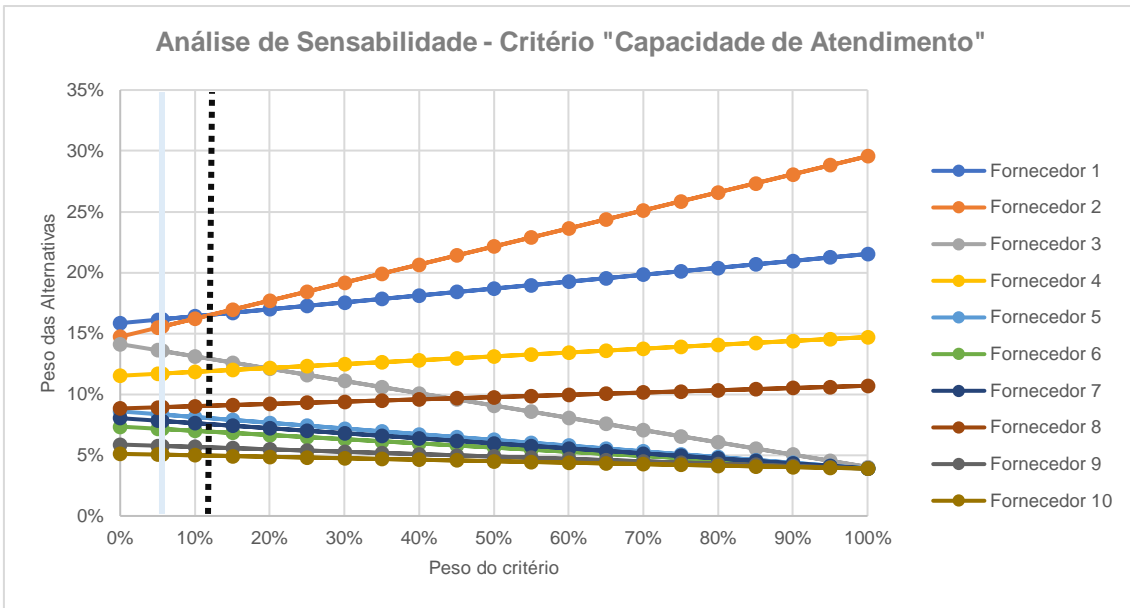


Figura 9. Impacto da variação do peso do critério "Capacidade de Atendimento" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria)

Com um peso atual de cerca de 6% no critério "Capacidade de Atendimento", a alternativa escolhida, continua a ser o fornecedor 1. Quando aumentada a ponderação deste critério para mais do dobro, ou seja, para mais de 12%, a alternativa selecionada passa a ser o fornecedor 2.

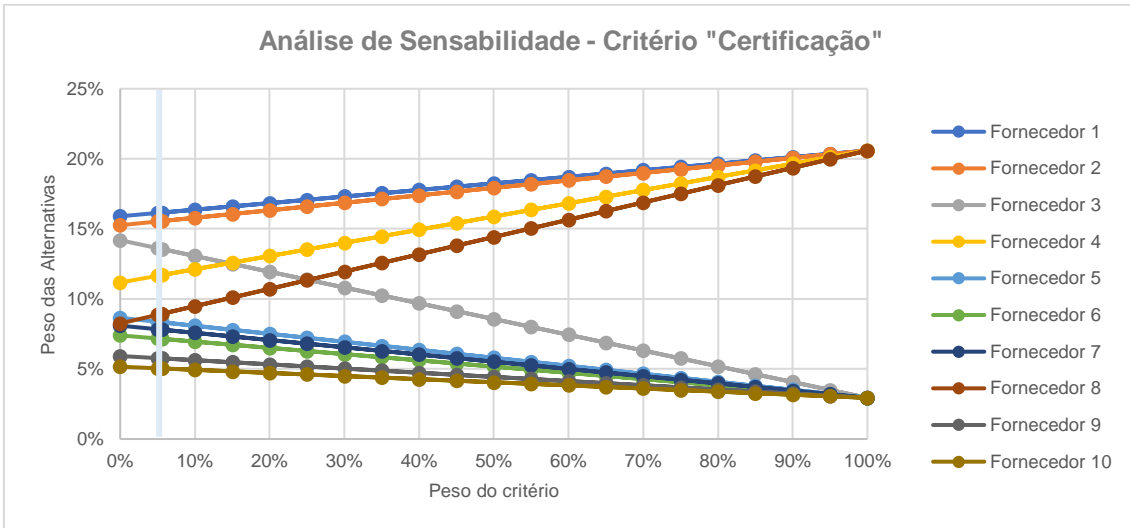


Figura 10. Impacto da variação do peso do critério "Certificação" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria)

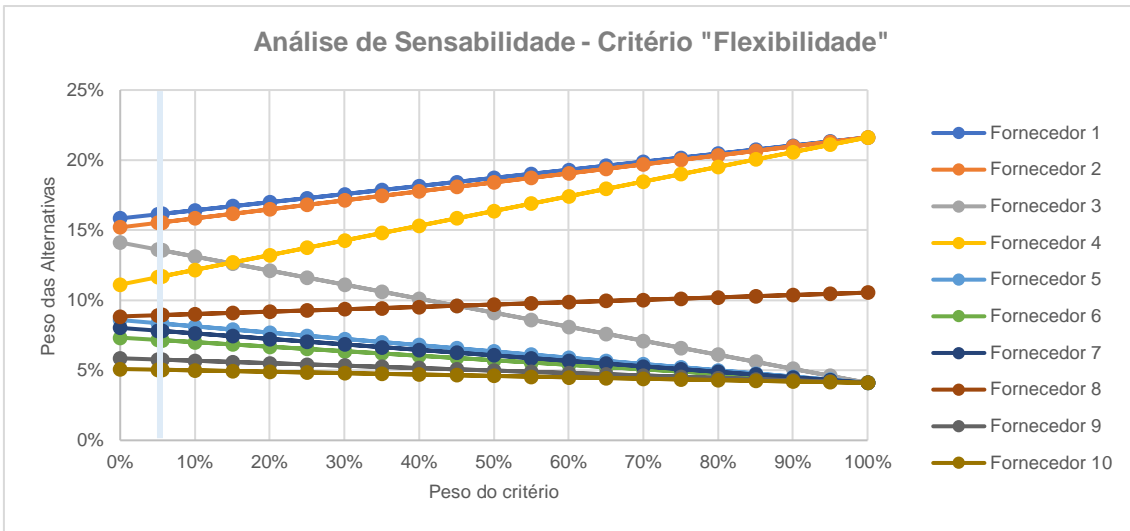


Figura 11. Impacto da variação do peso do critério "Flexibilidade" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria)

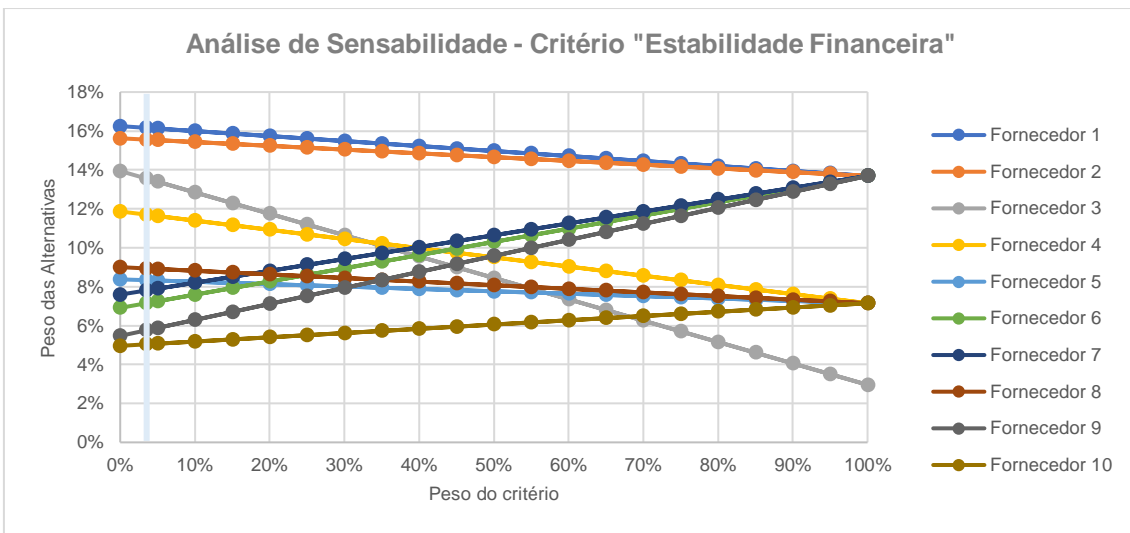


Figura 12. Impacto da variação do peso do critério "Estabilidade Financeira" no ranking de fornecedores (Fonte: Própria)

Analisando a Figura 10, Figura 11 e Figura 12, considerando as ponderações atuais para os critérios "Certificação" (6%), "Flexibilidade" (6%) e "Estabilidade Financeira" (3%), é perceptível que nos três casos a opção selecionada é o fornecedor 1. Para além disto, nestes três critérios, a opção escolhida continua a ser o fornecedor 1, independentemente da ponderação atribuída.

Esta análise permite aferir da robustez na escolha do fornecedor 1, sendo que a escolha poderia alterar apenas com uma opinião relativamente distinta por parte dos decisores, os responsáveis do departamento de compras da empresa CAN. O custo de aquisição é o critério que apresenta mais sensibilidade na variação da sua ponderação e isso é perceptível dada a natureza do critério em causa. Por outro lado, a capacidade de atendimento, sendo um critério menos sensível a variações, quando acrescida a sua ponderação para valores superiores a 12%, resulta numa escolha do fornecedor 2 e não do fornecedor 1. Deve-se isto ao facto de a capacidade de atendimento ser o único critério em que o fornecedor 2 se distingue do fornecedor 1.

### 4.3. APLICAÇÃO DO MÉTODO PROMETHEE

Semelhante ao método AHP, no método PROMETHEE são realizadas comparações par a par para as alternativas, indicando qual o desempenho de cada alternativa em relação a cada critério (Brans & Mareschal, 2005). No entanto, ao contrário do método AHP, onde os decisores realizam um conjunto de julgamentos para expressar a importância relativa que cada critério tendo em conta a escala fundamental de (Saaty, 1980), no método PROMETHEE é atribuído um peso a cada critério, que reflete a sua importância relativa, ou seja, assume que o decisor consegue pesar os critérios de forma adequada (Almeida, 2011).

No problema em estudo, os pesos atribuídos a cada critério consideram a importância que cada um assume na tomada de decisão por parte dos compradores da folha de flandres da empresa CAN, os quais possuem um conhecimento técnico elevado quanto a esta matéria-prima, interagindo diariamente com os fornecedores. Esta é a ponderação que os decisores responsáveis do departamento de compras consideram na seleção de fornecedores, e que será, por sua vez, refletido no método PROMETHEE (Tabela 9).

<b>Crítérios</b>	<b>Peso <math>w</math> (%)</b>
<b>Qualidade do Material</b>	<b>20</b>
<b>Custo de Aquisição (€)</b>	<b>30</b>
<b>Lead Time Logístico (dias)</b>	<b>15</b>
<b>Capacidade de Atendimento</b>	<b>10</b>
<b>Certificação</b>	<b>10</b>
<b>Flexibilidade</b>	<b>10</b>
<b>Estabilidade Financeira</b>	<b>5</b>

Tabela 9. Peso atribuído a cada critério (Fonte: Própria)

Foi utilizado o software PROMETHEE & GAIA, de apoio ao Método PROMETHEE, que resultou na interface abaixo. Em coluna constam os critérios e em linha as alternativas disponíveis. Desta forma, é disposto um conjunto de 7 critérios e 10 fornecedores, tal como apresentado na Figura 13.

Empresa CAN	Qualidade	Custo	Leadtime	Capacidade	Certificação	Flexibilidade	Estabilidade	
Unit	Escala 1-4	€	Dias	Escala 1-4	Escala 1-2	Escala 1-3	Escala 1-4	
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆	◆	
<b>Preferences</b>								
Min/Max	max	min	min	max	max	max	max	
Weight	2,00	3,00	1,50	1,00	1,00	1,00	0,50	
Preference Fn.	Usual	V-shape	V-shape	Usual	Usual	Level	Level	
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	
- Q: Indifference	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	0,89	0,64	
- P: Preference	n/a	200,00	49,32	n/a	n/a	1,89	1,39	
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	
<b>Statistics</b>								
Minimum	2,00	630,00	56,00	1,00	1,00	1,00	2,00	
Maximum	4,00	954,00	110,00	4,00	2,00	3,00	4,00	
Average	2,80	826,20	91,20	1,70	1,40	1,70	3,40	
Standard Dev.	0,75	96,08	23,45	1,00	0,49	0,90	0,66	
<b>Evaluations</b>								
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 1	Muito Bom	909,00	56,00	Bom	N. Europeia	Elevada	Muito Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 2	Muito Bom	954,00	56,00	Muito Bom	N. Europeia	Elevada	Muito Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 3	Razoável	630,00	110,00	Fraco	N. Japonesa	Baixa	Razoável
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 4	Bom	801,00	70,00	Razoável	N. Europeia	Elevada	Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 5	Bom	783,00	110,00	Fraco	N. Japonesa	Baixa	Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 6	Razoável	774,00	110,00	Fraco	N. Japonesa	Baixa	Muito Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 7	Razoável	765,00	110,00	Fraco	N. Japonesa	Baixa	Muito Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 8	Bom	918,00	70,00	Razoável	N. Europeia	Média	Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 9	Razoável	792,00	110,00	Fraco	N. Japonesa	Baixa	Muito Bom
<input checked="" type="checkbox"/>	Fornecedor 10	Bom	936,00	110,00	Fraco	N. Japonesa	Baixa	Bom

Figura 13. Interface do software PROMETHEE (Fonte: Visual PROMETHEE)

## ACTION PROFILE

Esta análise serve para comprovar quais os critérios mais fortes e quais os critérios que detetam uma maior fragilidade, considerando isoladamente cada alternativa. Obtém-se assim uma perspetiva desagregada dos pontos fortes e fracos de uma ação. Esta característica do Visual PROMETHEE consolida várias informações dos diferentes critérios que complementam o fluxo global  $\phi$ , que por sua vez é utilizado em diferentes auxiliares do programa (*Ranking*, *Network*, *Rainbow*, *GAIA* e *Visual Stability*). Torna-se mais acessível para visualizar o comportamento de cada critério e perceber de que forma se relacionam, positiva ou negativamente. Assim permite justificar o fluxo global  $\phi$  de cada fornecedor e quais os pontos fortes e fraquezas de cada um.

Os principais critérios que demonstram uma grande variabilidade são o custo da matéria prima, a estabilidade financeira e a qualidade do bem. O custo e a qualidade são os critérios que obtêm o maior peso na mensuração, conseqüentemente, terá mais impacto na demonstração de resultados. De um modo geral, verificam-se as seguintes dilações com base na análise dos gráficos que se encontram em anexo (ANEXO II – Outputs Método PROMETHEE):

- **Fornecedor 1 e 2:** revela que todos os critérios são favoráveis considerando os pesos estipulados, exceto o custo da matéria-prima. O fornecedor 2 tem uma melhor capacidade de atendimento e um maior custo comparativamente com o fornecedor 1;
- **Fornecedor 4 e 8:** ambos apresentam como ponto fraco a estabilidade financeira, mas valores positivos nos restantes critérios, à exceção do fornecedor 8 que, para além da estabilidade financeira, o critério do custo também é um ponto fraco. Efetivamente, comparando o custo de aquisição do fornecedor 4 com o fornecedor 8, encontramos uma diferença de cerca de 117€/coil;
- **Fornecedor 5:** considera apenas valores positivos para a qualidade e custo do produto. Os restantes critérios destacam-se com valores negativos, nomeadamente no *leadtime* demorado, capacidade de atendimento e flexibilidade de antecipação de entregas baixo, uma estabilidade financeira apenas boa, seguindo a certificação japonesa.
- **Fornecedor 3:** regista em todos os critérios valores negativos à exceção do critério “custo de aquisição” que é o seu grande ponto forte. Efetivamente, este é fornecedor que representa um menor custo na aquisição da matéria-prima para a empresa CAN, contudo, nos restantes critérios não tem um desempenho tão positivo;
- **Fornecedores 6, 7 e 9:** geraram valores idênticos com um desempenho positivo nos critérios estabilidade económica e custo do bem, porém os restantes critérios são desfavoráveis, gerando um fluxo global  $\phi$  negativo.
- **Fornecedor 10:** apresenta um desempenho menos favorável em todos os critérios, á exceção da qualidade do material que, sendo boa, apresenta um valor positivo. Desta forma, encontram-se com um fluxo global  $\phi$  negativo e com o pior resultado no *ranking*.

Verifica-se que existe uma relação inversa entre o custo e a qualidade do material, uma vez que quando o custo se revela positivo, a qualidade apresenta valores negativos, exceto nos fornecedores 4 e 5 que conseguem adquirir o bem com uma boa qualidade a um custo reduzido (representado por valores positivos no gráfico).

O fornecedor 4 consegue obter bons resultados em quase todos os critérios (exceto na estabilidade financeira), mesmo que diminutos comparativamente com os restantes fornecedores.

#### NETWORK

Para este indicador cada ação é representada como um nó e as preferências são representadas por setas. Os nós estão localizados em posições relativas correspondentes ao PROMETHEE Diamond, para que as proximidades entre os valores de fluxo surjam de forma clara. Ou seja, relaciona os fornecedores que têm dominância sobre outros e isola fornecedores que são incomparáveis. Recorre ao  $\phi^-$  e ao  $\phi^+$  para determinar a dominância, isto é, se o  $\phi^+$  for superior relativamente a outro, então existe um fornecedor que domina. No caso do  $\phi^-$  trata de forma inversa, quanto menor o valor, mais dominante será o fornecedor.

O fornecedor 10 revela o  $\phi^+$  mais baixo e o  $\phi^-$  mais elevado comparativamente com os restantes, com 0.09 e 0.41 respetivamente. Os melhores fornecedores são os fornecedores 1 e 2, com  $\phi^+$  de 0.55 e 0.54 e com  $\phi^-$  de 0.15 e 0.19, respetivamente. Isto significa que os melhores fornecedores revelam um  $\phi^+$  maior, com uma diferença de 0.46 (fornecedor 1) e 0.45 (fornecedor 2) valores acima do último classificado, para além de apresentarem um  $\phi^-$  inferior em cerca de 0.22 quando comparado ao fornecedor 2, e cerca de 0.26 quando comparado ao fornecedor 1. Isto representa uma diferença significativa na determinação de preferência da seleção e uma disparidade mais evidente entre os restantes fornecedores.

Interpretando a hierarquia do diagrama da Figura 14, verifica-se que:

- O fornecedor 10 é facilmente ultrapassado pelos fornecedores 9, 6 e 7, uma vez que variam positivamente o custo e a estabilidade, ao contrário do fornecedor 10 que apenas demonstra uma qualidade da matéria prima acima destes fornecedores;
- O fornecedor 3 sobrepõe-se também ao 10 visto que pratica um custo substancialmente inferior, promovendo o  $\phi^+$ , não obstante da estabilidade financeira e da qualidade do bem que são desadequadas para os requisitos do decisor, o que promove que o  $\phi^-$  seja menor que o fornecedor 10;
- Os fornecedores 9, 6 e 7 estão abaixo do fornecedor 5 (com  $\phi^+$  de 0.19 e  $\phi^-$  de 0.28). Este não estabelece uma comparação com o fornecedor 3, pois o  $\phi^+$  é inferior, não obstante do  $\phi^-$  ser menor, ou seja, estabelece uma relação de incomparabilidade. Todos estes fornecedores são homogéneos em resultado do *leadtime* ser extenso, a capacidade de atendimento e a flexibilidade de antecipação de encomendas serem fracas, assim como regerem-se pela certificação japonesa;
- Fornecedor 8 domina os fornecedores 3 e 5, porque o  $\phi^+$  é superior e o  $\phi^-$  é inferior com 0.35 e 0.25 respetivamente. Este detém mensurados os critérios de forma mais favorável, exceto no custo de aquisição que assume um valor mais elevado. De salientar que quando comparado ao fornecedor 5, o fornecedor 8 exhibe a mesma qualidade do material e é classificado como tendo o mesmo nível de estabilidade financeira;
- O fornecedor 4 (com  $\phi^+$  de 0.46 e  $\phi^-$  de 0.13) é superior comparativamente com o fornecedor 8, e estabelece uma relação de incomparabilidade quanto aos fornecedores 1 e 2, pois apresenta, por um lado, um  $\phi^+$  mais baixo e, por outro lado, um  $\phi^-$  inferior;
- O fornecedor 1 exhibe os melhores resultados, uma vez que assume um  $\phi^+$  superior e um  $\phi^-$  menor relativamente ao fornecedor 2. Este último, apresenta todos os critérios positivos mas um custo da matéria-prima mais elevado.

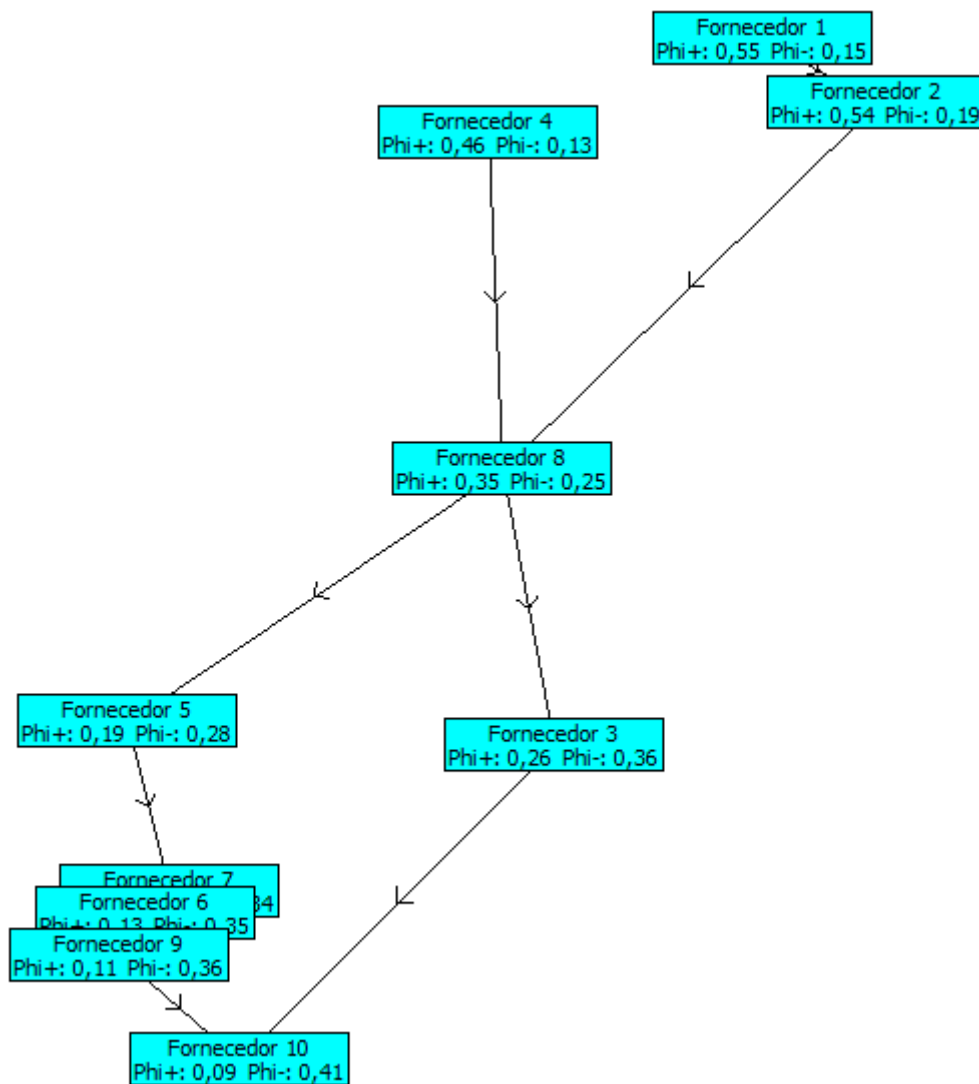


Figura 14. Network (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

## PROMETHEE RANKINGS

### ▪ PARCIAL – PROMETHEE I

Como anteriormente referido, O PROMETHEE I confronta os dois *rankings* obtidos (para o  $\phi^+$  e para o  $\phi^-$ ), incluindo apenas as preferências que são asseguradas em ambos os *rankings*.

Graficamente, na barra lateral esquerda são classificadas as alternativas de acordo com os valores do  $\phi^+$ , enquanto que na barra lateral direita é estabelecido um *ranking* de acordo com os valores do  $\phi^-$ , onde os melhores valores estão no topo a verde e os piores a vermelho, na parte inferior. No centro do gráfico é apresentada uma barra vertical que informa o valor do fluxo global  $\phi$ , que é posteriormente explorado com mais detalhe no PROMETHEE II.

Considerando o  $\phi^+$  como uma medida de força e  $\phi^-$  como uma medida de fraqueza, quando uma linha de ação (graficamente corresponde à linha a verde água), está acima de outra, significa que a alternativa é superior nas diferentes formas de avaliação. Contudo, quando duas

linhas se cruzam, significa que a preferência não é confirmada em ambos os *rankings* e, portanto, há uma situação de incomparabilidade.

Do gráfico obtido (Figura 15), verifica-se que os fornecedores 1 e 2 são melhores que o fornecedor 4 no  $\phi^+$ , mas, assumindo valores do  $\phi^-$  superiores, são piores. Isto significa que os fornecedores 1 e 2 são incomparáveis com o fornecedor 4, tal como concluído anteriormente através do output “*Network*”. Contemplando a mensuração dos critérios, confirma-se a incomparabilidade, uma vez que, considerando os critérios com maior impacto, em termos de qualidade e tempo de entrega, os fornecedores 1 e 2 são superiores, mas o fornecedor 4 tem um custo inferior em mais de 100€/coil.

Rank	action		Phi	Phi+	Phi-
1	Fornecedor 1	■	0,3957	0,5452	0,1494
2	Fornecedor 2	■	0,3505	0,5428	0,1923
3	Fornecedor 4	■	0,3303	0,4638	0,1335
4	Fornecedor 8	■	0,0944	0,3484	0,2540
5	Fornecedor 5	■	-0,0828	0,1937	0,2765
6	Fornecedor 3	■	-0,0995	0,2608	0,3604
7	Fornecedor 7	■	-0,2028	0,1412	0,3440
8	Fornecedor 6	■	-0,2178	0,1292	0,3470
9	Fornecedor 9	■	-0,2478	0,1097	0,3575
10	Fornecedor 10	■	-0,3201	0,0947	0,4148

Figura 15. Tabela de fluxo (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

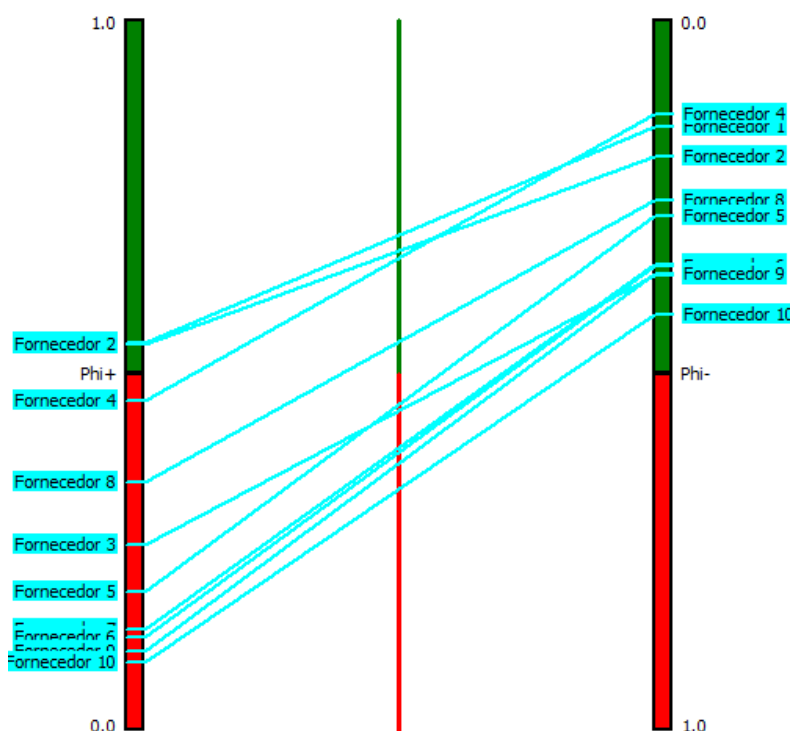


Figura 16. PROMETHEE I – ranking parcial (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

Analisando paralelamente a tabela de fluxo (Figura 15), é reforçada esta conclusão, visto que, tanto o fornecedor 1 como o fornecedor 2 têm um  $\phi^+$  superior ao fornecedor 4 e este, por sua vez, tem um  $\phi^-$  com valor mais favorável. Em ambas as avaliações é consensual que o fornecedor 10 é aquele que se apresenta menos interessante, não estabelecendo uma relação de incomparabilidade com nenhum outro fornecedor.

Adicionalmente na barra lateral direita é perceptível que nenhum dos fornecedores apresenta um  $\phi^-$  superior a 0.5, já que todos se encontram na fração verde da barra. Contrariamente, apenas os fornecedores 1 e 2 têm um  $\phi^+$  superior a 0.50, estando todos os restantes abaixo deste valor.

Comparando com a tabela onde os critérios se encontram mensurados, é visível que, comparando os fornecedores 1 e 2, os critérios onde são díspares são apenas no preço e na capacidade de atendimento, sendo o custo do fornecedor 1 inferior em cerca de 5% comparativamente com o custo do fornecedor 2, critério esse que tem atribuído um peso maior (30%).

▪ **COMPLETO – PROMETHEE II**

Sendo mais intuitivo que o PROMETHEE I, este *ranking* tem a desvantagem de fornecer menos informação, não considerando incomparabilidade entre critérios, considerado muito importante, visto que indica ao decisor as ações cuja comparação é difícil, levando-o a focar-se nestes casos.

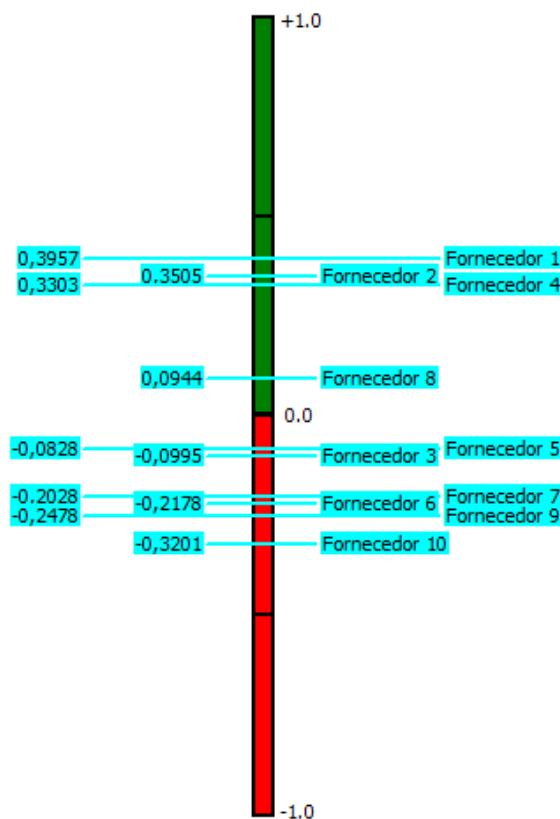


Figura 17. PROMETHEE II – ranking completo (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

Assim, e como expectável, o PROMETHEE II confirma as conclusões obtidas na análise anterior, bem como na tabela de fluxo, onde o fornecedor que melhor corresponde aos requisitos da empresa CAN é o fornecedor 1, seguindo o fornecedor 2, depois o fornecedor 4 e assim sucessivamente, terminando com o fornecedor 10.

O fornecedor 10 apresenta o segundo preço mais elevado comparativamente aos demais fornecedores e, embora tenha uma qualidade boa na matéria-prima fornecida, tem um *leadtime* bastante extenso, uma capacidade de atendimento e uma flexibilidade de antecipar entregas reduzida, regendo-se pela norma Japonesa que, do ponto de vista da empresa CAN é menos rigorosa.

O fornecedor 8 aparece no *ranking* logo abaixo dos fornecedores 1, 2 e 4 com um fluxo global  $\phi$  que apesar de positivo, é drasticamente inferior a estes três fornecedores.

Comparativamente com os fornecedores 1 e 2, o fornecedor 8 tem um custo superior ao fornecedor 1, mas inferior ao fornecedor 2, enquanto que os fornecedores 1 e 2 fornecem a matéria-prima com muito boa qualidade, o fornecedor 8 tem uma qualidade boa e um *leadtime* mais longo em 14 dias, com uma capacidade de atendimento razoável e uma flexibilidade na antecipação das entregas também ela inferior.

Seguem-se no *ranking* os fornecedores 5, 3, 7, 6, 9 e 10, os quais apresentam um  $\phi$  negativo, o que significa que as fraquezas destes fornecedores se sobrepõem aos seus pontos fortes.

### RAINBOW

Este modelo fornece uma visão desagregada do PROMETHEE II e apresenta os detalhes de cálculo do fluxo de rede  $\phi$ , salientando os pontos fortes e fracos de cada fornecedor. As diferentes fatias de cada barra são coloridas de acordo com os critérios.

Cada fatia é proporcional à contribuição de cada critério no fluxo global  $\phi$ . As barras acima da linha de valor 0 são positivas e correspondem aos pontos fortes, enquanto que as barras abaixo desta linha correspondem às fraquezas. Desta forma, o equilíbrio entre as barras positivas e negativas é igual ao resultado de  $\phi$ . As alternativas são ordenadas da esquerda para a direita de acordo com o *ranking* completo PROMETHEE II.

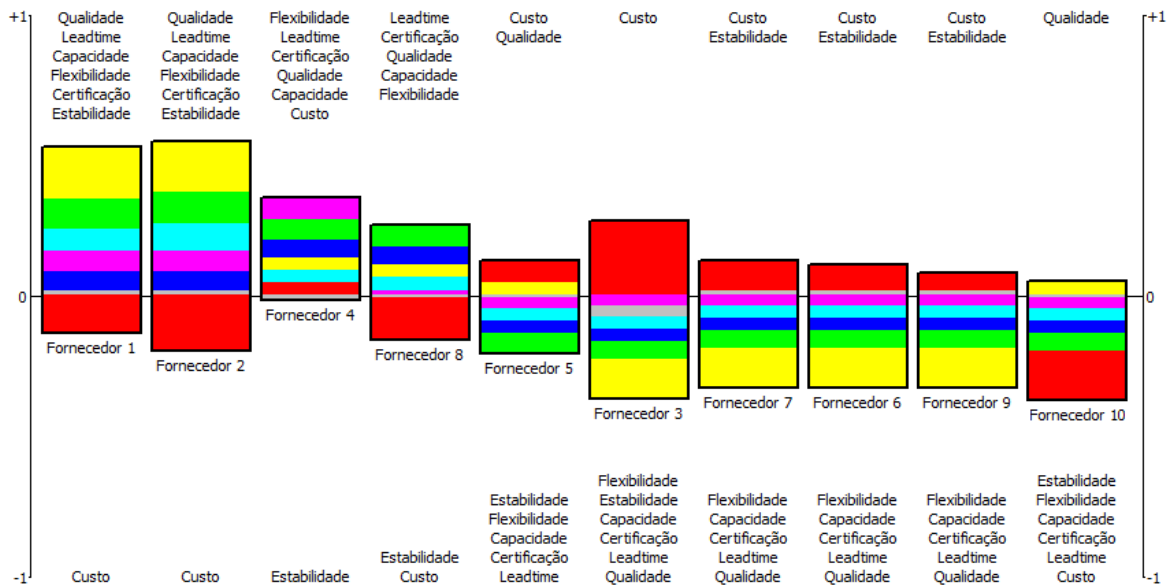


Figura 18. Promethee Rainbow (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

Com base no gráfico da Figura 18 verifica-se os seguintes resultados:

- Fornecedor 1 e 2 são muito semelhantes no peso de cada critério, diferindo apenas no custo e capacidade de atendimento, onde o fornecedor 2 apresenta um ligeiro aumento, sendo o custo relativamente maior e a capacidade de atendimento superior;
- Fornecedor 4 é o único fornecedor que apresenta vários pontos fortes, os quais estão distribuídos de forma similar nomeadamente no custo, capacidade de atendimento, qualidade da matéria-prima, certificação, *leadtime* e flexibilidade da resposta. Mesmo com resultados positivos, não detém um volume considerável para subir no *ranking*;
- Fornecedor 8 revela uma maior fraqueza no custo e na estabilidade financeira, sendo as restantes características pontos fortes;
- Fornecedor 5 para cada critério assume uma distribuição proporcional, embora as fraquezas sejam superiores aos pontos fortes, ou seja, a estabilidade financeira, flexibilidade na resposta, capacidade de atendimento, certificação e *leadtime* logístico encontram-se classificados como pontos fracos deste fornecedor;
- Fornecedor 3 revela o ponto forte no custo, porém, falha fortemente nos restantes critérios;
- Fornecedores 7, 6 e 9 são fornecedores que assumem o mesmo perfil em todos os critérios, variando apenas no custo. Denota-se que apenas registam como vantagem os critérios da estabilidade e do custo de aquisição, tendo um desempenho desfavorável nos demais critérios;
- Fornecedor 10 detém uma pequena fatia na qualidade como ponto forte, sendo os restantes critérios fraquezas deste fornecedor.

Numa perspetiva mais visual, o custo e a qualidade do material ressalta de uma forma mais clara na maioria dos fornecedores, enquanto que os restantes critérios se distribuem de uma forma

mais parcelada e equilibrada. São os critérios “custo de aquisição” e “qualidade do material” que mais variam entre os fornecedores e geram uma maior variabilidade.

### PROMETHEE GAIA

Tal como mencionado anteriormente, o PROMETHEE GAIA é a melhor representação bidimensional do problema multicritério, proporcionando informação relativamente às alternativas, critérios e pesos dos critérios (Brans & Mareschal, 2005).

Um primeiro aspeto a considerar é o facto da representação 2D obtida ter um nível de qualidade de 89,7%, o que significa que é extremamente confiável.



Figura 19. PROMETHEE GAIA (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

#### ▪ AÇÕES

Relativamente às ações ou alternativas, estas serão similares quanto mais próximas estiverem, e vice-versa. Analisando o gráfico obtido, os fornecedores 1 e 2 encontram-se muito próximos um do outro, sendo consideradas ações com características similares. Por outro lado, os fornecedores 4 e 8 também surgem próximos um do outro, concluindo assim que são alternativas análogas.

Contudo, o fornecedor 3, encontrando-se isolado dos restantes fornecedores, é considerado díspar dos demais. Na realidade, considerando os valores dos critérios, o fornecedor 3 é aquele que exibe o menor custo, no entanto nos restantes critérios os mesmos valores que os fornecedores 6, 7 e 9 à exceção da estabilidade financeira que, enquanto estes têm uma excelente estabilidade financeira, o fornecedor tem apenas uma razoável estabilidade financeira. Desta forma, figuram os fornecedores 6, 7 e 9 num outro quadrante, numa posição bastante próxima, uma vez que são alternativas com perfil muito semelhante, diferindo apenas no preço. Neste quadrante, e perto destes fornecedores está também o fornecedor 5 que, embora seja ligeiramente superior em termos de qualidade e tenha uma estabilidade financeira inferior, exibindo um preço diferente, mas idêntico, o torna similar a estes fornecedores.

Finalmente, no mesmo quadrante, mas mais afastado, surge o fornecedor 10, que embora seja em tudo semelhante aos fornecedores 5, 6, 7 e 9, a grande diferença reside no preço que é substancialmente superior. Este aspeto leva a que, embora o fornecedor 10 esteja no mesmo quadrante se distancie dos demais fornecedores.

#### ▪ CRITÉRIOS

Quanto aos critérios, estes são retratados por eixos desenhados a partir do centro do plano, onde critérios com uma preferência análoga serão representados por eixos orientados em direções similares. Por outro lado, os critérios com preferências divergentes ou que entram em conflito são retratados por eixos com direções opostas.

Neste caso, o eixo que representa o *leadtime* logístico, a capacidade de atendimento, a flexibilidade e a certificação exibe a mesma orientação, estando estes critérios muito próximos, indicando que assumem um comportamento semelhante. É factualmente comprovado quando, por exemplo, os fornecedores que têm um *leadtime* de 110 dias, apresentam simultaneamente uma capacidade de atendimento e uma flexibilidade na antecipação de encomendas fraca e, por outro lado, regem-se pela norma Japonesa. O mesmo padrão acontece quando um determinado fornecedor tem um *leadtime* de 70 dias e 56 dias. Observando os dois fornecedores que têm um *leadtime* de 70 dias, estes regem-se pela norma Europeia, tendo razoável capacidade de atendimento e uma flexibilidade de antecipação de entregas média ou alta. Por outro lado, os fornecedores que seguem os standards da norma Japonesa apresentam todos eles uma capacidade de atendimento e uma flexibilidade nas entregas fraca. Efetivamente, é observado comportamento semelhante quando considerados estes quatro critérios.

O custo, aparecendo isolado, assinala que entra em conflito com os demais critérios. Analisando ao detalhe, é perceptível que observando, por exemplo, os fornecedores 1 e 2, apesar de praticarem um preço elevado, são fornecedores com um desempenho mais favorável nos restantes critérios. É possível, portanto, que quando analisado o preço paralelamente com a qualidade, verifica-se que a empresa terá de fazer um *trade-off* entre qualidade/preço, no sentido em que os fornecedores com melhor qualidade serão os que praticam preços superiores. A mesma análise poderá ser efetuada com os restantes critérios. Quando comparada a certificação com o preço, conclui-se que os fornecedores que praticam o preço mais elevado regem-se pela

norma Europeia, à exceção do fornecedor 10 que, praticando o 2º preço mais elevado da tabela, segue a norma Japonesa e não a norma considerada mais benéfica para a empresa CAN, a norma Europeia. Desta forma, há um conflito de interesses uma vez que, quando o decisor procura a matéria-prima ao menor custo, terá que efetuar diversos *trade-offs*, já que vai encontrar um desempenho favorável no preço, mas o mesmo poderá não ocorrer nos demais critérios.

Finalmente, o critério “qualidade do material” aparecendo abaixo dos critérios *leadtime* logístico, capacidade de atendimento, flexibilidade e certificação, com uma direção relativamente idêntica, indica que estes critérios, não sendo completamente consensuais, também não revelam um comportamento completamente díspar. Contrariamente, exibindo um eixo com uma orientação inteiramente oposta, surge o critério do custo de aquisição que indica uma total preferência divergente. Quando analisado os valores destes dois critérios, verifica-se que para se obter uma elevada qualidade da matéria-prima, é solicitado um preço mais elevado, existindo, portanto, um conflito de interesses e um *trade-off* que os decisores terão que considerar e pesar na tomada de decisão, tal como mencionado no parágrafo anterior.

Quanto ao critério da estabilidade financeira, existem fornecedores que apesar de possuírem um elevado desempenho, praticam preços mais elevados. Por outro lado, o fornecedor 3, sendo o que pratica o preço mais baixo, é também o fornecedor com menor estabilidade financeira, existindo conflito. Observando a qualidade do material em paralelo com este critério, já que ambos os eixos se encontram relativamente próximos (embora com uma orientação ligeiramente diferente), é perceptível que os fornecedores com excelente capacidade financeira revelam uma qualidade muito boa, no caso dos fornecedores 1 e 2, ou apenas razoável como é o caso dos fornecedores 6,7 e 9.

Para além da orientação do eixo, é também relevante o seu tamanho, no sentido em que indica o modo como a variação observada num critério é mais ou menos importante. Aqui é crucial salientar que não se trata do peso do critério, mas sim da sua variação.

Analisando a Figura 19, é evidente que o critério do custo, exibindo um eixo mais longo, é aquele em que variações assumem um peso muito importante para o decisor.

#### ▪ **AÇÕES VS CRITÉRIO**

Neste caso, a orientação do eixo do critério indica qual a melhor alternativa para o respetivo critério. Desta forma, não é tão significativo o quão afastada uma alternativa se encontra de um eixo, mas sim o modo como esta se projeta na direção do eixo.

Assim, contemplando simultaneamente as disposições relativas das alternativas e dos critérios, a informação a extrapolar é bastante interessante.

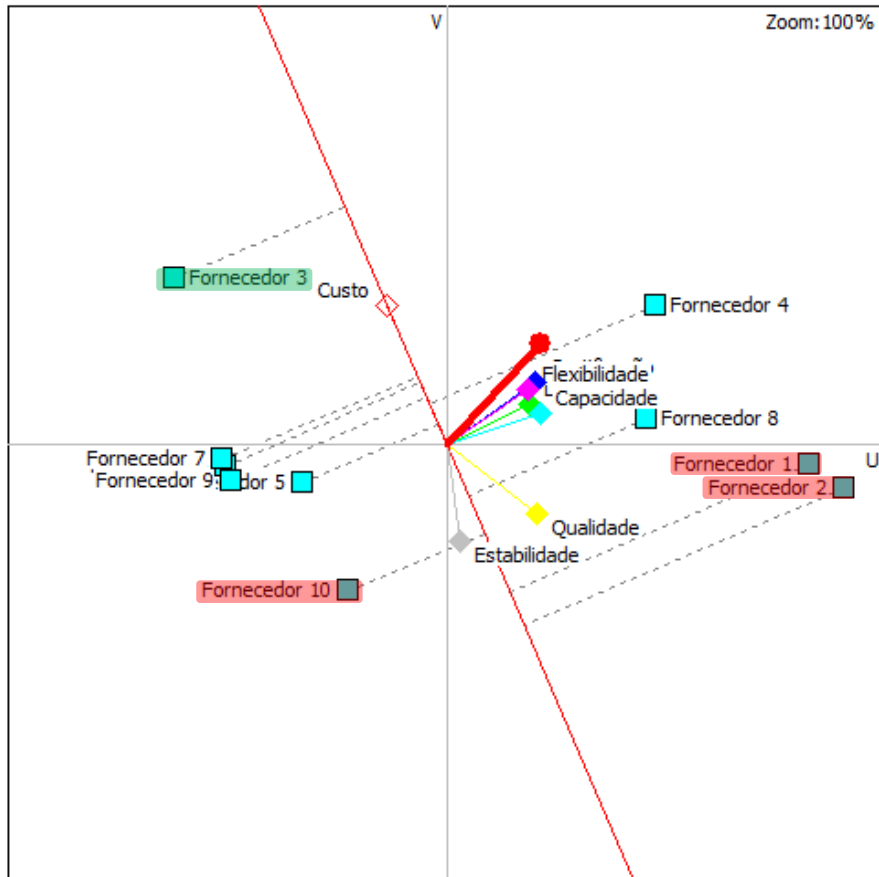


Figura 20. PROMETHEE GAIA com o eixo do critério “Custo de Aquisição” evidenciado (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

Analisando o critério preço, já que este é aquele que mais pesa na escolha do melhor fornecedor, verifica-se que o fornecedor 3 é aquele que se encontra mais alinhado com a orientação do eixo deste critério, posicionando-se mais à esquerda, demonstrando que este fornecedor é o melhor classificado neste critério. Contudo, os fornecedores 1, 2, 8 e 10, praticando os preços mais elevados, encontram-se na orientação oposta a este critério e ao mesmo tempo mais distante.



um custo bastante atrativo, mas com uma qualidade e uma estabilidade financeira desfavorável ao pretendido pelo decisor. Por outro lado, é possível encontrar fornecedores que simultaneamente correspondam aos parâmetros pretendidos pelo fornecedor nos critérios *leadtime* logístico, capacidade de atendimento, certificação e flexibilidade.

### WALKING WEIGHT

O “*Walking Weight*” fornece várias ferramentas para concretizar uma análise extensiva de sensibilidade de peso em cada critério. O gráfico divide-se em duas partes (Mareschal, 2013):

- A parte superior é um gráfico de barras que mostra o *ranking* completo do PROMETHEE II que, tal como mencionando anteriormente, é baseado no fluxo global  $\phi$ ,
- A parte inferior é um gráfico de barras com os pesos dos critérios.

O modo interativo com que permite alterar o peso dos critérios seleccionados e ver o impacto no *ranking* inicialmente obtido é extramente útil testar a estabilidade do *ranking* e como é que este se comporta com a alteração dos pesos. Todas as janelas abertas são atualizadas automaticamente quando se reestrutura os pesos, possibilitando a visualização do *ranking* através da parte superior do gráfico de barras. Uma análise de estabilidade de peso mais precisa e completa pode ser feita recorrendo simultaneamente ao Visual Stability Intervals.

Tal como mostra a Figura 22, considerando a ponderação inicial atribuída a cada critério, confirma-se que os fornecedores 1 e 2 estão nos primeiros lugares do ranking, com um fluxo global  $\phi$  bastante positivo. Seguindo-se o fornecedor 4 e depois o 8, são os únicos fornecedores que para além dos fornecedores 1 e 2, apresentam um fluxo global  $\phi$  positivo.

Quanto aos restantes fornecedores, denota-se também que o  $\phi^-$  é mais preponderante que o  $\phi^+$ , gerando um total negativo.

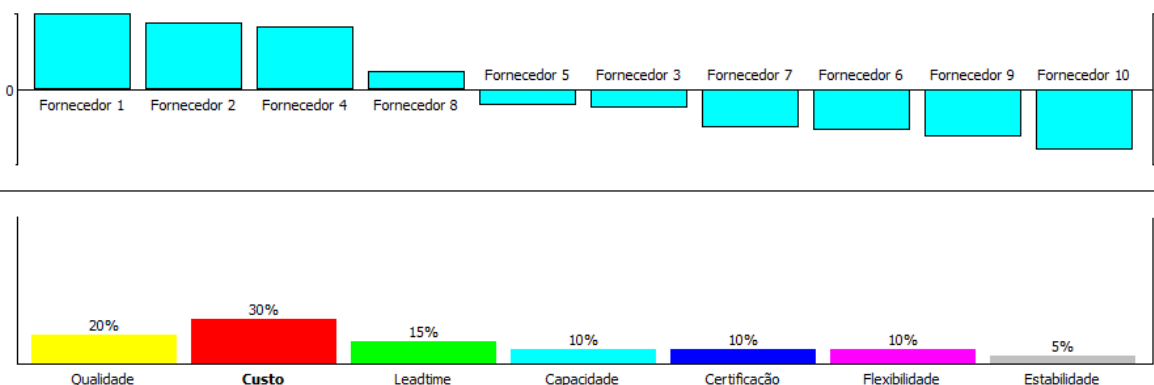


Figura 22. Walking weight – visão inicial (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

#### ▪ CUSTO

Segundo os dados da Figura 23, ao alterar o peso do custo para 60%, os fornecedores 3 e 4 e 5 assumem as primeiras posições, seguindo-se os fornecedores 1 e 7 que adquirem valores

positivos. Os fornecedores 1, 2 e 8 reduzem o fluxo global  $\phi$  para valores negativos devido ao acréscimo do peso deste critério. Os fornecedores 2 e 8 passam para um valor negativo e descem de posição. Os demais mantêm os valores próximos da versão inicial. Ou seja, comprova-se que o fornecedor 3, 5, 7 e 6 detêm um custo mais reduzido da matéria-prima, levando a uma posição mais favorável no ranking com o acréscimo na importância deste critério. Os fornecedores 1, 2 e 8, como têm um custo mais elevado, são mais sensíveis à variação do peso deste critério, ficando penalizados no *ranking*.

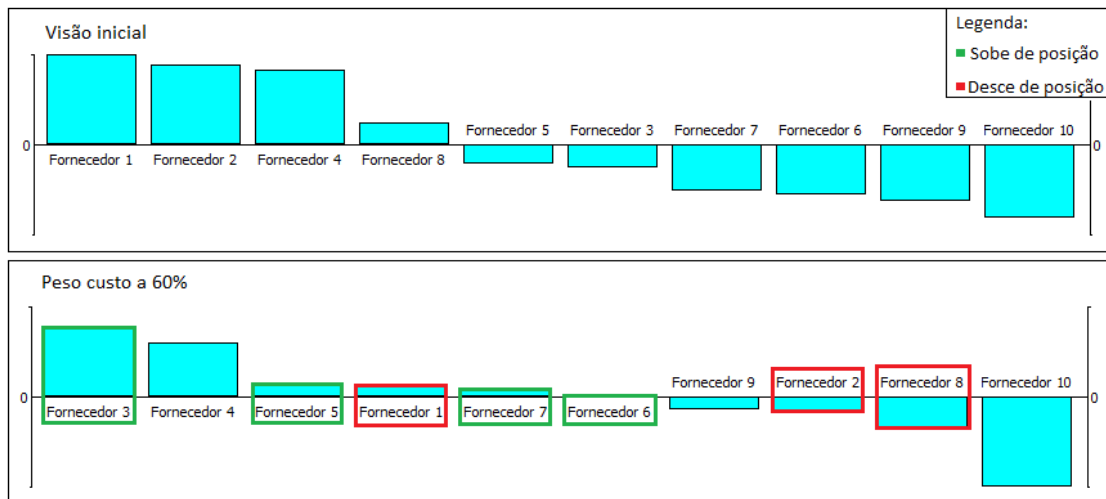


Figura 23. Walking weight com peso do custo a 60% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

#### ▪ QUALIDADE

Se for reestruturado o peso da qualidade para 80%, tal como apresentado na Figura 24, o fornecedor 10 muda a sua posição do *ranking* para a 6ª posição. Além disso, tanto o fornecedor 5 como o fornecedor 10 passam a ter um fluxo global  $\phi$  positivo. O fornecedor 10, tendo uma boa qualidade da matéria-prima e os restantes critérios negativos, esta alteração faz elevar a sua posição no *ranking*. Os fornecedores 1, 2, 4 e 8 não alteram as suas posições da visão inicial (embora o fornecedor 4 diminua o fluxo global  $\phi$ , permanecendo num valor positivo). O fornecedor 4, não tendo uma qualidade de material tão boa como os fornecedores 1 e 2, vê o seu fluxo global  $\phi$  diminuir com o aumento do peso deste critério. O fornecedor 3 revela uma descida no fluxo global  $\phi$ , descendo para a 7ª posição, dando o seu lugar ao fornecedor 10 que tem uma qualidade do produto superior.

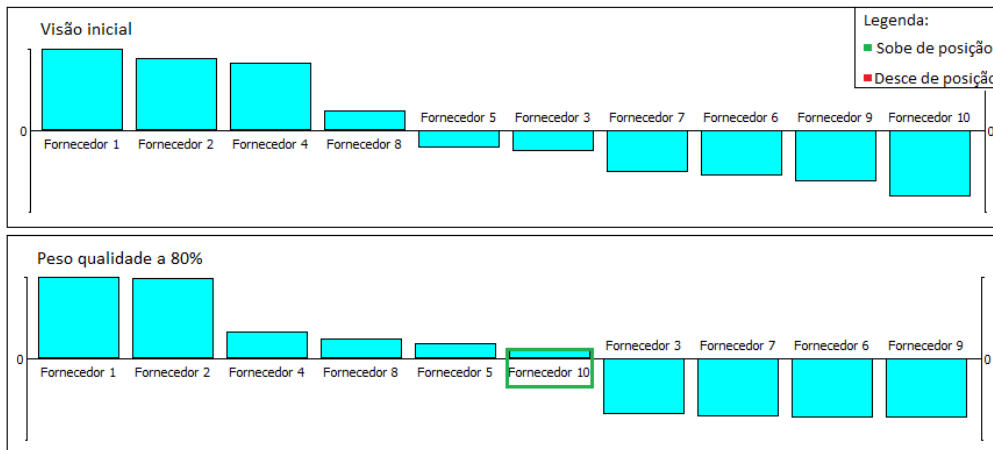


Figura 24. Walking weight com peso da qualidade a 80% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

Ao recorrer à opção de bloquear o custo e aumentar o peso da qualidade para 50%, verifica-se que o fornecedor 5 desce uma posição e o fornecedor 10 sobe para a 6ª posição, visto ter uma boa qualidade da matéria-prima.

#### ▪ LEADTIME LOGÍSTICO

A variação no peso do *leadtime* de uma forma geral apresenta uma reduzida variabilidade no *ranking*, alterando apenas a posição entre os fornecedores 3 e 5 quando o critério atinge um peso de 100%, que neste caso nunca seria aplicável à realidade em questão.

Ao interpretar a Figura 25, considerando que foi bloqueado o peso do custo e aumentado o peso do critério mencionado para 40%, verifica-se que os fornecedores 3 e 4 sobem a posição enquanto que os fornecedores 2 e 5 descem. Efetivamente, comparando o fornecedor 2 com o fornecedor 4, o fornecedor 2 é aquele que apresenta o preço superior embora tenha um *leadtime* inferior. Ao bloquear-se a ponderação do critério “custo” nos 30% e aumentar a ponderação do critério “*leadtime*” para 40%, a decisão passa a depender em 70% destes dois critérios. Confrontando os fornecedores 2 e 4 é visível que o fornecedor 2 apresenta um preço superior em mais de 150€/coil quanto ao fornecedor 4 e o *leadtime* logístico deste último é superior em apenas 14 dias. Por outro lado, quando comparados os fornecedores 3 e 5, é perceptível que a subida de posição do fornecedor 3 deve-se ao facto de, apresentado o mesmo *leadtime* que o fornecedor 5, tem um custo de aquisição inferior.

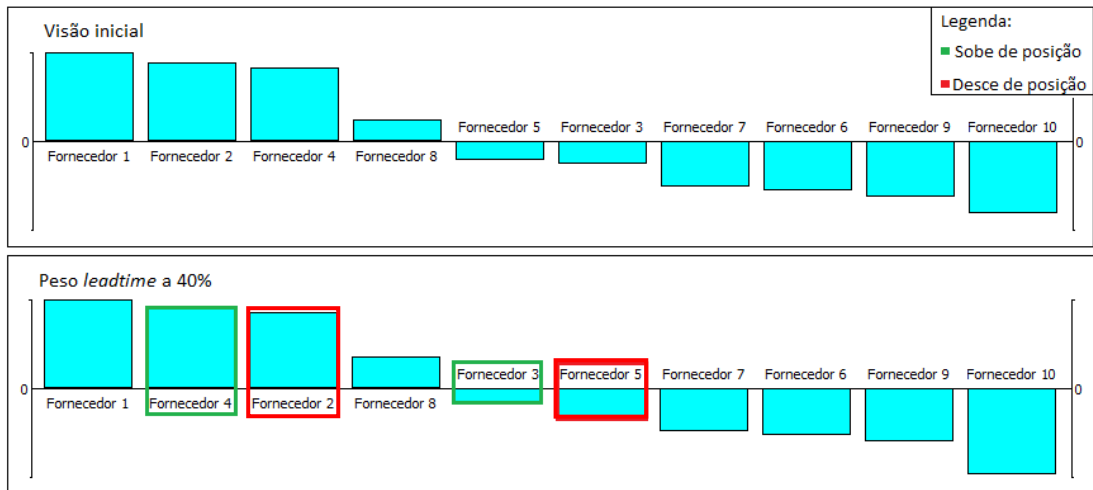


Figura 25. Walking weight com peso do leadtime a 40% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

Por outro lado, ao diminuir o peso do critério *leadtime* para 5% apenas o fornecedor 4 sobe de posição para 2º lugar, ou seja, a redução da ponderação deste critério não produz um grande impacto comparativamente com a versão inicial.

▪ **ESTABILIDADE FINANCEIRA**

Se considerar a variação do peso da estabilidade financeira para 70% permite que os fornecedores 7, 6 e 9 subam no *ranking* admitindo valores para os fluxos globais  $\phi$  positivos, enquanto que os fornecedores 8, 5 e 3 diminuem na posição e apresentam valores para os fluxos globais  $\phi$  negativos.

Tal como disposto na Figura 26, quando é realçado este critério, os fornecedores 7, 6 e 9 que apresentam uma estabilidade muito boa, saem beneficiados. Todavia, os fornecedores 8 e 5 apresentam uma boa estabilidade financeira enquanto que o fornecedor 3 revela uma estabilidade financeira razoável. Este torna-se mais sensível ao aumento do peso deste critério, descendo a sua posição para último lugar. De um modo geral, os fornecedores adquirem uma estabilidade financeira boa e muito boa, sendo um critério que por si só, não determina grandes evidências, necessitando de mais variáveis para ponderar a seleção do fornecedor.

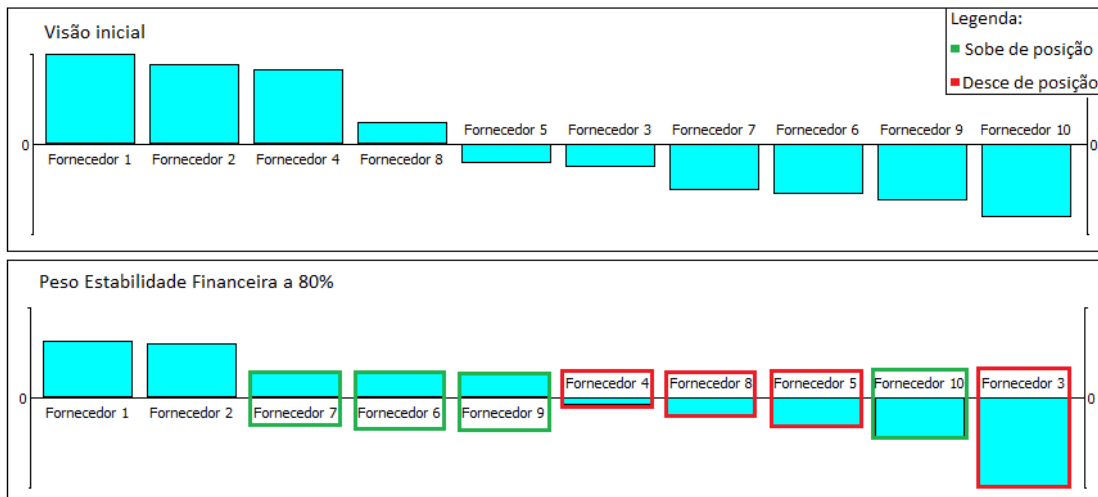


Figura 26. Walking weight com peso da estabilidade financeira a 70% (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

#### ▪ OUTROS CRITÉRIOS

A capacidade de atendimento, certificação e a flexibilidade de resposta de cada fornecedor gera um comportamento homogéneo em todos os fornecedores se o peso destes critérios se alterarem. Ao aumentar ou diminuir o peso destes critérios irá promover ou prejudicar o fluxo global  $\phi$  dos fornecedores de uma forma similar, não variando muito nas posições dos fornecedores no *ranking*. Isto vem de encontro à conclusão retirada previamente do output “PROMETHEE GAIA” que revela claramente que há um comportamento semelhante nestes critérios.

No entanto, cada critério cria pequenas transformações na classificação, tais como:

- **Capacidade de atendimento:** a redução do peso permite a subida de uma posição do fornecedor 4, enquanto que o acréscimo do peso realça o fornecedor 2 para primeiro lugar;
- **Certificação:** os fornecedores que adquirem a norma europeia beneficiam com o incremento do peso deste critério, contrariamente, os fornecedores que se associam à norma japonesa tendem a subir ligeiramente o fluxo global  $\phi$ ;
- **Flexibilidade:** os fornecedores 1, 2 e 4 destacam-se pela positiva quando o peso da flexibilidade é maior, enquanto que nos fornecedores 5 e 3 reduz ainda mais o seu fluxo global  $\phi$ .

#### VISUAL STABILITY INTERVALS

A janela *Visual Stability Intervals* permite verificar o impacto na análise ao modificar os pesos dos critérios. Mostra como o valor do fluxo global  $\phi$  altera em função do peso de cada critério.

Graficamente, a barra horizontal corresponde ao peso do critério seleccionado, enquanto que, a barra vertical a vermelho e verde representa o valor do fluxo global  $\phi$ . Para cada ação é assinalada uma linha que mostra o valor de  $\phi$  em função do peso do critério. Quando

negativamente inclinada, significa que, ao aumentarmos o peso do critério, o valor do  $\phi$  reduz. A interseção desta linha horizontal com a barra vertical resulta no *ranking* completo do PROMETHEE II, abordado anteriormente.

Adicionalmente, existem duas linhas verticais a tracejado que indicam o intervalo de peso para o qual, o *ranking* inicialmente obtido permanece inalterado, sendo detalhadamente mensurado no canto inferior direito com o WSI (*Weight Stability Interval*). Desta forma, quanto maior a amplitude de um intervalo mais estável é o *ranking* a uma variação dos pesos atribuídos a cada critério. Assim, quanto mais estável se apresentar, mais seguro permitirá ao decisor se sentir na tomada de decisão.

▪ **CUSTO**

Considerando o critério relativo ao custo da matéria-prima, o intervalo de peso para o qual o *ranking* de fornecedores permanece inalterado, varia numa amplitude de cerca de 9%, que vai de 22,43% a 31,76% (Figura 27). Dado que o custo atualmente contribui em 30% na tomada de decisão, então uma variação percentual de mais 2 pontos percentuais seria o suficiente para que o *ranking* inicialmente obtido sofresse uma transformação. Neste caso, o fornecedor que mais beneficiaria com o incremento do peso atribuído seria o fornecedor 3 (o que seria expectável, dado que este fornecedor apresenta o menor custo).

Os fornecedores 4, 5, 6, 7 e 9, embora não beneficiassem tanto como o fornecedor 3, também iriam beneficiar com este acréscimo de peso. Contudo, para os fornecedores 1, 2, 8 e 10, este acrescento de ponderação resultaria num fluxo global  $\phi$  inferior, uma vez que estes fornecedores evidenciam um custo da matéria-prima maior que os restantes.

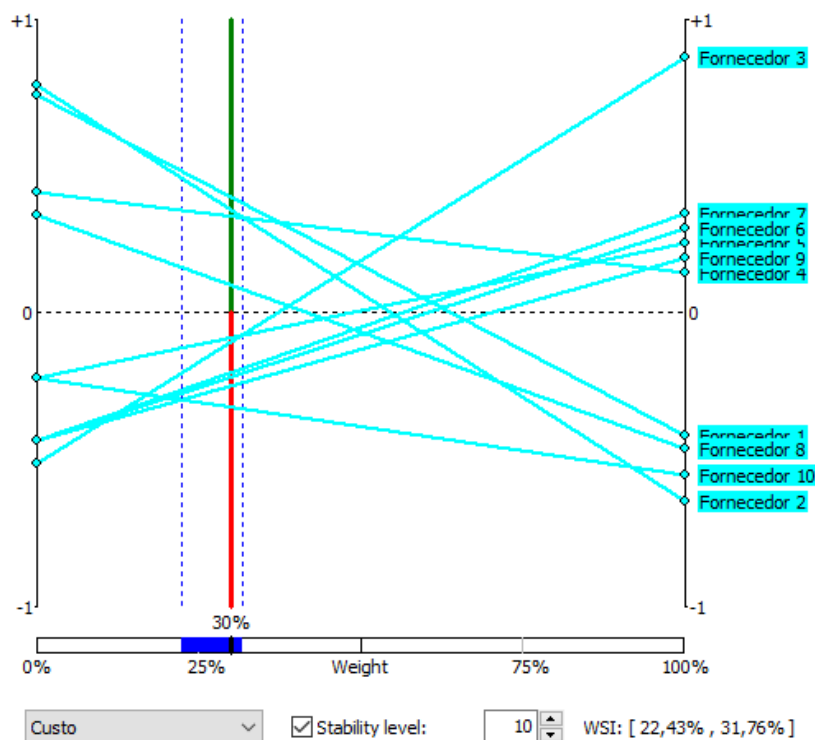


Figura 27. Visual Stability Intervals – Custo (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

- **QUALIDADE**

Quanto à qualidade da matéria-prima (Figura 28), o intervalo considerado para o qual o *ranking* não altera está compreendido entre 18,47% e 26,02%. Um acréscimo de ponderação acima do intervalo mencionado resultaria num fluxo global  $\phi$  superior para os fornecedores 1, 2, 8, 5 e 10. Por outro lado, os restantes fornecedores são beneficiados apenas na situação inversa, quando o peso atribuído à qualidade é mais reduzido.

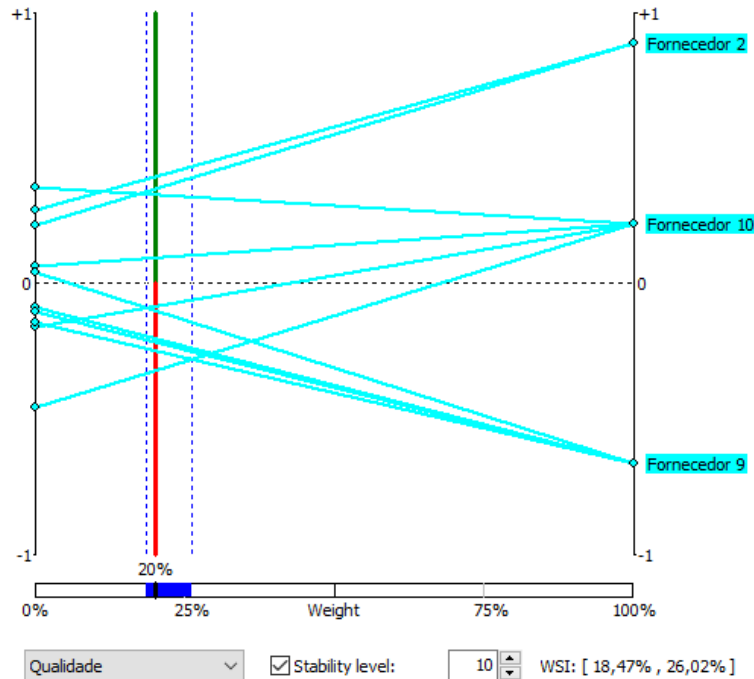


Figura 28. Visual Stability Intervals – Qualidade (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

- **LEADTIME LOGÍSTICO**

Para este critério o intervalo de peso assume uma forte estabilidade (Figura 29). Desta forma, apenas para uma ponderação inferior a 7.62% para este critério afetaria o *ranking* pré-estabelecido, prejudicando os fornecedores 3, 5, 6, 7, 9 e 10, os quais evidenciam um *leadtime* logístico máximo, no valor de 110 dias.

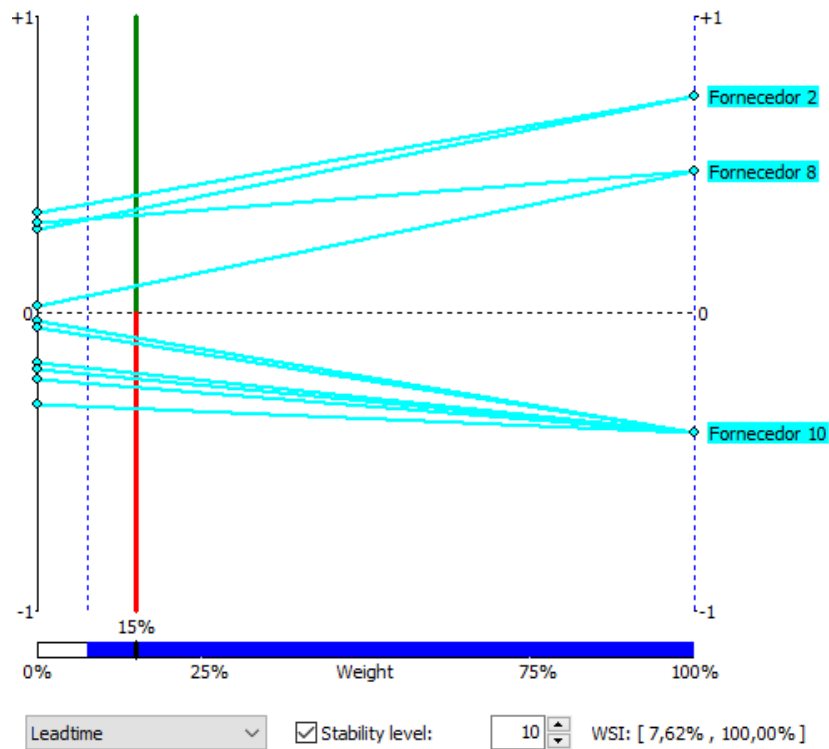


Figura 29. Visual Stability Intervals – Leadtime (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

▪ **CAPACIDADE DE ATENDIMENTO**

A capacidade de atendimento (Figura 30), assumindo um intervalo entre ente 6,61% e 25,33%, não modifica o *ranking* obtido. Desta forma, uma variação numa amplitude de cerca de 19% não muda o *ranking* inicial. Um acréscimo do peso deste critério além do limite máximo de 25,33%, teria um impacto positivo para os fornecedores 1, 2, 4 e 8, uma vez que são fornecedores cuja capacidade de atendimento varia entre o razoável e o muito bom. Por outro lado, os fornecedores com uma fraca capacidade de atendimento (fornecedores 3, 5, 6, 7, 9 e 10) reduziriam o fluxo global  $\phi$ , tendo um impacto negativo na sua posição relativamente ao *ranking*.

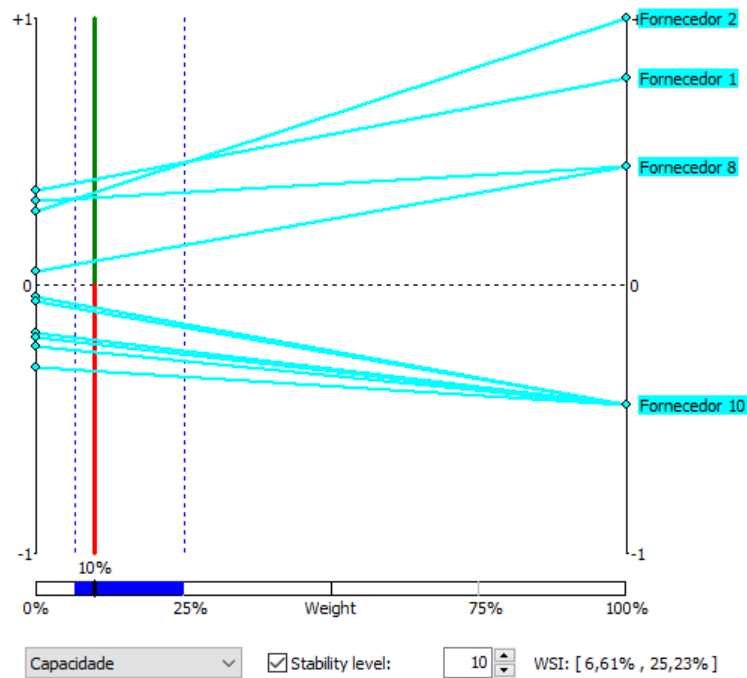


Figura 30. Visual Stability Intervals – Capacidade de Atendimento (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

#### ▪ CERTIFICAÇÃO

Este critério divide os fornecedores em dois grandes grupos que podem melhorar ou deteriorar com o aumento do peso da certificação (Figura 31). Os fornecedores 1, 2, 4 e 8 recorrem à norma europeia, considerada a mais adequada, e os fornecedores 3, 5, 6, 7, 9 e 10 utilizam a norma japonesa, considerada a menos apropriada. Assim, verifica-se que o primeiro grupo de fornecedores pode obter um ligeiro crescimento com o aumento do peso na certificação, tendo sempre um  $\phi$  positivo, e o segundo grupo de fornecedores pode decrescer de forma gradual, apresentando sempre um  $\phi$  negativo.

O intervalo de peso assume uma forte estabilidade e a variabilidade não gera um grande impacto no *ranking* inicialmente calculado.

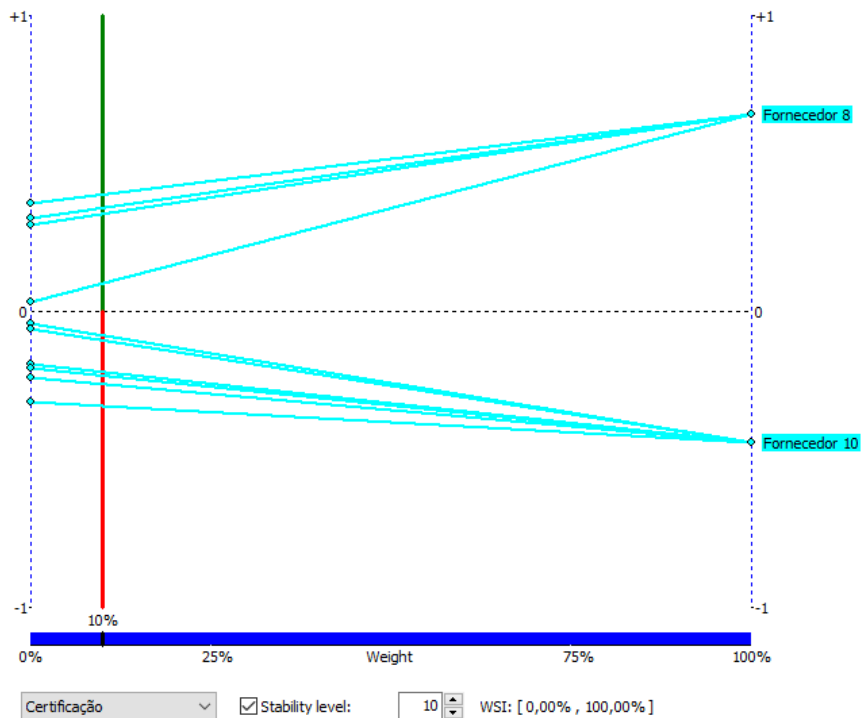


Figura 31. Visual Stability Intervals – Certificação (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

#### ▪ FLEXIBILIDADE

Este critério, como espectável, divide os fornecedores em três grupos: elevada, média e baixa flexibilidade (Figura 32). Os fornecedores 3, 5, 6, 7, 9 e 10 agrupam-se com uma flexibilidade negativa e tende a decrescer caso seja alterado o peso deste critério. O fornecedor 8, assumindo uma flexibilidade nas entregas razoável, não se desvia muito do valor inicial. Por outro lado, os fornecedores 1, 2 e 4 apresentam uma flexibilidade muito boa, o que promove qualquer variação associada ao peso deste critério.

Denota-se uma elevada estabilidade deste critério, isto é, a variabilidade não produz grandes mudanças no *ranking* inicialmente obtido.

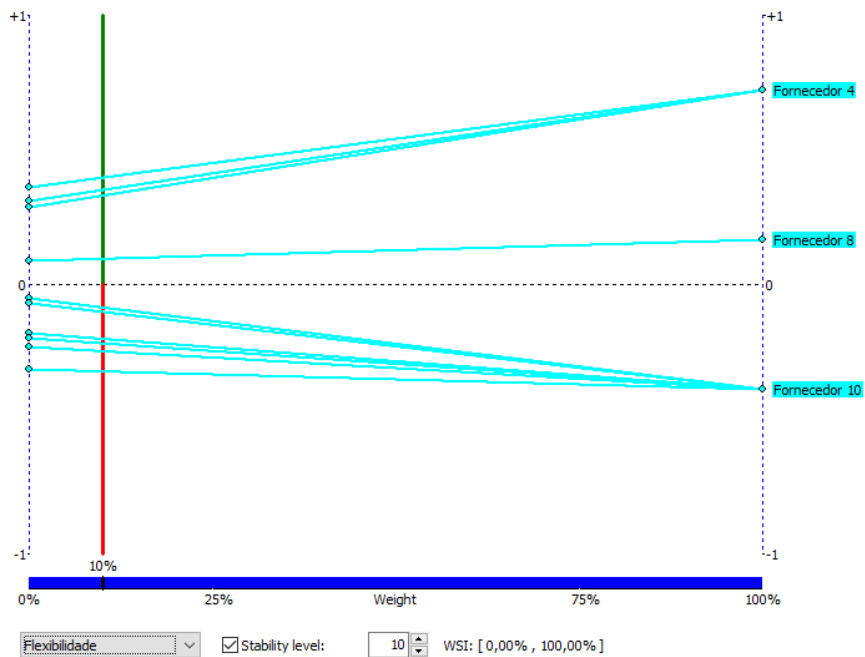


Figura 32. Visual Stability Intervals – Flexibilidade (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

#### ▪ ESTABILIDADE FINANCEIRA

Este critério determina três grupos de fornecedores com valores aproximados: muito bom, bom e razoável (Figura 33). Os fornecedores que adquirem uma estabilidade muito boa são os fornecedores 1, 2, 6, 7 e 9, uma estabilidade boa são os fornecedores 4, 5, 8 e 10 e, por fim, surge o fornecedor 3 com uma estabilidade razoável. Este último demonstra um decréscimo na variabilidade do peso associado à estabilidade, o que significa que ao elevar o peso deste critério, afeta negativamente este fornecedor.

Os fornecedores 4, 5, 8 e 10 podem diminuir a posição do *ranking* enquanto que o fornecedor 1 e 2 não variam consoante o peso deste critério, ao contrário dos fornecedores, 6, 7 e 9 que podem aumentar significativamente.

Este critério detém um intervalo de variabilidade entre 2.05% a 13.08%, isto é, o peso pode variar entre estes valores para determinar a estabilidade do critério.

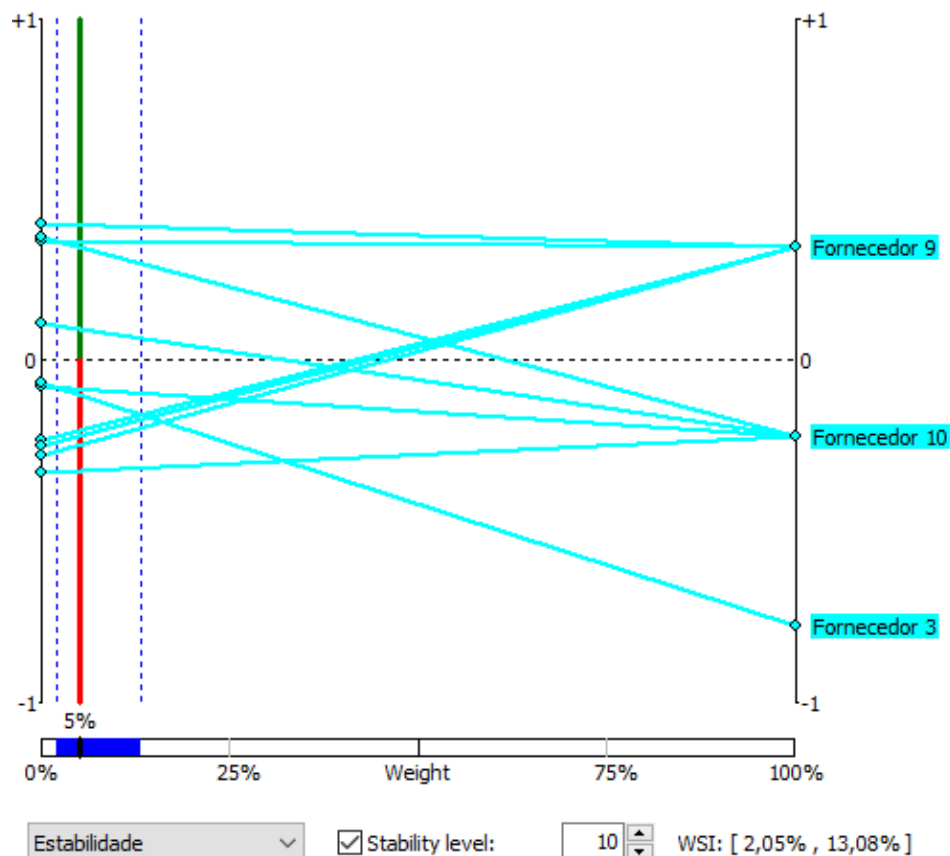


Figura 33. Visual Stability Intervals – Estabilidade (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

#### 4.3.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS – MÉTODO PROMETHEE

Com base no *Network*, que espelha o melhor  $\phi^+$  e  $\phi^-$ , mostra que o fornecedor 1 e 2 obtêm os melhores resultados e o fornecedor 10 apresenta o pior. Este output mostra a dominância entre fornecedores e revela a incompatibilidade de alguns, como é o caso do fornecedor 3, 4 e 5.

O *Action Profile* permitiu concluir a relação inversa entre o custo e a qualidade, assim como a complementaridade entre os critérios capacidade de atendimento, flexibilidade de resposta e certificação, visto que se comportam da mesma forma para os diferentes fornecedores.

Através do PROMETHEE *Rankings* reforça-se a conclusão de que os fornecedores 1 e 2 são melhores e relaciona estes dois com o fornecedor 4, pois revelam uma melhoria no  $\phi^+$ , mas são inferiores no valor do  $\phi^-$ . Admite também que os fornecedores 1 e 2 são incomparáveis com o fornecedor 4. Por outro lado, realça que o fornecedor 10 detém o pior resultado.

O *Rainbow* cria uma interpretação visual dos pesos de cada critério, como estes se relacionam e qual o impacto de cada um no  $\phi^+$  e  $\phi^-$  de cada fornecedor. Verifica-se também um *ranking* de cada fornecedor da esquerda para a direita. Uma vez mais, afirma a relação inversa entre a qualidade e o custo e que os fornecedores 1 e 2 são os candidatos prediletos para a escolha, apesar de apresentarem um custo mais elevado que promove o  $\phi^-$ .

Com base no PROMETHEE GAIA, os fornecedores 1 e 2 assumem a preferência em termos de qualidade e estabilidade, sendo classificados como muito bons, mas carecem no custo elevado. Denota-se também que o fornecedor 3 é aquele que está melhor classificado em termos de custo, mas não se destaca nos demais critérios.

O *Walking Weight* inicia-se com uma visualização do peso de cada critério e o *ranking* inicial, permitindo modificar os pesos e reclassificar os fornecedores com uma nova realidade. Realça uma vez mais que os fornecedores 1 e 2 trazem mais benefícios para a empresa. Determina-se que o custo e a qualidade geram alterações no *ranking*, especialmente nos fornecedores 3, 5 e 7 na relação com o custo e o fornecedor 10 na relação com a qualidade. Aprofundando a variação do custo, com um acréscimo no peso, sobressai os fornecedores 3 e 4 para as primeiras posições do *ranking*.

O *Visual Stability Intervals* determina com mais detalhe o impacto de uma alteração nos pesos dos critérios. Mostra como o valor do fluxo global  $\phi$  modifica em função do peso de cada critério e é complementar ao modelo anterior, que permite uma variação do peso manual. Este gráfico permite visualizar uma aproximação de como os fornecedores se comportam com a alteração dos pesos de cada critério. Revela também as mesmas conclusões obtidas no *Walking Weight*, mas de um modo mais abrangente. Conclui-se que o custo é um critério muito sensível à variação de peso, sendo o fornecedor 3 o mais beneficiado com o incremento do peso atribuído a este critério. Por outro lado, um aumento do peso atribuído à qualidade, beneficia o fornecedor 10 visto ser o critério que, ao contribuir em cerca de 30% na decisão final, é aquele em que este fornecedor melhor se qualifica.

Por fim, a flexibilidade na antecipação das entregas, a certificação pela qual os fornecedores se regem, bem como o *leadtime* logístico, são os três critérios que mais contribuem para a estabilidade do *ranking*, enquanto que o custo e a qualidade são os critérios que proporcionam alguma instabilidade quando se reformulam os pesos atribuídos.

## CAPÍTULO V. CONCLUSÃO

A necessidade de estabelecer uma boa relação e gerar laços de confiança entre uma empresa e os seus fornecedores revela-se cada vez mais importante para que esta se torne mais competitiva no mercado, diferenciando-se dos seus concorrentes. Dada a diversidade de critérios quantitativos e qualitativos, assim como o número de fornecedores a considerar, a avaliação e seleção de fornecedores torna-se mais complexa. Para solucionar a questão, são implementadas várias metodologias que abordam diferentes aspetos, permitindo que a avaliação e escolha seja mais acessível consoante as necessidades da empresa. Ao contrário da abordagem tradicional, onde o custo determinaria, por si só, o *ranking* de fornecedores, esta abordagem, ao considerar simultaneamente outros aspetos, mostram que, embora um fornecedor possa ter um custo altamente competitivo quando comparado com os demais, não estabelece a sua preferência.

Com a aplicação de ambos os métodos, AHP e PROMETHEE, o intuito é auxiliar a empresa CAN, não a encontrar uma solução ótima, mas sim, encontrar as alternativas que melhor se adequem às exigências e necessidades da empresa.

Analisando ambos os métodos aplicados ao problema de seleção de fornecedores para a matéria-prima folha de flandres na empresa CAN, é possível obter uma clara conclusão que o fornecedor 1 é o que reúne as melhores condições de fornecimento, tendo em atenção os critérios definidos para o processo. Ainda para ambos os métodos, como segunda opção tem-se o fornecedor 2.

De ressaltar que, de um modo geral, em Metodologias de Apoio à Decisão Multicritério, mesmo quando são utilizados pesos iguais em ambos os métodos, estes podem traduzir-se em resultados diferentes, dado que os pesos não possuem o mesmo significado. Desta forma, é com base na consistência dos resultados que a comparação entre os dois métodos deve ser realizada.

No caso em estudo, nas conclusões obtidas, existe uma diferença que envolve o fornecedor 3 e conseqüentemente os fornecedores 4, 8 e 5. Considerando o método AHP, o fornecedor 3 aparece em terceiro lugar passando, no método PROMETHEE, a ocupar o sexto lugar, descendo três posições no ranking. Conseqüentemente, os fornecedores 4, 8 e 5 que, estando logo nas posições abaixo do fornecedor 3 no método AHP, quando no método PROMETHEE o fornecedor 3 passa a ocupar o sexto lugar no ranking, os fornecedores 4, 8 e 5 sobem uma posição cada um.

Efetivamente, estas pequenas diferenças podem ser explicadas pelo facto de os pesos utilizados serem distintos e interpretados de forma diferenciada.

A aplicação dos métodos AHP e PROMETHEE tornaram a análise mais completa, apresentando ambos os métodos vantagens e desvantagens. Efetivamente, o uso de modelos no processo de tomada de decisão traz inúmeras vantagens já que, para além de forçar os decisores a definirem

claramente os objetivos, destacam a necessidade de identificação das variáveis a serem consideradas e em que termos estas devem ser quantificadas (Lachtermacher, 2004).

O método AHP, ao permitir estruturar formalmente o problema, tendo em consideração experiências e percepções de uma forma lógica, possibilitando que sejam concretizadas escalas de prioridades ou de pesos, revela-se muito vantajoso na análise (Saaty, 1990). Por outro lado, este método baseia-se na seleção e preferências dos decisores que, sendo subjetivas, têm uma influência considerável nos resultados (Ayağ, 2005).

Por outro lado, quanto ao método PROMETHEE, o *ranking* obtido pode ser manipulado consoante as preferências do decisor. Isto é, dependendo das preferências dos agentes responsáveis pela tomada de decisão, a forma como são atribuídos os pesos terá um grande impacto e determinará o *ranking* obtido, não sendo de todo algo linear. A forma como são atribuídos os pesos cria um grande impacto e reformula todo o *ranking*, sujeito a oscilações nos resultados e classificação dos fornecedores. Contudo, o PROMETHEE-GAIA *software* que utiliza este método, ao disponibilizar uma diversidade de *outputs*, é extremamente vantajoso e permite que o decisor, dependendo da análise que pretende, tenha diferentes resultados para reavaliar e comparar diversos cenários.

Por fim, através dos resultados apresentados, verifica-se que os fornecedores 1 e 2 são mais apelativos, de acordo com os critérios propostos. Ambos os fornecedores apresentam uma elevada qualidade no produto, um *leadtime* reduzido, uma maior capacidade de atender às necessidades da empresa em termos de volume, regem-se pela norma europeia (considerada a mais apropriada pela empresa CAN), apresentam uma flexibilidade perante os imprevistos, assim como uma excelente estabilidade financeira. O único critério que estes fornecedores se distanciam dos requisitos da empresa é o custo, tendo um peso para a tomada de decisão de 30%. Isto significa que, apesar do critério com maior peso ser menos favorável para o fornecedor, destaca-se dos restantes quando se avaliam todos os critérios e todos os fornecedores. Em suma, o custo que *a priori* classificaria o *ranking* dos fornecedores, não garante a melhor seleção, reforçando a necessidade de ponderar outros aspetos.

Com base nas metodologias estudadas e nos resultados obtidos, conclui-se que os critérios qualitativos assumem um papel preponderante na seleção e avaliação de um fornecedor e é necessária uma análise intensiva e complexa do comportamento destes. É fundamental a determinação dos critérios a implementar para seleccionar os que melhor se adequam às necessidades de uma organização, bem como relacionar essa informação com os fornecedores existentes. Para que a tomada de decisão seja feita com a maior segurança possível, é necessária uma escolha minuciosa de quais os critérios a considerar.

Em termos de trabalho futuro, seria interessante estender estas metodologias a outras matérias-primas que a empresa consome de outros fornecedores. O método proposto pode também ser extensível para constituir uma ferramenta que permita aos profissionais do departamento de compras da empresa CAN avaliar e seleccionar os fornecedores de uma forma rápida e objetiva.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agarwal, P., Sahai, M., Mishra, V., Bag, M., & Singh, V. (2011). A review of multi-criteria decision making techniques for supplier evaluation and selection. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 2(4), 801–810. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2011.06.004>
- Alencar, L. H., Almeida, A. T. de, & Mota, C. M. de M. (2007). Sistemática proposta para seleção de fornecedores em gestão de projetos. *Gestão & Produção*, 14(3), 477–487. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000300005>
- Almeida, A. T. (2011). O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão. *Recife: Editora Universitária Da UFPE.*, 232.
- Almeida, Adiel Teixeira de, & Costa, A. P. C. S. (2002). Modelo de decisão multicritério para priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE. *Gestão & Produção*, 9(2), 201–214. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2002000200007>
- Anderson, D. R., Sweeney, D. J., Williams, T. A., Camm, J. D., & Martin, R. K. (2011). *An Introduction to Management Science: Quantitative Approaches to Decision Making* (13th ed.). Cengage Learning.
- Ayağ, Z. (2005). A fuzzy AHP-based simulation approach to concept evaluation in a NPD environment. *IIE Transactions*, 37(9), 827–842. <https://doi.org/10.1080/07408170590969852>
- Bana e Costa, C. A. (1993). Processo de apoio à decisão - actores e acções; estruturação e avaliação. *Investigação Operacional*, Vol. 14, pp. 115–131. Retrieved from <http://web.ist.utl.pt/carlosbana>
- Brans, J.-P., & De Smet, Y. (2016). *PROMETHEE Methods*. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4_6)
- Brans, J.-P., & Mareschal, B. (2005). Promethee Methods. In *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys* (pp. 163–186). [https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5\\_5](https://doi.org/10.1007/0-387-23081-5_5)
- Bruno, G., Esposito, E., Genovese, A., & Passaro, R. (2009). *The Analytic Hierarchy Process in the Supplier Selection Problem*. Retrieved from <http://eprints.whiterose.ac.uk/90021/>
- Carmo, B. B. T. do, Neto, J. F. B., & Dutra, N. G. da S. (2011). *Análise do impacto nos custos de transporte de um modelo de seleção de fornecedores baseado em variáveis socioambientais e de competitividade*. 21(3), 466–483. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000013>
- CEN national Members. (2001). EUROPEAN STANDARD EN 10202:2001. *COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION*. Retrieved from <http://tinservice.ru/wp-content/uploads/documents/EN10202.PDF>

- Correia, J. C., Leta, F. R., & Pessolani, R. B. V. (2003). Conceitos Básicos Do Apoio Multicritério À Decisão E Sua Aplicação No Projeto Aerodesign. *Research Gate*, 5(8), 22–35.
- Costa, J. F. da S., Brazil, C. H. A., & Oliveira, M. B. De. (2003). Metodologia multicritério e ECR: utilização no mercado varejista. *Revista Produção*, 13(2), 114–122. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/prod/v13n2/v13n2a11.pdf>
- Costa, L. (2014). *Método multicritério para apoio à análise e seleção de investimentos sustentáveis em fundos de pensão* (Universidade Federal do Rio de Janeiro). Retrieved from [www.producao.ufrj.br/index.php/br/teses-e-dissertacoes/teses-e-dissertacoes/doutorado/2014-1/64--57/file](http://www.producao.ufrj.br/index.php/br/teses-e-dissertacoes/teses-e-dissertacoes/doutorado/2014-1/64--57/file)
- Cunha, S. M. A. (2008). *Seleção de Fornecedores – Estudo de Caso* (Universidade de Aveiro). Retrieved from <http://hdl.handle.net/10773/1573>
- de Boer, L., Labro, E., & Morlacchi, P. (2001). A review of methods supporting supplier selection. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(2), 75–89. [https://doi.org/10.1016/S0969-7012\(00\)00028-9](https://doi.org/10.1016/S0969-7012(00)00028-9)
- Dias, E. M. P. da S. (2015). *Modelo de apoio à decisão multicritério para selecção de fornecedores de azeite*. Faculdade de Economia do Porto.
- Ensslin, L., Giffhorn, E., Ensslin, S. R., Petri, S. M., & Vianna, W. B. (2010). Avaliação do desempenho de empresas terceirizadas com o uso da metodologia multicritério de apoio à decisão - construtivista. *Pesquisa Operacional*, 30(1), 125–152. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382010000100007>
- Ensslin, L., Neto, G. M., & Noronha, S. M. (2001). *Apoio a Decisão – Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritérios de Alternativas*.
- Figueira, J., Greco, S., & Ehrogott, M. (2005). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. <https://doi.org/10.1007/b100605>
- Forman, E. H., & Gass, S. I. (2001). The Analytic Hierarchy Process—An Exposition. *Operations Research*, 49(4), 469–486. <https://doi.org/10.1287/opre.49.4.469.11231>
- Forsberg, K., Mooz, H., & Cotterman, H. (2005). *Visualizing project management: models and frameworks for mastering complex systems*. J. Wiley.
- Gomes, E. G., Pereira, M., & Lins, E. (2002). Integrating Geographical Information Systems and Multi-Criteria Methods: A Case Study. *Annals of Operations Research*, 116, 243–269.
- Hatcher, M. (2008). Asset Evaluation and Selection Using The Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Business Research*, 8(3), pp.118-124.
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*.

- Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., & Bansal, R. C. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 69, 596–609. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.11.191>
- Lachtermacher, G. (2004). *Pesquisa operacional na tomada de decisões : modelagem em Excel*. Retrieved from <https://www.wook.pt/livro/pesquisa-operacional-na-tomada-de-decisoes-gerson-lachtermacher/2159753>
- Mareschal, B. (2013). *Visual PROMETHEE*. Retrieved from <http://www.prometheegaia.net/assets/vpmanual.pdf>
- Mendes, L. P. L. (2013). *Análise dos métodos de seleção de fornecedores* (Instituto Superior de Engenharia do Porto). Retrieved from [http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/6006/1/DM\\_LuisMendes\\_2013\\_MEEC.pdf](http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/6006/1/DM_LuisMendes_2013_MEEC.pdf)
- Morte, R. C. G. (2013). *Modelo De Apoio À Decisão Multicritério Para a Avaliação De Desempenho De Motoristas Numa Empresa Portuguesa De Transporte Rodoviário* (Faculdade de Economia do Porto). Retrieved from <https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/70377/2/25048.pdf>
- Ohno, T. (1997). *O sistema Toyota de produção : além da produção em larga escala* (Bookman, Ed.). Bookman.
- Rezaei-kelidbari, H. R., Homayounfar, M., & Foumani, S. F. A. (2016). A Combined Group EA-PROMETHEE Method for a Supplier Selection Problem. *Iranian Journal of Optimization*, 8(2), 87–100.
- Roy, B. (1996). *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4757-2500-1>
- Roy, B., & Vincke, P. (1981). Multicriteria analysis: survey and new directions. *European Journal of Operational Research*, 8(3), 207–218. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(81\)90168-5](https://doi.org/10.1016/0377-2217(81)90168-5)
- Saaty, R. W. (1987). The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, 9(3–5), 161–176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. N. York, USA: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90057-1](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90057-1)
- Saaty, T. L. (1991). *Método de Análise Hierárquica. Tradução e Revisão por Wainer da Silveira e Silva*. São Paulo: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83.

- Schinasi, G. J. (2004). *Defining Financial Stability*. Retrieved from <https://www.imf.org/external/pubs/ft/wp/2004/wp04187.pdf>
- Slowinski, R., Greco, S., & Matarazzo, B. (2012). Rough set and rule-based multicriteria decision aiding. *Pesquisa Operacional*, 32(2), 213–270. <https://doi.org/10.1590/S0101-74382012000200001>
- Sonmez, M. (2006). *A review and critique of supplier selection process and practices*. Loughborough University.
- Terrientes, L. M. D. V. (2015). *Hierarchical outranking methods for multi-criteria decision aiding*. Universitat Rovira i Virgili.
- Velasquez, M., & Hester, P. T. (2013). An Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methods (Faculdade de Economia e Gestão do Porto; Vol. 10). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-12586-2>
- Wang, W. P. (2010). A fuzzy linguistic computing approach to supplier evaluation. *Applied Mathematical Modelling*, 34(10), 3130–3141. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2010.02.002>

## ANEXOS

### ANEXO I – APLICAÇÃO DO MÉTODO AHP PARA AS ALTERNATIVAS

**Critério:** QUALIDADE DO MATERIAL

#### Matriz B

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	7	3	3	7	7	3	7	3
2	1	1	7	3	3	7	7	3	7	3
3	1/7	1/7	1	1/5	1/5	1	1	1/5	1	1/5
4	1/3	1/3	5	1	1	5	5	1	5	1
5	1/3	1/3	5	1	1	5	5	1	5	1
6	1/7	1/7	1	1/5	1/5	1	1	1/5	1	1/5
7	1/7	1/7	1	1/5	1/5	1	1	1/5	1	1/5
8	1/3	1/3	5	1	1	5	5	1	5	1
9	1/7	1/7	1	1/5	1/5	1	1	1/5	1	1/5
10	1/3	1/3	5	1	1	5	5	1	5	1
<b>Soma</b>	3,9048	3,9048	38,0000	10,8000	10,8000	38,0000	38,0000	10,8000	38,0000	10,8000

Tabela 10. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério “Qualidade do Material” (Fonte: Própria)

#### Matriz B

#### Normalizada

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso ( $w_k$ )
1	0,2561	0,2561	0,1842	0,2778	0,2778	0,1842	0,1842	0,2778	0,1842	0,2778	24%
2	0,2561	0,2561	0,1842	0,2778	0,2778	0,1842	0,1842	0,2778	0,1842	0,2778	24%
3	0,0366	0,0366	0,0263	0,0185	0,0185	0,0263	0,0263	0,0185	0,0263	0,0185	3%
4	0,0854	0,0854	0,1316	0,0926	0,0926	0,1316	0,1316	0,0926	0,1316	0,0926	11%
5	0,0854	0,0854	0,1316	0,0926	0,0926	0,1316	0,1316	0,0926	0,1316	0,0926	11%
6	0,0366	0,0366	0,0263	0,0185	0,0185	0,0263	0,0263	0,0185	0,0263	0,0185	3%
7	0,0366	0,0366	0,0263	0,0185	0,0185	0,0263	0,0263	0,0185	0,0263	0,0185	3%
8	0,0854	0,0854	0,1316	0,0926	0,0926	0,1316	0,1316	0,0926	0,1316	0,0926	11%
9	0,0366	0,0366	0,0263	0,0185	0,0185	0,0263	0,0263	0,0185	0,0263	0,0185	3%
10	0,0854	0,0854	0,1316	0,0926	0,0926	0,1316	0,1316	0,0926	0,1316	0,0926	11%
<b>Soma</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabela 11. Matriz normalizada e respectivo peso para cada fornecedor em relação ao critério “Qualidade do Material” (Fonte: Própria)

#### Verificação da consistência dos dados

Vetor próprio ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ )	10,29253	
IC	0,032503	
IR	1,49	
RC	0,0218143	Consistente

**Critério: CUSTO DE AQUISIÇÃO**

**Matriz C**

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	3	1/6	1/3	1/3	1/3	1/3	2	1/3	3
2	1/3	1	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/2	1/5	1/2
3	6	7	1	4	4	4	4	5	4	7
4	3	5	1/4	1	1/2	1/2	1/2	3	1/2	5
5	3	5	1/4	2	1	1/2	1/2	4	2	4
6	3	5	1/4	2	2	1	1/2	4	2	6
7	3	5	1/4	2	2	2	1	4	2	6
8	1/2	2	1/5	1/3	1/4	1/4	1/4	1	1/3	2
9	3	5	1/4	2	1/2	1/2	1/2	3	1	4
10	1/3	2	1/7	1/5	1/4	1/6	1/6	1/2	1/4	1
<b>Soma</b>	23,1667	40,0000	2,9024	14,0667	11,0333	9,4500	7,9500	27,0000	12,6167	38,5000

Tabela 12. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério "Custo de Aquisição" (Fonte: Própria)

**Matriz C Normalizada**

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso ( $w_k$ )
1	0,0432	0,0750	0,0574	0,0237	0,0302	0,0353	0,0419	0,0741	0,0264	0,0779	5%
2	0,0144	0,0250	0,0492	0,0142	0,0181	0,0212	0,0252	0,0185	0,0159	0,0130	2%
3	0,2590	0,1750	0,3445	0,2844	0,3625	0,4233	0,5031	0,1852	0,3170	0,1818	30%
4	0,1295	0,1250	0,0861	0,0711	0,0453	0,0529	0,0629	0,1111	0,0396	0,1299	9%
5	0,1295	0,1250	0,0861	0,1422	0,0906	0,0529	0,0629	0,1481	0,1585	0,1039	11%
6	0,1295	0,1250	0,0861	0,1422	0,1813	0,1058	0,0629	0,1481	0,1585	0,1558	13%
7	0,1295	0,1250	0,0861	0,1422	0,1813	0,2116	0,1258	0,1481	0,1585	0,1558	15%
8	0,0216	0,0500	0,0689	0,0237	0,0227	0,0265	0,0314	0,0370	0,0264	0,0519	4%
9	0,1295	0,1250	0,0861	0,1422	0,0453	0,0529	0,0629	0,1111	0,0793	0,1039	9%
10	0,0144	0,0500	0,0492	0,0142	0,0227	0,0176	0,0210	0,0185	0,0198	0,0260	3%
<b>Soma</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabela 13. Matriz normalizada e respectivo peso para cada fornecedor em relação ao critério "Custo de Aquisição" (Fonte: Própria)

**Verificação da consistência dos dados**

Vetor próprio ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ )	10,797149	
IC	0,088572	
IR	1,49	
RC	0,0594444	Consistente

**Critério: LEADTIME LOGÍSTICO**

**Matriz D**

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	9	5	9	9	9	5	9	9
2	1	1	9	5	9	9	9	5	9	9
3	1/9	1/9	1	1/8	1	1	1	1/8	1	1
4	1/5	1/5	8	1	8	8	8	1	8	8
5	1/9	1/9	1	1/8	1	1	1	1/8	1	1
6	1/9	1/9	1	1/8	1	1	1	1/8	1	1
7	1/9	1/9	1	1/8	1	1	1	1/8	1	1
8	1/5	1/5	8	1	8	8	8	1	8	8
9	1/9	1/9	1	1/8	1	1	1	1/8	1	1
10	1/9	1/9	1	1/8	1	1	1	1/8	1	1
<b>Soma</b>	3,0667	3,0667	40,0000	12,7500	40,0000	40,0000	40,0000	12,7500	40,0000	40,0000

Tabela 14. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério "Leadtime Logístico" (Fonte: Própria)

**Matriz D Normalizada**

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso ( $w_k$ )
1	0,3261	0,3261	0,2250	0,3922	0,2250	0,2250	0,2250	0,3922	0,2250	0,2250	28%
2	0,3261	0,3261	0,2250	0,3922	0,2250	0,2250	0,2250	0,3922	0,2250	0,2250	28%
3	0,0362	0,0362	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	2%
4	0,0652	0,0652	0,2000	0,0784	0,2000	0,2000	0,2000	0,0784	0,2000	0,2000	15%
5	0,0362	0,0362	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	2%
6	0,0362	0,0362	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	2%
7	0,0362	0,0362	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	2%
8	0,0652	0,0652	0,2000	0,0784	0,2000	0,2000	0,2000	0,0784	0,2000	0,2000	15%
9	0,0362	0,0362	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	2%
10	0,0362	0,0362	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	0,0250	0,0098	0,0250	0,0250	2%
<b>Soma</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabela 15. Matriz normalizada e respectivo peso para cada fornecedor em relação ao critério "Leadtime Logístico" (Fonte: Própria)

**Verificação da consistência dos dados**

Vetor próprio ( $\lambda_{máx}$ )	11,311373	
IC	0,145708	
IR	1,49	
RC	0,0977907	Consistente

**Critério: CAPACIDADE DE ATENDIMENTO**

**Matriz E**

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1/2	5	3	5	5	5	3	5	5
2	2	1	6	4	6	6	6	4	6	6
3	1/5	1/6	1	1/3	1	1	1	1/3	1	1
4	1/3	1/4	3	1	5	5	5	1	5	5
5	1/5	1/6	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
6	1/5	1/6	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
7	1/5	1/6	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
8	1/3	1/4	3	1	3	3	3	1	3	3
9	1/5	1/6	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
10	1/5	1/6	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
<b>Soma</b>	4,8667	3,0000	23,0000	10,3333	25,0000	25,0000	25,0000	11,0000	25,0000	25,0000

Tabela 16. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério "Capacidade de Atendimento" (Fonte: Própria)

**Matriz E Normalizada**

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso ( $w_k$ )
1	0,2055	0,1667	0,2174	0,2903	0,2000	0,2000	0,2000	0,2727	0,2000	0,2000	22%
2	0,4110	0,3333	0,2609	0,3871	0,2400	0,2400	0,2400	0,3636	0,2400	0,2400	30%
3	0,0411	0,0556	0,0435	0,0323	0,0400	0,0400	0,0400	0,0303	0,0400	0,0400	4%
4	0,0685	0,0833	0,1304	0,0968	0,2000	0,2000	0,2000	0,0909	0,2000	0,2000	15%
5	0,0411	0,0556	0,0435	0,0194	0,0400	0,0400	0,0400	0,0303	0,0400	0,0400	4%
6	0,0411	0,0556	0,0435	0,0194	0,0400	0,0400	0,0400	0,0303	0,0400	0,0400	4%
7	0,0411	0,0556	0,0435	0,0194	0,0400	0,0400	0,0400	0,0303	0,0400	0,0400	4%
8	0,0685	0,0833	0,1304	0,0968	0,1200	0,1200	0,1200	0,0909	0,1200	0,1200	11%
9	0,0411	0,0556	0,0435	0,0194	0,0400	0,0400	0,0400	0,0303	0,0400	0,0400	4%
10	0,0411	0,0556	0,0435	0,0194	0,0400	0,0400	0,0400	0,0303	0,0400	0,0400	4%
<b>Soma</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabela 17. Matriz normalizada e respectivo peso para cada fornecedor em relação ao critério "Capacidade de Atendimento" (Fonte: Própria)

**Verificação da consistência dos dados**

Vetor próprio ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ )	10,428776	
IC	0,047642	
IR	1,49	
RC	0,0319744	Consistente

Critério: CERTIFICAÇÃO

Matriz F

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	7	1	7	7	7	1	7	7
2	1	1	7	1	7	7	7	1	7	7
3	1/7	1/7	1	1/7	1	1	1	1/7	1	1
4	1	1	7	1	7	7	7	1	7	7
5	1/7	1/7	1	1/7	1	1	1	1/7	1	1
6	1/7	1/7	1	1/7	1	1	1	1/7	1	1
7	1/7	1/7	1	1/7	1	1	1	1/7	1	1
8	1	1	7	1	7	7	7	1	7	7
9	1/7	1/7	1	1/7	1	1	1	1/7	1	1
10	1/7	1/7	1	1/7	1	1	1	1/7	1	1
<b>Soma</b>	4,8571	4,8571	34,0000	4,8571	34,0000	34,0000	34,0000	4,8571	34,0000	34,0000

Tabela 18. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério "Certificação" (Fonte: Própria)

Matriz F

Normalizada

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso ( $w_k$ )
1	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	21%
2	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	21%
3	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	3%
4	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	21%
5	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	3%
6	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	3%
7	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	3%
8	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	0,2059	21%
9	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	3%
10	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294	3%
<b>Soma</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabela 19. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério "Certificação" (Fonte: Própria)

Verificação da consistência dos dados

Vetor próprio ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ )	10	
IC	0,000000	
IR	1,49	
RC	0,000	Consistente

Critério: FLEXIBILIDADE

Matriz G

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	5	1	5	5	5	3	5	5
2	1	1	5	1	5	5	5	3	5	5
3	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
4	1	1	5	1	5	5	5	3	5	5
5	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
6	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
7	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
8	1/3	1/3	3	1/3	3	3	3	1	3	3
9	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
10	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1	1/3	1	1
<b>Soma</b>	4,5333	4,5333	24,0000	4,5333	24,0000	24,0000	24,0000	12,0000	24,0000	24,0000

Tabela 20. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério "Flexibilidade" (Fonte: Própria)

Matriz G

Normalizada

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso ( $w_k$ )
1	0,2206	0,2206	0,2083	0,2206	0,2083	0,2083	0,2083	0,2500	0,2083	0,2083	22%
2	0,2206	0,2206	0,2083	0,2206	0,2083	0,2083	0,2083	0,2500	0,2083	0,2083	22%
3	0,0441	0,0441	0,0417	0,0441	0,0417	0,0417	0,0417	0,0278	0,0417	0,0417	4%
4	0,2206	0,2206	0,2083	0,2206	0,2083	0,2083	0,2083	0,2500	0,2083	0,2083	22%
5	0,0441	0,0441	0,0417	0,0441	0,0417	0,0417	0,0417	0,0278	0,0417	0,0417	4%
6	0,0441	0,0441	0,0417	0,0441	0,0417	0,0417	0,0417	0,0278	0,0417	0,0417	4%
7	0,0441	0,0441	0,0417	0,0441	0,0417	0,0417	0,0417	0,0278	0,0417	0,0417	4%
8	0,0735	0,0735	0,1250	0,0735	0,1250	0,1250	0,1250	0,0833	0,1250	0,1250	11%
9	0,0441	0,0441	0,0417	0,0441	0,0417	0,0417	0,0417	0,0278	0,0417	0,0417	4%
10	0,0441	0,0441	0,0417	0,0441	0,0417	0,0417	0,0417	0,0278	0,0417	0,0417	4%
<b>Soma</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabela 21. Matriz normalizada e respectivo peso para cada fornecedor em relação ao critério "Flexibilidade" (Fonte: Própria)

Verificação da consistência dos dados

Vetor próprio ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ )	10,110588	
IC	0,012288	
IR	1,49	
RC	0,008	Consistente

**Critério: ESTABILIDADE FINANCEIRA**

**Matriz H**

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1	1	4	2	2	1	1	2	1	2
2	1	1	4	2	2	1	1	2	1	2
3	1/4	1/4	1	1/3	1/3	1/4	1/4	1/3	1/4	1/3
4	1/2	1/2	3	1	1	1/2	1/2	1	1/2	1
5	1/2	1/2	3	1	1	1/2	1/2	1	1/2	1
6	1	1	4	2	2	1	1	2	1	2
7	1	1	4	2	2	1	1	2	1	2
8	1/2	1/2	3	1	1	1/2	1/2	1	1/2	1
9	1	1	4	2	2	1	1	2	1	2
10	1/2	1/2	3	1	1	1/2	1/2	1	1/2	1
<b>Soma</b>	7,2500	7,2500	33,0000	14,3333	14,3333	7,2500	7,2500	14,3333	7,2500	14,3333

Tabela 22. Matriz de comparações entre pares de fornecedores em relação ao critério "Estabilidade Financeira" (Fonte: Própria)

**Matriz H Normalizada**

Fornecedor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Peso ( $w_k$ )
1	0,1379	0,1379	0,1212	0,1395	0,1395	0,1379	0,1379	0,1395	0,1379	0,1395	14%
2	0,1379	0,1379	0,1212	0,1395	0,1395	0,1379	0,1379	0,1395	0,1379	0,1395	14%
3	0,0345	0,0345	0,0303	0,0233	0,0233	0,0345	0,0345	0,0233	0,0345	0,0233	3%
4	0,0690	0,0690	0,0909	0,0698	0,0698	0,0690	0,0690	0,0698	0,0690	0,0698	7%
5	0,0690	0,0690	0,0909	0,0698	0,0698	0,0690	0,0690	0,0698	0,0690	0,0698	7%
6	0,1379	0,1379	0,1212	0,1395	0,1395	0,1379	0,1379	0,1395	0,1379	0,1395	14%
7	0,1379	0,1379	0,1212	0,1395	0,1395	0,1379	0,1379	0,1395	0,1379	0,1395	14%
8	0,0690	0,0690	0,0909	0,0698	0,0698	0,0690	0,0690	0,0698	0,0690	0,0698	7%
9	0,1379	0,1379	0,1212	0,1395	0,1395	0,1379	0,1379	0,1395	0,1379	0,1395	14%
10	0,0690	0,0690	0,0909	0,0698	0,0698	0,0690	0,0690	0,0698	0,0690	0,0698	7%
<b>Soma</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100%

Tabela 23. Matriz normalizada e respetivo peso para cada fornecedor em relação ao critério "Estabilidade Financeira" (Fonte: Própria)

**Verificação da consistência dos dados**

Vetor próprio ( $\lambda_{m\acute{a}x}$ )	10,036816	
IC	0,004091	
IR	1,49	
RC	0,003	Consistente

## ANEXO II – OUTPUTS MÉTODO PROMETHEE

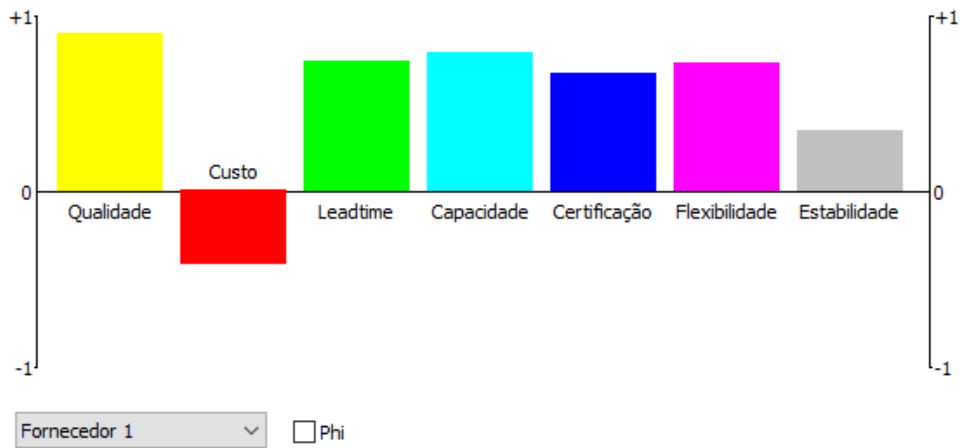


Figura 34. Action Profile Fornecedor 1 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)



Figura 35. Action Profile Fornecedor 2 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)



Figura 36. Action Profile Fornecedor 3 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

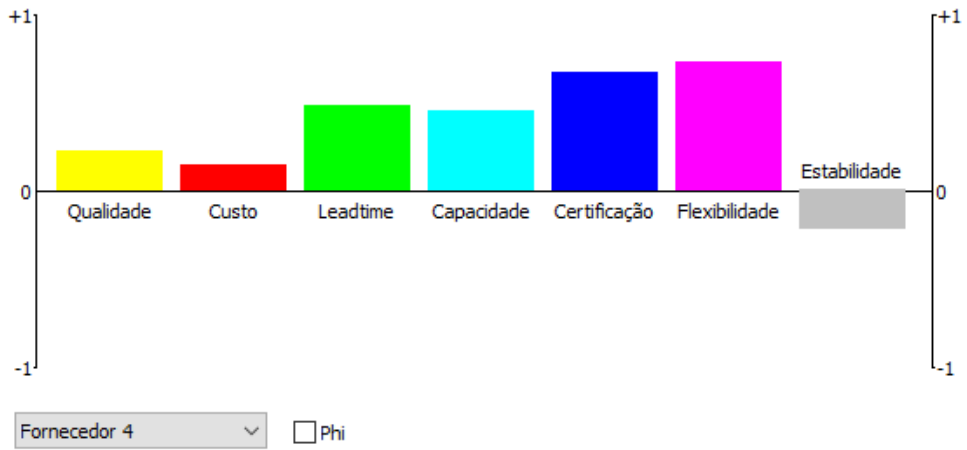


Figura 37. Action Profile Fornecedor 4 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)



Figura 38. Action Profile Fornecedor 5 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)



Figura 39. Action Profile Fornecedor 6 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)



Figura 40. Action Profile Fornecedor 7 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)

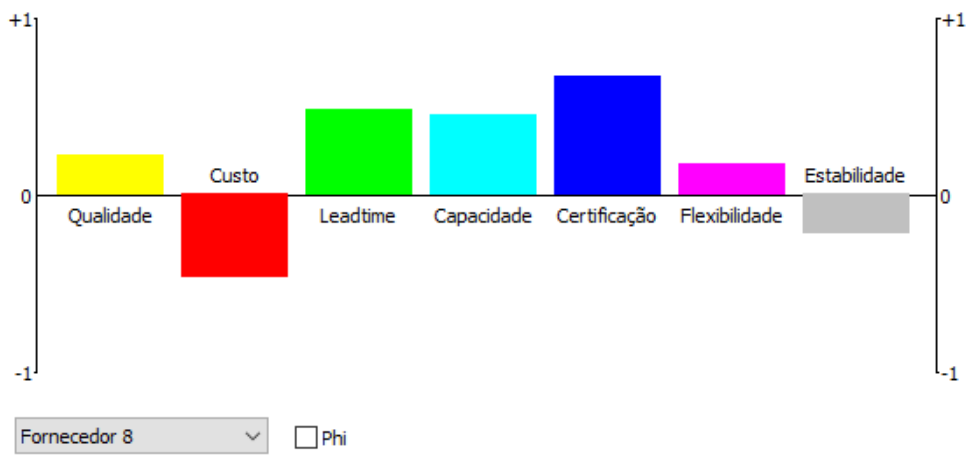


Figura 41. Action Profile Fornecedor 8 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)



Figura 42. Action Profile Fornecedor 9 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)



Figura 43. Action Profile Fornecedor 10 (Fonte: PROMETHEE-GAIA software)