

A Seleção de Fornecedores pelo Método PROMETHEE na Indústria Aeronáutica

Maria Azevedo Oliveira

Projeto apresentado ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto do Instituto Politécnico do Porto para obtenção do Grau de Mestre em Logística

Orientada pelo Professor Doutor Alfredo Silva

Esta versão contém as críticas e sugestões dos elementos do júri

Porto, maio de 2025

A Seleção de Fornecedores pelo Método PROMETHEE na Indústria Aeronáutica

Maria Azevedo Oliveira

*Projeto apresentado ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto
do Instituto Politécnico do Porto para obtenção do Grau de Mestre em Logística*

Orientada pelo Professor Doutor Alfredo Silva

Porto, maio de 2025

RESUMO

O mercado atual exige uma gestão das organizações cada vez mais eficiente nos seus processos internos, nomeadamente no processo de compras e na seleção dos fornecedores. Este processo, fundamental para a competitividade e sustentabilidade das empresas, envolve a análise de diversos critérios. Com o aumento da complexidade e a necessidade de decisões rápidas e assertivas, a utilização de softwares especializados tem vindo a revelar-se uma solução estratégica, permitindo uma avaliação mais precisa e objetiva dos fornecedores.

Neste contexto, surge o projeto desenvolvido com base numa empresa líder no setor aeronáutico, com foco no departamento de *Procurement*. O objetivo principal foi a aplicação do método PROMETHEE (Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations) para transformar significativamente o processo de seleção de fornecedores, proporcionando benefícios como o aumento da transparência e a melhoria na eficiência operacional.

A metodologia aplicada envolveu a definição de critérios de avaliação, a atribuição de pesos a esses critérios e a análise das alternativas com base nas informações disponíveis. Os resultados demonstraram que o uso do PROMETHEE não só proporcionou um *ranking* mais robusto e transparente das alternativas, como também minimizou os riscos e melhorou a qualidade da decisão em comparação com o processo tradicional.

Este trabalho evidencia a importância da utilização de métodos multicritério na seleção de fornecedores, não apenas para a indústria aeronáutica, mas também para outras áreas que necessitam de uma análise estruturada e objetiva para decisões estratégicas. A implementação do PROMETHEE contribui para a eficiência do processo de *Procurement*, oferecendo uma base sólida para decisões futuras e sugerindo direções para a aplicação do método noutros contextos organizacionais.

Palavras-chave: Logística; *Procurement*; PROMETHEE; Seleção de fornecedores.

ABSTRACT

Today's market demands that organizations manage their internal processes more and more efficiently, particularly in the purchasing process and the selection of suppliers. This process, which is fundamental to the competitiveness and sustainability of companies, involves analyzing various criteria. With the increase in complexity and the need for quick and assertive decisions, the use of specialized software has proved to be a strategic solution, allowing for a more precise and objective assessment of suppliers.

In this context, the project was developed at a leading company in the aeronautics sector, focusing on the Procurement department. The main objective was to apply the PROMETHEE method to significantly transform the supplier selection process, providing benefits such as increased transparency and improved operational efficiency.

The methodology applied involved defining evaluation criteria, assigning weights to these criteria and analyzing the alternatives based on the information available. The results showed that the use of PROMETHEE not only provided a more robust and transparent ranking of the alternatives, but also minimized the risks and improved the quality of the decision compared to the traditional process.

This work highlights the importance of using multi-criteria methods in supplier selection, not only for the aeronautical industry, but also for other areas that need a structured and objective analysis for strategic decisions. The implementation of PROMETHEE contributes to the efficiency of the procurement process, providing a solid basis for future decisions and suggesting directions for applying the method in other organizational contexts.

Keywords: Logistics; Procurement; PROMETHEE; Supplier selection.

Agradecimientos

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio de diversas pessoas, às quais expresso aqui o meu profundo agradecimento.

Gostaria de expressar a minha sincera gratidão ao Instituto Superior de Contabilidade e Administração de ensino que me acolheu ao longo desta jornada, proporcionando os recursos e o ambiente necessário para a concretização deste trabalho. Inclusive, agradeço ao meu orientador de projeto Alfredo Silva pela disponibilidade e paciência neste processo.

Aos colegas de trabalho, deixo um reconhecimento especial pelo companheirismo, incentivo e partilha de experiências que tanto contribuíram para o meu crescimento ao longo deste percurso.

À minha família e amigos, um agradecimento muito especial pela compreensão, paciência e encorajamento em todos os momentos. Sem o vosso apoio, esta etapa não teria sido possível.

A todos, o meu muito obrigada.

Lista de Siglas e Abreviaturas

CSCMP - Council of Supply Chain Management Professionals

GAIA - Geometrical Analysis for Interactive Aid

GQT - Gestão da Qualidade Total

IA - Inteligência Artificial

JIT - Just-in-time

KPI: Key Performance Indicators

MCDA - Multi-Criteria Decision Analysis

PROMETHEE - Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation

Índice

CAPÍTULO I.....	5
1. Introdução.....	5
1.1. Enquadramento	6
1.2. Objetivos.....	7
1.3. Metodologia.....	8
1.4. Estrutura.....	9
CAPÍTULO II	10
2. Fundamentação Teórica.....	10
2.1. Logística	10
2.1.1. A Evolução da Logística.....	12
2.2 A Cadeia de Abastecimento	13
2.3. Procurement.....	15
2.4. A seleção de fornecedores.....	17
2.5. Método PROMETHEE.....	19
CAPÍTULO III	23
3. Desenvolvimento do Projeto	23
3.1. Apresentação da Empresa	23
3.2. Proposta de Trabalho	26
3.2.1. Contexto Atual.....	26
3.2.2. Diagrama de <i>Ishikaw</i>	28
3.2.3. Proposta de Melhoria e Resultados	32
4. Conclusão	45
4.1. Limitações e Trabalhos Futuros.....	46
Referências Bibliográficas	48

Índice de Figuras

Figura 1: Evolução da Logística (Radivojević, G. et al. 2019)	16
Figura 2: Processo Linear de Procurement (Backstrand, J. et al. 2019)	18
Figura 3: Matriz de avaliação (Elevli,B e Ozturk, H. 2019)	24
Figura 4: Partes de um Avião (Fonte: leopardaviation)	27
Figura 5: Diagrama Circular do Ciclo de Vida da Aeronave (Fonte: Elaboração própria)	28
Figura 6: Organigrama da Empresa X (Fonte: Elaboração própria)	29
Figura 7: Diagrama de Ishikawa referente à Empresa X (Fonte: Elaboração própria)	32
Figura 8: Fluxograma da Seleção de Fornecedores com o Método PROMETHEE (Fonte: Elaboração própria)	36
Figura 9: Cálculos para Normalização de Dados	41
Figura 10: Interface do Software Visual PROMETHEE (Fonte: Visual PROMETHEE)	43
Figura 11: PROMETHEE Rainbow (Fonte: Visual PROMETHEE)	43
Figura 12: PROMETHEE GAIA (Fonte: Visual PROMETHEE)	44
Figura 13: PROMETHEE Flow Table (Fonte: Visual PROMETHEE)	45
Figura 14: PROMETHEE Diamond (Fonte: Visual PROMETHEE com adaptação)	46
Figura 15: PROMETHEE Ranking (Fonte: Visual PROMETHEE)	47
Figura 16: PROMETHEE Walking Weights (Fonte: Visual PROMETHEE)	49

Índice de Tabelas

Tabela 1: Matriz de Escolha da Empresa X (Fonte: Empresa X)	30
Tabela 2: Critérios e pesos atribuídos (Fonte: Elaboração própria)	39
Tabela 3: Matriz de Escolha da Empresa X para o Produto Z (Fonte: Empresa X)	39
Tabela 4: Dados dos Critérios de cada Fornecedor (Fonte: Elaboração Própria)	41
Tabela 5: Normalização de Dados (Fonte: Elaboração Própria)	42

CAPÍTULO I

1. Introdução

A seleção de fornecedores é uma das decisões estratégicas mais importantes dentro do processo de *Procurement*, especialmente em setores altamente exigentes como a indústria aeronáutica. A escolha adequada de fornecedores influencia diretamente a qualidade dos produtos, a pontualidade das entregas, o controle de custos e a competitividade da organização no mercado

Em muitas organizações, ainda é comum a utilização de métodos tradicionais, como matrizes de *Excel*, que, embora úteis, são frequentemente limitados pela subjetividade e pela falta de estrutura. Essa abordagem, além de depender fortemente do conhecimento prévio e da experiência dos decisores, não leva em consideração a multiplicidade de fatores que afetam a escolha de um fornecedor. Como resultado, pode haver uma falta de objetividade e uma deficiência nas decisões, principalmente quando a organização não conta com profissionais especializados em análise de fornecedores.

Neste contexto, este trabalho propõe a utilização do método PROMETHEE como ferramenta para padronizar e estruturar o processo de seleção de fornecedores. O PROMETHEE é um método multicritério que permite considerar uma variedade de fatores simultaneamente e de forma objetiva, assegurando que as decisões sejam baseadas numa análise fundamentada.

O principal objetivo deste estudo é demonstrar como a aplicação deste método pode melhorar o processo de seleção de fornecedores numa empresa do setor aeronáutico, tornando-o mais eficiente, transparente e menos dependente da subjetividade. Para isso, serão abordados aspetos como a definição dos critérios de avaliação, a atribuição de pesos a esses critérios e a análise das alternativas de fornecedores com base nas informações disponíveis.

Este trabalho também irá comparar o processo tradicional de seleção com a metodologia proposta, evidenciando os benefícios e limitações do uso do PROMETHEE e sugerindo direções para futuras aplicações desta ferramenta em diferentes contextos decisórios dentro da organização.

1.1. Enquadramento

A evolução do mercado tem sido marcada por mudanças rápidas e constantes, impulsionadas por inovações tecnológicas e mudanças nas preferências dos consumidores. Esse cenário cria um ambiente altamente competitivo entre as empresas, que necessitam de se adaptar de forma ágil para manter a sua relevância. Nesse contexto, surge a necessidade de criar novas estratégias com o objetivo de satisfazer o cliente, garantir a sustentabilidade e o crescimento das empresas no mercado.

A necessidade de satisfação do cliente é um dos principais motores que impulsionam a dinâmica do mercado. Este critério está diretamente relacionado com o papel do *Procurement*, uma vez que as empresas não só procuram produtos e serviços inovadores, mas também a otimização de processos internos. Esta área desempenha um papel crucial neste cenário, visto que não se limita apenas a ser um processo de aquisição. Este processo é responsável por garantir que a empresa tenha acesso aos melhores recursos, materiais e serviços disponíveis no mercado, ao menor custo e sem comprometer a qualidade. Num ambiente competitivo, as empresas precisam manter fornecedores estratégicos e eficientes que possam oferecer produtos e serviços que atendam às expectativas dos clientes.

Neste contexto surge o tópico abordado neste documento “A Seleção de Fornecedores pelo Método PROMETHEE na Indústria Aeronáutica”. O setor aeronáutico está na

vanguarda da inovação tecnológica e na segurança. No processo de *Procurement*, a seleção e avaliação de fornecedores desempenha um papel crucial, estratégico e altamente sensível, dada a complexidade técnica dos produtos e a responsabilidade envolvida em garantir a segurança nos voos. Desta forma, a cadeia de abastecimento neste setor é extremamente diversificada e especializada, com inúmeras empresas envolvidas no desenvolvimento e fornecimento de componentes. Esta diversidade não exige apenas uma gestão eficiente, mas também um processo rigoroso de qualificação e controlo contínuo dos fornecedores. Da mesma forma que esta produção é exigente e minuciosa, os seus fornecedores também devem estar alinhados com esses padrões elevados, atuando com transparência, inovação e qualidade.

1.2. Objetivos

O estudo pretende explorar como a gestão eficaz do *Procurement* pode contribuir para uma série de vantagens como: a redução de custos, a melhoria da agilidade e qualidade, inovação e a capacidade de atender às expectativas dos consumidores, fortalecendo a competitividade e a posição das empresas no mercado.

Este projeto tem como objetivo geral implementar e desenvolver estratégias para avaliar e selecionar os fornecedores mais adequados às diversas famílias de produtos, utilizando uma combinação de sistemas de avaliação de desempenho, análise de *rankings* e métodos de seleção ótima. O processo envolve a criação de métricas robustas para medir o desempenho dos fornecedores, considerando novos critérios como a qualidade, custo, prazos de entrega, flexibilidade, capacidade de suporte e comunicação. O intuito é otimizar a tomada de decisão na escolha dos fornecedores mais estratégicos, garantindo que a empresa possa estabelecer parcerias com aqueles que melhor se alinham com as necessidades e exigências do setor industrial em questão.

Os objetivos deste trabalho passam por transformar o processo de seleção de fornecedores, que tradicionalmente dependia de um conhecimento prévio e experiência específica dos decisores em relação aos fornecedores. A proposta é aplicar o método PROMETHEE para criar uma abordagem padronizada e objetiva, de forma a permitir que qualquer colaborador, independentemente de sua experiência no tema, possa realizar a análise de seleção de fornecedores de maneira eficaz.

O objetivo final do trabalho é quantificar uma melhoria que a empresa pode alcançar com a aplicação do método PROMETHEE na seleção de fornecedores no setor aeronáutico. Através deste método, será possível avaliar e comparar, sobretudo visualmente, diferentes fornecedores considerando múltiplos critérios. A análise dos resultados permitirá não só identificar a escolha mais vantajosa para a empresa, mas também discutir como a aplicação deste método contribui para uma tomada de decisão eficiente, assertiva e consistente.

1.3. Metodologia

No presente trabalho será adotada e aprimorada uma abordagem metodológica de pesquisa conhecida como investigação-ação. Esta metodologia integra teoria e prática, por meio da transformação e reflexão numa situação problemática concreta. A investigação-ação é um processo cíclico e iterativo que envolve a colaboração entre investigadores e profissionais, os quais participam num conjunto específico de atividades, incluindo o diagnóstico do problema, a implementação de intervenções e a reflexão sobre a aprendizagem adquirida (Avison, D. E. *et al.* 1999).

A metodologia adotada neste trabalho segue uma abordagem quantitativa e exploratória, com a utilização do método multicritério PROMETHEE para a análise e seleção de fornecedores na indústria aeronáutica. O foco principal é proporcionar uma melhoria no processo de decisão, tornando-o mais estruturado, transparente e eficiente. Após uma análise teórica fundamentada, a metodologia foi dividida nas seguintes etapas:

- i. Identificação dos critérios de avaliação e atribuição de pesos: A primeira fase consistiu na identificação dos critérios relevantes para a seleção de fornecedores, com base nas exigências específicas do setor aeronáutico, através da consulta com especialistas na área do *Procurement*. Com os critérios estabelecidos, o próximo passo foi a atribuição de pesos a cada um deles, refletindo sua importância relativa no processo de seleção.
- ii. Definição de potenciais fornecedores: Foram selecionados diversos fornecedores que atendem aos requisitos básicos da empresa. Para cada fornecedor, foram reunidas informações detalhadas em relação aos critérios definidos, utilizando

fontes como relatórios e documentação interna da empresa e avaliações de desempenho anteriores.

- iii. Aplicação do método PROMETHEE: Com os dados devidamente organizados e definidos, avançou-se para a etapa de aplicação do software. As informações foram inseridas na ferramenta, e, em seguida, foram calculadas as funções de preferência, permitindo a análise quantitativa das alternativas com base nos critérios estabelecidos.
- iv. Análise de Resultados: Os resultados foram analisados e comparados com o processo anterior e foram identificados os ganhos com a nova aplicação.

1.4. Estrutura

No primeiro capítulo, o tema foi devidamente enquadrado, destacando a importância do processo de *Procurement* dentro do contexto corporativo. A relevância da seleção de fornecedores foi ressaltada, especialmente no setor aeronáutico, onde a escolha estratégica de fornecedores é um fator determinante para a continuidade e desenvolvimento do setor. Posteriormente, foram delineados os objetivos do estudo e a metodologia utilizada no decorrer do trabalho.

No segundo capítulo, encontramos a fundamentação teórica do tema que sustenta o desenvolvimento do trabalho, com o objetivo de proporcionar uma compreensão mais aprofundada dos conceitos fundamentais relacionados com o tema em questão, tais como: a Logística, a evolução da Logística, a cadeia de abastecimento, o *Procurement*, a seleção de fornecedores e o método PROMETHEE. Este capítulo oferece uma base sólida de conhecimento essencial para fornecer ferramentas teóricas e a compreensão dos elementos que envolvem a escolha de fornecedores e a sua importância dentro do processo de *Procurement*.

No terceiro capítulo, é abordado o desenvolvimento do projeto, iniciando com uma análise detalhada do contexto atual da empresa em questão. A primeira parte dessa análise inclui uma apresentação da empresa destacando a sua posição e importância no mercado e um organograma que ilustra a estrutura organizacional da empresa. Numa segunda parte, é descrita a proposta de trabalho, detalhando o contexto atual da empresa e as propostas de melhoria, sugerindo alternativas e estratégias para otimizar a escolha de fornecedores e, conseqüentemente, aumentar a eficiência no processo de compras.

No quarto e último capítulo, são apresentadas as conclusões do trabalho, com base na análise realizada ao longo dos capítulos anteriores. Este capítulo sintetiza os principais

resultados alcançados, as reflexões mais relevantes e uma análise crítica sobre as limitações do estudo, reconhecendo os desafios enfrentados ao longo do processo. Por fim, são apontadas sugestões de melhoria para futuras investigações.

CAPÍTULO II

2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos teóricos que fundamentam o documento com ênfase na Logística. O estudo terá foco no *Procurement*, nomeadamente na importância da seleção e relação com fornecedores. Uma gestão eficiente da logística e da cadeia de abastecimento é fundamental na área do *Procurement*, pois garante o fluxo contínuo de materiais e informações, reduzindo riscos, otimizando custos e assegurando o cumprimento dos prazos e da qualidade nas suas compras.

2.1. Logística

A organização de profissionais da gestão da cadeia de abastecimento - *Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP)*, define a logística como “*part of supply chain management that plans, implements, and controls the efficient, effective forward and reverses flow and storage of goods, services and related information between the point of origin and the point of consumption in order to meet customers' requirements.*”

Globerson, S., e Wolbrum, G. (2014) afirma que a logística é a parte do processo da cadeia de abastecimento responsável por planejar, executar e controlar o fluxo de forma eficiente e eficaz, assim como o armazenamento de produtos, serviços e informações relacionadas, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, com a finalidade de satisfazer as necessidades dos clientes.

Segundo Benotmane, Z., et al. (2018), a logística pode ser entendida como um processo estratégico que envolve a colaboração e integração de diversas atividades e funções. Entre estas, destacam-se o planeamento, a implementação e a gestão do fluxo de bens desde o seu ponto de origem até ao destino final. A logística espelha a coordenação e o controlo das atividades dentro de uma rede que abrange tanto as relações internas da empresa, como as relações externas com fornecedores, parceiros e clientes (Richey, R. G. et al. 2022).

Para Milenkov, M. A. et al. (2020) a logística constitui um conhecimento que impulsiona a criação e o aprimoramento de diversas estratégias, processos metodológicos, técnicas, ferramentas e abordagens, com o objetivo de enfrentar desafios logísticos cada vez mais sofisticados. No fundo, procura-se identificar soluções práticas, eficientes e otimizadas para a gestão de sistemas e processos, com o intuito de garantir uma abordagem racional e eficaz na resolução de problemas complexos nessa área.

A missão da logística, segundo Farahani, R.Z. et al. (2009), é garantir que os materiais certos cheguem ao lugar certo no momento adequado, utilizando uma medida de desempenho específica, como a minimização dos custos, e atendendo a um conjunto de restrições estabelecidas, como uma limitação orçamentária. A questão principal é determinar como e quando os materiais brutos, semiacabados e produtos acabados devem ser adquiridos, transportados e classificados.

Os autores Demir, S. et al. (2020) afirmam que a logística constitui um dos pilares essenciais na cadeia de valor para fornecedores, fabricantes e retalhistas, visto que a competitividade no mercado depende da capacidade de garantir a entrega do produto certo, no momento certo e no local certo. O cumprimento desses requisitos tem-se tornado, progressivamente, mais desafiante à medida que as redes logísticas se tornam mais incertas e voláteis. Desta forma, as organizações procuram desenvolver novos métodos, tecnologias e serviços, uma vez que a complexidade dessas redes continua a aumentar.

A logística está a viver transformações intensivas, reformulações e desenvolvimentos de acordo com os padrões globais e as conquistas científicas e práticas. Esta é uma área que abrange diversas atividades empresariais e funcionais, complexas e de grande responsabilidade, em vários sistemas, com um alto grau de importância. Por isso, os problemas logísticos têm recebido uma atenção crescente (Milenkov, M. A. et al. 2020). Com o avanço da logística, vão surgindo desafios, e este desenvolvimento tem tido um forte impacto em diversos fatores, como mudanças estruturais, maior conscientização dos consumidores, digitalização, exigências de resiliência e uma crescente ênfase na sustentabilidade (Cantoni, F. et al. 2024). Para Bujak, A. (2015), os maiores desafios que a logística pode enfrentar são, sobretudo, a reconfiguração, integração e otimização da rede, mudanças na localização dos componentes, o planeamento do transporte e a gestão do stock.

2.1.1. A Evolução da Logística

O termo “Logística” tem raízes gregas e francesas, o que reflete a sua aplicação prática e ampla ao longo do tempo. O termo grego “*logistikos*” designava a capacidade de cálculo e de raciocínio, essencial para a gestão dos recursos, o planeamento e a organização. Já o termo francês “*logis*” está relacionado com a logística militar, especialmente durante a era de Napoleão, em que era crucial garantir que os soldados dispunham de alojamento, provisões e transporte adequado. O conceito acabou por expandir-se para além do contexto militar, abrangendo áreas do mundo dos negócios, a gestão da cadeia de abastecimento e até iniciativas humanitárias. Atualmente, a logística envolve uma ampla gama de atividades, desde a gestão de armazéns e inventários até ao transporte e a distribuição de produtos, impactando em quase todos os setores económicos ao redor do mundo (Farahani, R. Z. 2009).

O conceito de “Logística 1.0” corresponde à primeira revolução industrial, que teve início como consequência do avanço dos meios de transporte. Este período marcou a transição da produção manual para a mecanizada (Figura 1), com a descoberta e aplicação das máquinas a vapor, no final do século XVII (Amr, M. et al. 2019).

Durante a década de 60, a indústria começou a reconhecer a importância da produção em massa, a qual exigia automatização dos processos de manuseio de cargas

(Figura 2). Esta automação foi considerada uma evolução muito significativa e assim surgiu a nova denominação “Logística 2.0” (Amr, M. et al. 2019).

A terceira revolução industrial começou no final da década de 60 quando foi fabricado o primeiro robô industrial. Naquilo que toca à logística, o termo “Logística 3.0” surgiu devido à implementação de sistemas de gestão logística (Figura 1) que evoluíram todo o processo logístico (Amr, M. et al. 2019).

O termo “Logística 4.0” surgiu pela primeira vez em 2011 e é atualmente reconhecida como sendo a digitalização dos processos e atividades de produção (Figura 1). As indústrias apresentam processos e atividades automatizados, operações comerciais digitais e suporte informacional a todos os níveis organizacionais, incluindo parceiros comerciais, fornecedores, compradores e o mercado. No fundo, esta é uma área que tem vindo a adaptar-se e a evoluir consoante as mudanças sociais, industriais e, sobretudo, tecnológicas (Radivojević, G. et al. 2019).

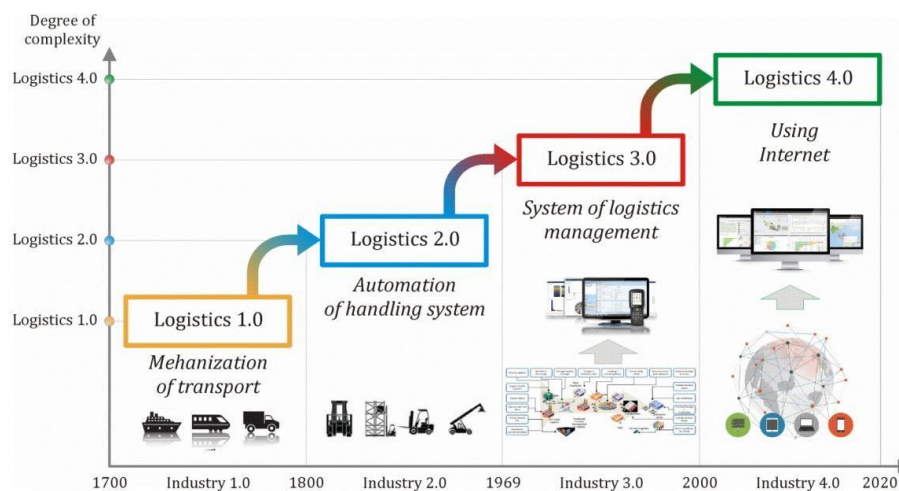


Figura 1: Evolução da Logística (Radivojević, G. et al. 2019)

Segundo Demir, S. et al. (2020), a Logística 4.0 assume-se como sendo um sistema sofisticado, integrado por diversas tecnologias emergentes e interconectadas que são capazes de se comunicar entre si. Este sistema tem como principal objetivo garantir as necessidades dos consumidores e garantir o cumprimento das exigências cada vez mais complexas das operações logísticas. Desta forma, a Logística 4.0 como parte integrante da Indústria 4.0, possibilita a criação de novos modelos de negócio.

2.2.A Cadeia de Abastecimento

A Cadeia de Abastecimento é definida como uma rede de entidades empresariais interligadas e envolvidas em diversos processos e atividades complexas com fluxos

ascendentes e descendentes, com o objetivo de entregar valor aos clientes, seja na forma de bens físicos, serviços ou ambos. Desta forma, a multidimensionalidade que existe numa cadeia de abastecimento tem a necessidade de ser otimizada (Samaranayake, 2005).

Os autores Rolf, B. et al. (2023) referem que as cadeias de abastecimento são projetadas principalmente com o objetivo de minimizar os custos totais. Elas são estruturadas de forma a eliminar atividades e recursos que não agregam valor através de sistemas como o Lean para que seja mais eficiente e focada apenas nas operações que contribuem para entregar valor ao cliente. Neste sentido, uma cadeia de abastecimento moderna e direcionada para o futuro, está cada vez mais interconectada, opera com prazos rigorosos e executa atividades a distâncias maiores, de forma a que as expectativas do cliente sejam atingidas (Bujak, A., 2015).

As indústrias nem sempre exercem controlo total nos seus processos, os fatores externos podem prevalecer, resultando em alterações imprevistas. A cadeia de abastecimento, como alicerce de qualquer empresa, é, sem dúvida, um dos componentes mais importantes da indústria. No entanto, nos últimos anos, as cadeias globais foram fortemente impactadas por eventos como a pandemia de COVID-19, guerras comerciais e as tensões geopolíticas em curso que evidenciaram a vulnerabilidade das cadeias de abastecimento (Xu, L. et al. 2024).

O planeamento e controlo em ambientes cada vez mais complexos e incertos, são essenciais para garantir a entrega aos clientes finais com o mínimo de atrasos e interrupções, evitando custos desnecessários e assegurando a continuidade dos negócios. As empresas começaram a reavaliar as suas estratégias logísticas e a procurar alternativas que pudessem mitigar os impactos de futuras crises (Rolf, B. et al. 2023). As empresas de logística, ao gerirem a cadeia de abastecimento, são capazes de operar em ambientes competitivos, o que culmina na oferta de valores atrativos para os destinatários dos serviços. Contudo, devido à sua complexidade, os processos relacionados ao transporte tornam-se extremamente vulneráveis a qualquer fator externo (Pisarski, P. et al. 2023). Deste modo, a resiliência da cadeia de abastecimento tem se tornado um fator crucial no cenário atual, as empresas necessitam de garantir que as suas operações podem não só enfrentar desafios inesperados, mas também recuperar-se rapidamente e manter a continuidade dos processos. Este conceito de resiliência refere-se à capacidade da cadeia de abastecimento de se adaptar de forma eficiente para eventos imprevistos, responder a interrupções e retomar as operações garantindo a continuidade das mesmas com o nível desejado de interconexão e controlo (Ponomarov, S. Y., e Holcomb, M. C., 2009).

2.3. Procurement

O processo de *Procurement* é considerado um conjunto de ações necessárias para a aquisição competitiva de produtos e serviços. Este sistema inclui a identificação e desenvolvimento de requisitos, planejamento, elaboração de orçamentos, processos de licitação e condução de negociações contratuais. Cada uma dessas fases é essencial para garantir que os recursos adquiridos atendam às necessidades da organização (Aulia, D., e Isvara, W., 2021).

Para Hasim, S. et al. (2018) o *Procurement* representa o processo de obtenção de bens e serviços, que abrange desde a elaboração e análise de uma requisição até ao recebimento e a validação da fatura para pagamento. A principal missão do departamento de compras é fornecer à organização a quantidade adequada do produto certo, no momento certo, e a custos competitivos. As boas práticas no processo de *Procurement* aumentam a rentabilidade das empresas através de descontos por quantidade e tendo fornecedores de qualidade.

“*Procurement* can be considered a critical process in supply chain management since it can provide novel opportunities for supply chains to improve their efficiency and effectiveness.” (Jahani, N. et al. 2021).

O modelo ilustrado na Figura 2 é reconhecido como um processo linear de *Procurement* no qual está também integrado o processo de compras. Este processo está estruturado como uma sequência de oito etapas referentes ao *Procurement* e seis etapas de compras, esta última dividida em duas partes: tática (especificação, seleção e contratação) e operacional (pedidos, controlo e avaliação) (Bäckstrand, J. et al. 2019).

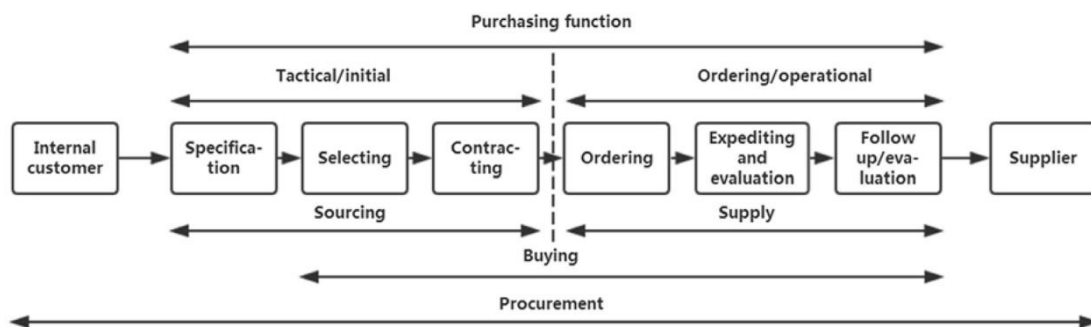


Figura 2: Processo Linear de Procurement (Backstrand, J. et al. 2019)

O papel do *Procurement* nas empresas é cada vez mais fulcral, segundo Kakwezi, P., e Nyeko, S. (2019), a necessidade de adotar métodos coerentes para o desempenho da função de compras, nunca foi tão urgente como agora. O atraso na implementação de

estratégias agravará o desempenho do negócio, a perda de profissionais, e levará a custos desnecessários.

De forma crescente, o *Procurement* assume um papel estratégico central nas organizações, uma vez que as empresas, atualmente, alocam mais de 50% das suas receitas na aquisição de bens e serviços provenientes de fornecedores. Nesse contexto, esta função exerce um impacto direto sobre a rentabilidade da organização. Contudo, não se restringe à racionalização dos custos, mas também desempenha uma contribuição significativa para o valor gerado pela empresa (Guida, M. et al. 2023). À medida que a economia global se torna cada vez mais competitiva, a manutenção e rentabilidade dessa competitividade depende cada vez menos da capacidade de aumento de preços. As empresas competem na inovação de produtos, na qualidade e tempos de resposta curtos (Puschmann, T., e Alt, R., 2005).

Segundo Bode, C. et al. (2022), atualmente, numa empresa, o processo de *Procurement* enfrenta o desafio de identificar novas tendências e tecnologias, tornandoas aplicáveis, de modo a gerar uma contribuição significativa para o sucesso do modelo de negócios. Esta função desempenha um papel caracterizado por um elevado grau de flexibilidade, com o objetivo de se adaptar a um ambiente dinâmico e em constante transformação. Igualmente, à medida que a velocidade dos processos de compras aumenta, as decisões são tomadas de forma mais ágil, o que leva a um alto nível de responsabilidade e autonomia para os colaboradores. Uma vez que as responsabilidades se tornam mais complexas, para uma equipa de *Procurement*, é crucial possuir altas habilidades de comunicação, conhecimentos de tecnologia da informação e disposição para mudanças.

Considerando que os departamentos de *Procurement* possuem uma natureza fortemente analítica, a adoção da inteligência artificial (IA) pode ser o fator determinante para aprimorar ainda mais os processos de compras, oferecendo melhorias significativas em diversas áreas. A IA pode otimizar a análise de dados, automatizar tarefas repetitivas e fornecer *insights* estratégicos, possibilitando uma gestão mais eficiente, ágil e eficiente dos recursos e das operações e fornecer transparência nos processos (Guida, M. et al. 2023).

2.4. A seleção de fornecedores

A seleção de fornecedores é uma das questões mais importantes na tomada de decisão dentro da gestão da cadeia de abastecimento. Este é um processo fundamental para melhorar a competitividade da empresa e exige a avaliação de diferentes fornecedores alternativos, com base em diversos critérios. O objetivo da seleção de fornecedores é identificar aquele que é o fornecedor mais adequado, que tem capacidade de oferecer os produtos ou serviços com a qualidade e quantidade necessárias, pelo preço justo, no menor tempo de entrega, aumentando a satisfação dos clientes e fortalecendo a competitividade. Por estas razões, este processo é, cada vez mais, um foco essencial nas organizações (Taherdoost, H., e Brard, A., 2019).

Thiruchelvam, S. e Tookey, J. E. (2011) afirmam que o desenvolvimento de um sistema adequado de avaliação de fornecedores tornou-se essencial para a construção de uma cadeia de abastecimento eficiente. O sucesso das atividades de subcontratação depende, em grande medida, da escolha bem-sucedida dos fornecedores. Assim, a definição dos critérios de decisão apropriados, juntamente com a adoção da técnica de tomada de decisão mais adequada, é fundamental para a identificação do fornecedor ideal.

As empresas, impulsionadas pela crescente participação dos fornecedores no desempenho geral do comprador, tornaram-se mais exigentes nas suas escolhas, resultando na adoção de métodos e critérios de avaliação no processo de decisão. A complexidade da decisão estimula a procura por novas ferramentas e técnicas para selecionar fornecedores (Viana, J. C., e Alencar, L. H., 2012).

Segundo Flynn, B. et al. (2010), a integração de fornecedores estratégicos na cadeia de abastecimento resulta em melhorias substanciais no desempenho operacional, incluindo a redução de prazo de entrega, o aprimoramento da qualidade e a obtenção de economias de custo.

Para Yoon, J. et al (2018), tradicionalmente, a seleção de fornecedores concentrase principalmente no custo, contudo, nos últimos anos, a atenção também tem sido direcionada para outros fatores relevantes, como qualidade, prazo de entrega, flexibilidade e sustentabilidade social e ambiental. Os autores Viana, J. C., e Alencar, L. H., (2012) afirmam que para além do preço, qualidade e prazos de entrega, existem outros critérios que as empresas devem ter em consideração, nomeadamente a capacidade tecnológica, compromisso, credibilidade, cultura organizacional e histórico de desempenho. Em adição, Pal, O. et al. (2013) referem que, à medida que as empresas perceberam que a priorização exclusiva do preço como único critério para a escolha de

fornecedores não se mostrava eficiente, começaram a adotar uma abordagem mais abrangente, que considera múltiplos critérios na seleção de fornecedores. Estes múltiplos critérios têm vindo a evoluir de uma forma complexa, uma vez que as inquietações ambientais, sociais, políticas e, sobretudo, a satisfação do cliente, foram acrescentadas aos fatores tradicionais de qualidade, entrega e custo de serviço.

A capacidade das organizações de responder às necessidades dos seus clientes está cada vez mais vinculada à qualidade dos produtos e serviços fornecidos pelas empresas contratadas. Dessa forma, a procura por fornecedores altamente qualificados e, especialmente, aptos a oferecer suporte eficaz às estratégias organizacionais, torna-se cada vez mais significativa (Viana, J. C., e Alencar, L. H., 2012).

A cadeia de abastecimento, progressivamente, tem-se tornado mais complexa e globalizada, o que leva a um crescimento da dependência nos seus fornecedores. Este cenário acarreta uma série de imprevistos, tornando a seleção de fornecedores uma tarefa mais crucial e desafiadora comparativamente ao passado (Yoon, J. et al. 2018).

Gradualmente, as empresas estão mais dependentes de fornecedores para disponibilizarem bens e prestar serviços que, no passado, eram oferecidos internamente. Esse movimento visa a especialização das organizações, permitindo-lhes concentrar esforços e recursos nas suas “*core competencies*” (Thiruchelvam, S., e Tookey, J. E., 2011).

A cooperação e a estabilidade da relação com fornecedores podem tornar o processo de compra mais eficiente, permitindo a aquisição de bens e serviços a preços mais reduzidos. Para além disso, essa colaboração faz com que o comprador se torne mais competitivo no mercado (Joshi, S. P. et al., 2018).

Kim, S. T. et al. (2020) afirmam que em resposta à globalização e às transformações no mercado, grande parte das empresas procuram estabelecer relacionamentos sólidos com os seus parceiros comerciais, uma vez que, frequentemente é difícil uma única empresa obter todos os recursos necessários para enfrentar ambientes em constante mudança.

A discussão dos critérios necessários num processo de seleção pode ser dividida em três grupos distintos que caracterizam as fases do trabalho com o fornecedor: **a) préqualificação:** Uma primeira fase envolve clarificar os critérios objetivos e não discriminatórios usados pelo comprador para limitar o número de potenciais fornecedores, de modo a garantir que os participantes tenham a capacidade de entregar o produto ou

serviço desejado; **b) seleção:** Durante a avaliação das propostas, a seleção dos fornecedores é baseada em critérios objetivos e não discriminatórios, que permitem escolher o fornecedor final. Os critérios devem ser mensuráveis e claros; **c) Avaliação:** Na fase de execução, os critérios de avaliação estão relacionados ao desempenho do fornecedor, medindo a execução do trabalho e a conformidade com os requisitos do projeto (Głodziński, E., e Szymborski, M., 2024).

Historicamente, a seleção de fornecedores era considerada uma tarefa relativamente simples, no entanto, segundo Thiruchelvam, S., e Tookey, J. E. (2011), o processo é, cada vez mais, prejudicado por diversas dificuldades, como o número crescente de fornecedores potenciais; o aumento de qualidades requeridas; o aumento de situações que influenciam a relevância das características específicas do fornecedor e a dificuldade em identificar e definir parâmetros de seleção de fornecedores.

2.5. Método PROMETHEE

A seleção adequada de fornecedores é primordial para o processo de *Procurement*, representando uma significativa oportunidade para as empresas otimizarem custos ao longo da sua cadeia de abastecimento. A adoção de métodos apropriados contribui de forma eficaz para a redução dos riscos e potencializa o número de fornecedores *Just-intime*¹ (JIT) e aprimora a produção como foco na Gestão da Qualidade Total (GQT) (Pal, O. et al. 2013).

Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) é uma área de estudo de apoio à decisão aplicada em diversos setores. O seu principal objetivo é resolver problemas que envolvem a consideração de múltiplos critérios, tanto qualitativos como quantitativos. Por outras palavras, estes métodos foram desenvolvidos para ajudar os gestores a

tomarem decisões mais assertivas, avaliando múltiplas alternativas ou ações que são avaliadas em função de um conjunto de critérios contraditórios (El Beggar, O. 2018).

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*) foi concebido por Brans e Vincke em 1985 como sendo uma metodologia de Métodos e Apoios à Decisão Multicritério. O principal objetivo deste

¹ Abordagem de gestão de produção e logística que visa minimizar o stock e reduzir desperdícios.

método é ser tão facilmente compreendido quanto possível pelo decisor e facilitar a solução da problemática de multicritérios, considerando simultaneamente critérios alargados e relações de *outranking*² (Brans, J.P. e Vincke, P. 1985). Este método também tem como finalidade encontrar a melhor alternativa e melhor classificação de algumas alternativas através de uma comparação entre pares (Yu, S. Y. et al. 2019).

O estágio inicial de um processo de avaliação consiste na definição de critérios. Na escolha desses critérios, é fundamental que estes sejam definidos de forma clara, abrangente (de modo a contemplar todos os aspetos relevantes para a tomada de decisão) e devem ser não redundantes, para evitar a duplicação de elementos. Este método conta com um extenso suporte informático para a gestão de dados, nomeadamente a visualização e comparação de cenários, bem como a análise dos efeitos resultantes de diferentes ponderações, critérios e funções preferenciais. (Zobeidi, T., et al. 2024).

O propósito desta abordagem é oferecer uma classificação para um conjunto limitado de alternativas, permitindo a seleção e ordenação dessas alternativas com base em diversos critérios. Este método de classificação utiliza fluxos de preferências positivas e negativas para cada alternativa, organizando-as conforme os critérios previamente definidos e que, posteriormente, são avaliados numa matriz de decisão (Zorlu, K. e Dede, V. 2023). A família PROMETHEE inclui as seguintes abordagens (da Cunha, R. A., et al. 2022):

- *PROMETHEE-I*: Gera um *ranking* parcial das alternativas, significando que estabelece uma hierarquia de preferências, mas nem todas as alternativas são comparáveis entre si em termos de preferência direta.
- *PROMETHEE-II*: Estabelece um *ranking* completo, uma vez que a incomparabilidade não é admitida.

-
- *PROMETHEE-III*: Fornece uma ordem por intervalos para trabalhar com limites variáveis.
 - *PROMETHEE-IV*: É uma generalização do *PROMETHEE-II*, para um conjunto infinito de alternativas.
 - *PROMETHEE-V*: Amplia o *PROMETHEE-II* e é adequado para um subconjunto de alternativas.

² Técnica utilizada para representar preferências e relações complexas entre alternativas.

- *PROMETHEE-VI*: Auxilia o decisor a determinar os pesos dos critérios que melhor exprimem a sua preferência.
- *PROMETHEE-GAIA*: Atua como um suporte de análise gráfica para a metodologia *PROMETHEE*.
- *PROMETHEE GDSS*: Ajuda na tomada de decisões que envolvem um grupo de decisores.

Os vários métodos de *PROMETHEE* baseiam-se na comparação de alternativas entre pares, $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ para cada critério $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$. Consequentemente, é fundamental elaborar uma matriz de avaliação, conforme a figura 3, onde: $f_i(a_j)$ representa a performance da alternativa i no critério j , m representa o número de alternativas e n o número de critérios. Contudo, existem duas informações fundamentais para aplicar neste método. Primeiramente, é necessário definir a importância relativa a cada critério, ou seja, os pesos ou prioridades a eles atribuídos. Segundamente, é importante utilizar a função de preferência, de modo a comparar a contribuição das diferentes alternativas em relação a cada critério (Elevli, B., e Ozturk, H. 2019).

$$DM = \begin{bmatrix} f_1(a_1) & f_1(a_2) & f_1(a_3) & \dots & f_1(a_n) \\ f_2(a_1) & f_2(a_2) & f_2(a_3) & \dots & f_2(a_n) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_m(a_1) & f_m(a_2) & f_m(a_3) & \dots & f_m(a_n) \end{bmatrix}$$

Figura 3: Matriz de avaliação (Elevli, B e Ozturk, H. 2019)

Segundo Longsheng, C. e Shah, S. A. A. (2025), o método *PROMETHEE* é utilizado para classificar as alternativas com base no seu desempenho. Ao utilizar funções de preferência, este método compara o desempenho das alternativas em diversos critérios, gerando uma classificação estruturada. Para além disso, esta abordagem permite uma avaliação precisa da importância de cada critério. As utilizações de funções de preferência oferecem maior flexibilidade na análise de compromissos entre os critérios. Por exemplo, os resultados visuais do método *PROMETHEE-GAIA* (Preference Ranking Organization Method and Geometrical Analysis for Interactive Aid), proporcionam uma visão clara e intuitiva de desempenhos e comparações em relação a critérios específicos.

Para Mareschal, B. e De Smet, Y. (2009) as técnicas *PROMETHEE* e *GAIA* são utilizadas em decisões multicritério que fazem parte da família dos métodos de *outranking*. O *PROMETHEE* é um método prescritivo, ou seja, fornece ao decisor uma classificação das alternativas com base em vários critérios, que frequentemente são contraditórios entre si. Por outro lado, o *GAIA* é um método descritivo, uma vez que ajuda

a identificar características importantes do problema de decisão, orientando o decisor a entender as suas preferências e tomar uma decisão final.

O GAIA é uma ferramenta geométrica que utiliza o plano GAIA para facilitar a compreensão dos resultados obtidos. O objetivo desse método é representar visualmente, de forma bidimensional, as preferências e os resultados do decisor (Zorlu, K., e Dede, V. 2023). A principal vantagem do PROMETHEE-GAIA é a permissão de visualizar a relação entre cada ação ou alternativa de decisão e oferecer uma base quantitativa para uma tomada de decisão mais flexível (Yu, S. Y. et al. 2019).

CAPÍTULO III

3. Desenvolvimento do Projeto

Este capítulo tem como objetivo realizar uma apresentação da empresa e, posteriormente, uma análise do contexto atual em que o estudo está inserido. Para isso, serão utilizadas ferramentas de análise, nomeadamente o método PROMETHEE. Com este método, serão evidenciadas melhorias e soluções para uma seleção ótima de fornecedores e apoio à decisão na indústria aeronáutica.

3.1. Apresentação da Empresa

O presente trabalho está a ser desenvolvido com base numa empresa líder no setor da indústria aeronáutica, denominada por “Empresa X”, por motivos de sigilo. Esta indústria é reconhecida globalmente pelo seu impacto na produção, *design* e manutenção de aeronaves comerciais e de sistemas de defesa. A empresa em questão possui um vasto portefólio de produtos inovadores e está comprometida com o avanço tecnológico, com especial foco na eficiência operacional, segurança e sustentabilidade. A Empresa X localiza-se na cidade do Porto e dedica-se à produção de componentes aeronáuticos, mais concretamente, a fuselagem frontal e central do avião (Figura 4), que remete à estrutura principal, ou seja, o “corpo” da aeronave. A fuselagem é responsável por suportar as forças

aerodinâmicas durante o voo e garantir a integridade estrutural do avião. Estes painéis são projetados para serem fortes e leves, utilizando materiais como titânio, alumínio e compósitos para equilibrar a resistência e eficiência e, sobretudo, para garantir segurança.

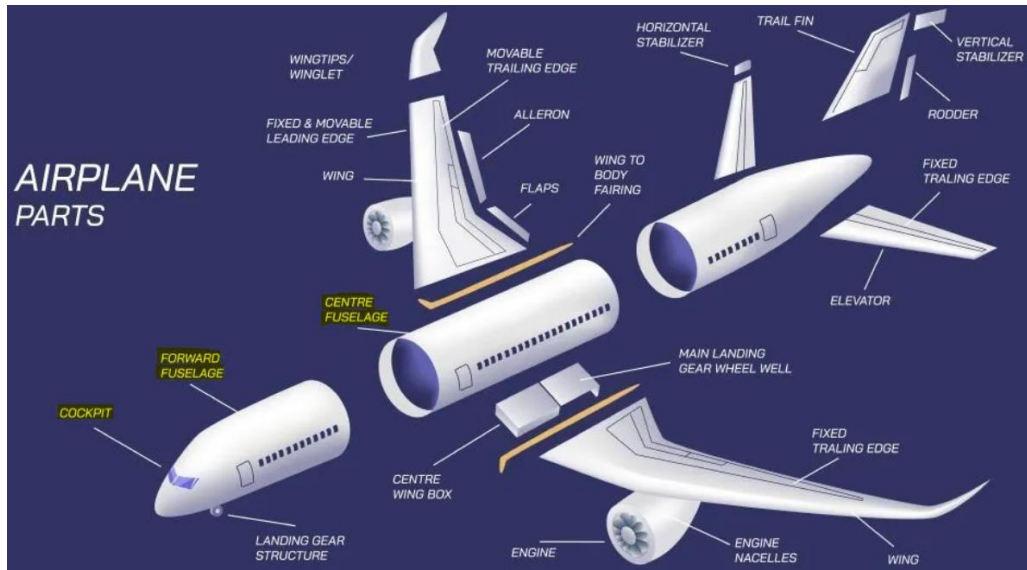


Figura 4: Partes de um Avião (Fonte: leopardaviation)

Os principais objetivos empresariais da Empresa X são estabelecer-se como referência no desenvolvimento de produtos e serviços de última geração, liderar um ecossistema de mudança no setor com foco na descarbonização da aviação e consolidarse como uma organização comprometida com valores sólidos.

A indústria aeronáutica está em constante inovação e é primordial no mundo global. Este setor está na vanguarda da inovação tecnológica e na segurança. No processo de *Procurement*, a seleção e avaliação de fornecedores desempenha um papel crucial, dada a complexidade técnica e a escala de produção necessária para fabricar e manter aeronaves. A cadeia de abastecimento neste setor é extremamente diversificada e especializada, com inúmeras empresas envolvidas no desenvolvimento e fornecimento de componentes. Da mesma forma que esta produção é exigente e minuciosa, os seus fornecedores também devem corresponder a esses padrões elevados.

Este contexto é muito relevante para o presente trabalho, visto que a Empresa X procura constantemente inovação e eficiência em diversos aspetos, incluindo o processo de seleção de fornecedores. A escolha de parceiros estratégicos desempenha um papel crucial em cada etapa do ciclo de vida da aeronave, desde o *design* e desenvolvimento até à sua desmontagem (Figura 5). O fornecedor tem um grande peso e responsabilidade no fornecimento de componentes e todos os serviços de manutenção associados, uma vez que cada operação garante a eficiência, qualidade e, sobretudo, segurança ao longo de toda a vida útil do produto.

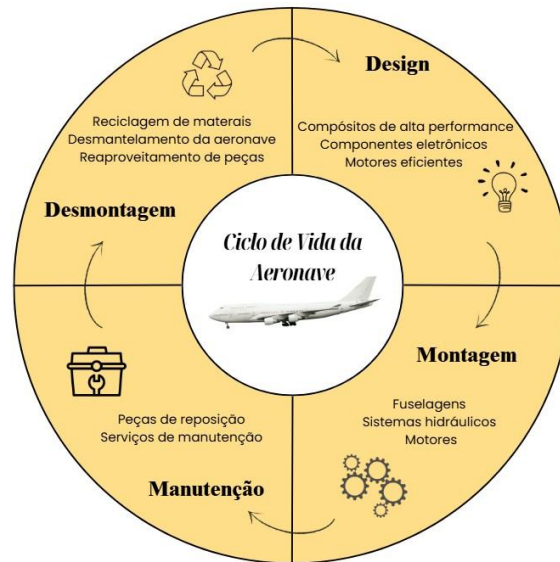


Figura 5: Diagrama Circular do Ciclo de Vida da Aeronave (Fonte: Elaboração própria)

Atualmente, a empresa conta com cerca de 450 colaboradores e a sua estrutura organizacional, neste caso de estudo, caracteriza-se como uma estrutura funcional, composta por diversos departamentos e, posteriormente, por funções. Esta organização está definida de acordo com as áreas de formação de cada colaborador, fomentando a especialização e aprimorando a eficiência do trabalho em cada setor.

A divisão por funções (Figura 6) é uma estratégia de organização empresarial que procura otimizar a eficiência colocando profissionais com habilidades e conhecimentos específicos no mesmo setor. Ou seja, facilita o controle, coordenação e a especialização dentro de cada função, permitindo que cada departamento se concentre na sua área de expertise e proporcione clareza na responsabilidade de cada um. Este tipo de estrutura favorece uma comunicação interna mais eficiente e uma maior colaboração entre os departamentos, o que não só aprimora o desempenho individual, mas também facilita a integração de novos colaboradores. Como resultado, a Empresa X mantém um elevado padrão de excelência na produção e serviços, assegurando a competitividade no setor aeronáutico.

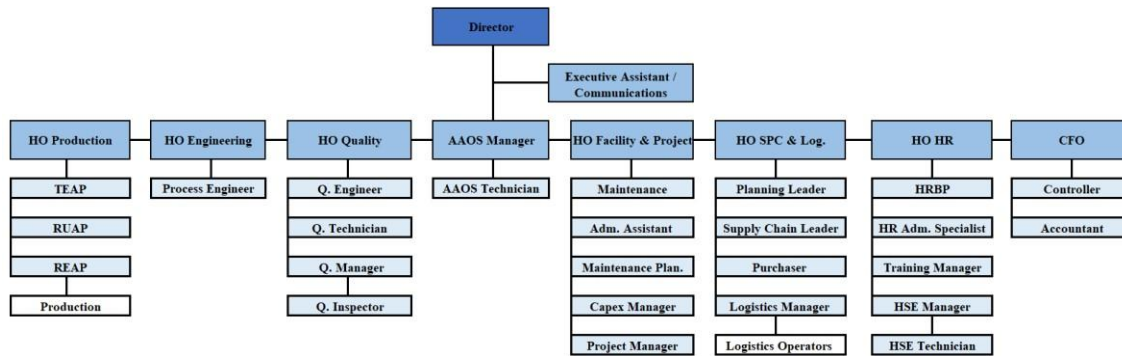


Figura 6: Organograma da Empresa X (Fonte: Elaboração própria)

3.2. Proposta de Trabalho

Este capítulo tem como objetivo fornecer uma visão clara do estado atual da empresa e identificar as oportunidades de melhoria nos processos internos relacionados à seleção de fornecedores. Através de uma abordagem estruturada, a proposta de melhoria visa oferecer um direcionamento estratégico para o aprimoramento contínuo dos processos.

Primeiramente, foram detalhados os desafios que a Empresa X enfrenta atualmente através de ferramentas de análise, nomeadamente, o método de *Ishikawa* que permitiu mapear as principais causas subjacentes da ineficiência do processo seletivo de fornecedores.

Com base nesta análise, foi estruturada uma proposta de melhoria que inclui a utilização do método PROMETHEE, que visa aumentar a transparência, eficiência e qualidade na escolha correta dos parceiros comerciais da Empresa X.

3.2.1. Contexto Atual

Atualmente, o processo de seleção de fornecedores da Empresa X segue um modelo bastante tradicional e pouco estruturado, baseado na utilização de uma matriz de escolha padrão (Tabela 1), desenvolvida através da ferramenta *Excel*. Este modelo, embora funcional, é muito subjetivo e restrito a critérios vagos, e, em algumas situações, apresenta limitações significativas que comprometem a transparência na tomada de decisões.

Supplier 1				Supplier 2				Supplier 3			
Description	Qtt	Unit price	Total cost	Description	Qtt	Unit price	Total cost	Description	Qtt	Unit price	Total cost
Product X	1	280,00 €	5 880,00 €	Product X	1	300,00 €	6 300,00 €	Product X	1	250,00 €	5 250,00 €
			- €				- €				- €
			- €				- €				- €
			- €				- €				- €
			- €				- €				- €
TOTAL			5 880,00 €	TOTAL			6 300,00 €	TOTAL			5 250,00 €
Rating from 1 to 5				Rating from 1 to 5				Rating from 1 to 5			
Adhesion		5		Adhesion		5		Adhesion		5	
Cost consistency		4		Cost consistency		4		Cost consistency		5	
Technical consistency		4		Technical consistency		5		Technical consistency		5	
Consistency Deadline		5		Consistency Deadline		5		Consistency Deadline		5	
Accumulation of points		18		Accumulation of points		19		Accumulation of points		20	

Tabela 1: Matriz de Escolha da Empresa X (Fonte: Empresa X)

Os critérios que estão definidos e padronizados são: a adesão ao pedido de orçamento/cotação, ou seja, se o fornecedor demonstra interesse em participar no processo de seleção; a consistência de custo, de acordo com a competitividade das outras ofertas; a consistência técnica, ou seja, se todos os elementos técnicos estão de acordo com o que foi pedido e o mais adequado; e por fim, a consistência de limite de tempo, se todas as cotações foram entregues no período de tempo pré-definido. Na matriz podemos verificar que o preço é um fator muito relevante, encontrado em grande plano, isto significa que, muitas vezes, as decisões são tomadas somente com base no preço.

O método de cálculo passa por utilizar a Escala de *Likert*, de uma forma generalista e subjetiva. A Escala de *Likert* foi desenvolvida por Rensis Likert em 1932, sendo conhecida como uma ferramenta utilizada em pesquisas com o objetivo de medir atitudes, opiniões ou percepções de uma variável qualitativa sobre determinado tema (Canto de Gante, Á. G., et al. 2020). A matriz é apresentada com uma escala de 1 a 5 pontos, na qual 5 representa o valor máximo e mais positivo no critério determinado.

Como mencionado anteriormente, a figura 7 apresenta uma matriz que ilustra uma situação de seleção do fornecedor mais adequado. Nessa situação, estão disponíveis três fornecedores para fornecer o Produto X. Através da aplicação da Escala de *Likert*, concluiu-se que o fornecedor 3 seria a melhor opção, destacando-se em relação aos outros fornecedores, particularmente em relação ao custo e à parte técnica. No entanto, é importante destacar que, no contexto atual, a avaliação não é baseada exclusivamente em critérios rigorosos ou métricas quantificáveis, mas sim numa percepção geral do desempenho ou da qualidade, podendo variar consoante a interpretação individual de cada colaborador.

Neste sentido, seria recomendável que os critérios de avaliação fossem melhor definidos e ponderados, utilizando métodos mais robustos, como o método *PROMETHEE*. Este método permite uma análise mais detalhada, visual e precisa, levando

em consideração diferentes critérios de forma ponderada e evitando a simplificação de uma matriz no *Excel*. Ao adotar uma abordagem mais estruturada, seria possível obter uma avaliação mais objetiva, justa e consistente, garantindo uma escolha mais assertiva. A matriz de escolha atual não permite uma avaliação comparativa entre fornecedores, especialmente em casos onde as diferenças entre as alternativas são pequenas ou os fornecedores apresentam desempenhos próximos. Este cenário leva a uma dificuldade em priorizar as melhores opções. Em suma, as limitações evidenciam a necessidade de uma abordagem capaz de considerar múltiplos critérios de forma objetiva, com maior transparência e menos dependência de percepções subjetivas.

3.2.2. Diagrama de *Ishikawa*

O Diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como diagrama “Causa-Efeito” ou “Espinha de Peixe” foi introduzido pelo professor japonês Kaoru Ishikawa na década de 1960. O seu objetivo é identificar, de forma visual, as possíveis causas que levam a um efeito específico e, posteriormente, tomar medidas concretas (Botezatu, C., *et al.* 2019).

O diagrama é uma representação visual que mostra, de forma esquemática, as relações entre um resultado específico e as suas causas. O efeito ou problema analisado é representado como a “cabeça do peixe”, enquanto as causas potenciais são representadas pelas “estruturas ósseas do peixe”. Ou seja, a técnica utiliza uma abordagem que reflete sobre todas as causas possíveis de um problema e ajuda a efetuar uma análise da situação. Existem quatro passos para utilizar esta ferramenta (Liliana, L. 2016):

1. Identificar o problema.
2. Identificar os principais fatores envolvidos.
3. Identificar as causas possíveis.
4. Analisar o diagrama.

As causas são, normalmente, agrupadas em categorias para identificar fontes de variação, conhecidas como 6Ms: Mão de obra; Métodos; Máquinas; Materiais; Medidas; Meio ambiente.

Neste contexto, foi elaborado o Diagrama de *Ishikawa* referente à Empresa X (Figura 7), de modo a identificar as causas e efeitos do problema da seleção de fornecedores, de uma forma mais detalhada.

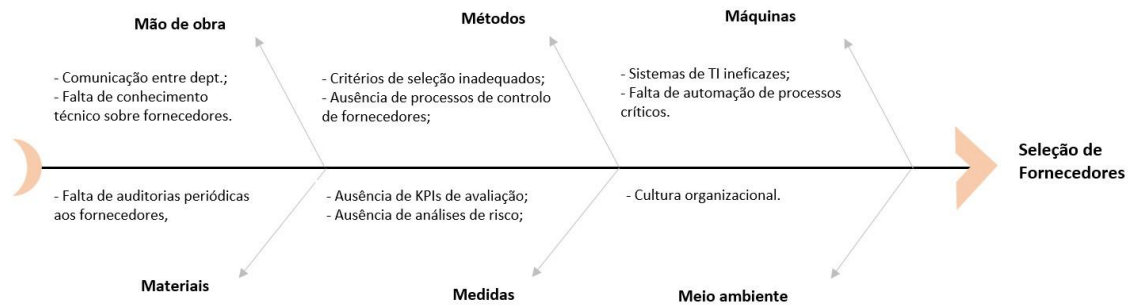


Figura 7: Diagrama de Ishikawa referente à Empresa X (Fonte: Elaboração própria)

Mão de obra:

Comunicação entre departamentos: A falta de comunicação eficiente entre os diversos departamentos (produção *versus* compras) leva a erros nos pedidos ou expectativas não atendidas, como por exemplo, a ruturas na produção e falhas na entrega vão gerar uma insatisfação mútua.

Falta de conhecimento técnico sobre fornecedores: A falta deste tipo de conhecimento afeta diretamente a relação e confiança com o fornecedor e, posteriormente, a produção. Este problema pode resultar em escolhas erradas de parceiros comerciais, o que pode afetar diretamente a qualidade final do produto, custos e prazos de entrega.

Métodos:

Critérios de seleção inadequados: Não existe um processo ou critérios estruturados para a seleção de fornecedores para garantir eficiência e qualidade a longo prazo na Empresa X. Não existindo uma abordagem bem definida, a empresa corre o risco de tomar decisões impulsivas ou baseadas em critérios inadequados, como por exemplo, considerar apenas o preço. Numa indústria aeronáutica, estas decisões tornam-se críticas, visto que é um setor altamente regulado, onde segurança e qualidade não são apenas pontos desejáveis, são obrigatórios. A ausência de um processo claro e documentado, torna difícil comparar diferentes fornecedores de forma consistente. Estas decisões podem ser tomadas de forma subjetiva, baseadas em fatores pessoais, em vez de fatores relacionados com o desempenho real.

Ausência de processos de controlo de fornecedores: A não utilização de uma metodologia de avaliação contínua de fornecedores torna o processo de seleção ainda mais difícil, uma vez que não existe um historial documentado. A empresa

perde visibilidade sobre o desempenho dos seus fornecedores, abrindo espaço para uma degradação progressiva da qualidade dos produtos e incumprimentos contratuais.

Máquinas:

Falta de automação de processos críticos: Na indústria aeronáutica, onde a precisão e a conformidade são fundamentais, a ausência de processos automáticos tem um impacto negativo na seleção de fornecedores. A falta de dados e documentos consolidados aumenta o risco de escolher um fornecedor inadequado, por exemplo, não existem alertas sobre documentos vencidos ou em falta. A Empresa X fornece, para o departamento de *Procurement*, um sistema lento (trocas de email manuais; folhas de cálculo isoladas; processos vulneráveis a erros humanos). Esta fragilidade afeta a disponibilidade de produtos críticos e também atrasa manutenções importantes.

Materiais:

Falta de auditorias periódicas aos fornecedores: As auditorias periódicas aos fornecedores são uma ferramenta crítica para garantir que estes cumprem os requisitos. Uma vez que estas auditorias não são implementadas, a Empresa X acaba por selecionar ou manter fornecedores que não correspondem aos padrões exigidos, pois impede uma fiscalização contínua.

Medidas:

Ausência de *KPIs*³ de avaliação: A falta de indicadores de desempenho tem um impacto negativo na seleção de fornecedores. A inexistência de *KPIs* bem definidos, faz com que a empresa não tenha uma base objetiva para avaliar o desempenho dos fornecedores. Deveriam existir critérios mensuráveis e objetivos que ajudam na comparação de diferentes parceiros. Sem esses critérios, a seleção é apenas feita por percepções subjetivas ou preferências pessoais.

Ausência de análise de risco: A seleção de fornecedores não deve ser baseada apenas numa análise técnica e comercial, mas também numa avaliação dos riscos associados a cada fornecedor. A ausência pontual de análises de risco na empresa X faz com que o departamento não tenha visibilidade sobre o histórico instável do

³ Key Performance Indicators (Indicadores de Performance)

fornecedor, por exemplo, se o fornecedor está sobrecarregado, se existem não conformidades ou se o fornecedor enfrenta dificuldades financeiras.

Meio ambiente:

Cultura organizacional: A cultura organizacional tem um impacto direto na seleção de fornecedores, uma vez que reflete a forma como a empresa interage com os seus parceiros ao longo do tempo. Sendo que a Empresa X uma indústria do setor aeronáutico, deveriam priorizar fornecedores que apresentem novas tecnologias e processos avançados. Contudo, esta empresa apresenta valores mais tradicionais, focados na estabilidade e cumprimento de prazos. Para manter uma

base sólida, é importante que a cultura da empresa esteja alinhada com as características do fornecedor.

Com a elaboração do Diagrama de Causa-Efeito foi possível concluir que a empresa X enfrenta alguns desafios sobre a seleção de fornecedores. A falta de processos estruturados e de critérios de seleção bem definidos, expõe a empresa a tomar decisões de forma impulsiva e subjetiva, impactando diretamente os custos, os prazos de entrega e a qualidade. Sem uma abordagem estruturada, a empresa não só compromete a qualidade dos produtos finais, mas também coloca em risco a reputação e segurança operacional, elementos essenciais, especialmente no setor aeronáutico. Para além disso, a falta de KPIs de avaliação de fornecedores, auditorias periódicas e análises de risco, contribuem para essa lacuna, dificultando a comparação objetiva entre fornecedores e potenciais falhas.

Posto isto, torna-se crucial que a Empresa X adote uma abordagem estratégica e medidas para estruturar um processo eficaz de seleção de fornecedores, de modo a que a empresa tome decisões mais assertivas e garanta uma gestão de fornecedores mais eficiente e alinhada com os objetivos a longo prazo.

3.2.3. Proposta de Melhoria e Resultados

A proposta de melhoria tem como objetivo transformar o processo de seleção de fornecedores da Empresa X, tornando-o mais transparente, eficiente e baseado em múltiplos critérios, de modo a que as decisões sejam tomadas de forma mais estratégica e objetiva. Com base nas análises realizadas anteriormente, propõe-se a adoção do método PROMETHEE, focando na sua utilização mais visual. Na figura 8 podemos observar um fluxograma que ilustra as etapas envolvidas no processo de seleção de fornecedores utilizando o método.

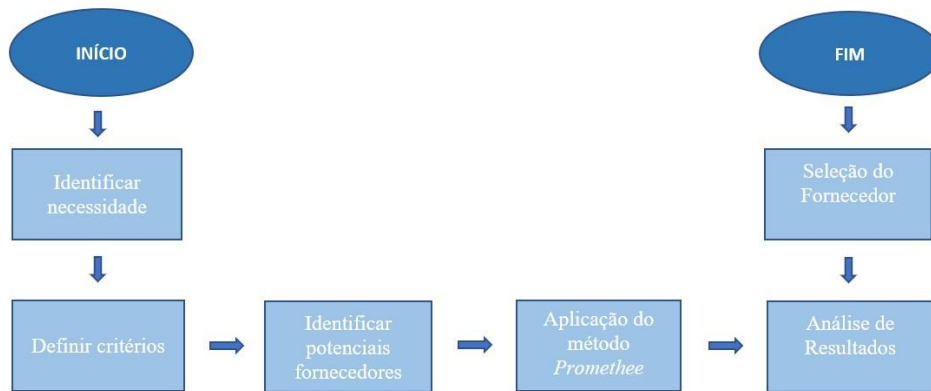


Figura 8: Fluxograma da Seleção de Fornecedores com o Método PROMETHEE (Fonte: Elaboração própria)

A vantagem da utilização do PROMETHEE é o facto de esta ferramenta permitir uma análise mais detalhada e objetiva, considerando as preferências e os *trade-offs*⁴ entre diferentes critérios, o que, neste momento, não é possível alcançar com o modelo atual, que é baseado apenas na utilização de uma simples matriz (figura 7). Este método vai proporcionar uma transparência no processo de seleção, uma vez que os critérios e os pesos atribuídos a cada um deles serão claramente definidos, o que elimina qualquer ambiguidade ou subjetividade no processo da tomada de decisão. A transparência assegura que todos os fornecedores sejam comparados de forma equitativa, com base num conjunto de parâmetros pré-definidos e compreendidos por todas as partes envolvidas. Esta clareza na definição dos critérios e pesos garante que o processo de decisão não

⁴ Decisões que envolvem escolhas entre alternativas.

dependa de interpretações individuais, mas sim de uma metodologia estruturada e logicamente fundamentada.

Para além disso, esta nova funcionalidade permite uma avaliação detalhada do comportamento de cada fornecedor em relação a diferentes parâmetros. Isto não revela apenas os pontos fortes e fracos de cada fornecedor, como também facilita a identificação de áreas que podem necessitar de melhoria. Ao evidenciar como cada fornecedor se posiciona em relação aos critérios definidos, o PROMETHEE contribui para uma decisão mais informada, permitindo que a organização selecione o fornecedor que melhor se alinha com as necessidades e exigências da empresa, de modo a maximizar o valor a ser obtido.

Por fim, a utilização do método também facilita na realização de análises de sensibilidade, ou seja, permite verificar como as variações nos pesos e nos critérios podem impactar a escolha final. Este fator acrescenta uma camada adicional de robustez à decisão, uma vez que permite entender as possíveis implicações de diferentes cenários e as consequências de alterações nas condições de mercado ou mesmo nas preferências internas. Deste modo, o PROMETHEE não só aprimora a objetividade da decisão, como também oferece uma maior flexibilidade e segurança para o decisor.

A importância relativa a cada critério pode variar conforme as necessidades específicas da empresa. Neste contexto, uma vez que a Empresa X está inserida na indústria aeronáutica, os critérios para a seleção de fornecedores devem ser mais específicos e exigentes, como a qualidade e confiabilidade. Desde modo, foram considerados novos critérios, e, para cada critério, foi atribuído um peso, refletindo a importância de cada um para a empresa. A atribuição e definição de pesos e de novos critérios foi feita de forma colaborativa, de modo a envolver as partes interessadas e garantindo que as escolhas refletirão as necessidades e prioridades estratégicas. Os critérios qualitativos foram definidos por uma escala de 1 a 5, onde 1 é muito mau, 2 é mau, 3 é suficiente, 4 é bom e 5 é muito bom. Neste sentido, foram adotados os seguintes critérios na proposta de melhoria:

1. Qualidade

Na indústria aeronáutica, a qualidade é um critério inegociável, e, como o nome indica é um critério qualitativo com um padrão máximo e um peso de 0,3. Os componentes e os materiais fornecidos precisam de corresponder a padrões rigorosos e ter todas as documentações essenciais validadas. Um produto de baixa qualidade pode comprometer

a segurança do avião, causar falhas operacionais e gerar prejuízos. Por isso, avaliar a qualidade com base no histórico de conformidades, avaliações técnicas e documentações, é fundamental.

2. Preço

Apesar do setor aeronáutico priorizar a segurança e desempenho, o custo continua a ser um fator muito relevante na seleção de fornecedores, sendo este um critério quantitativo (€) com um padrão mínimo e com a atribuição de um peso de 0,2. Deste modo, a análise do preço deve considerar não só o valor unitário, mas também o custo total de aquisição, que inclui todas as despesas associadas, nomeadamente, transporte, impostos e manutenção. Com a utilização deste critério, o preço vai ser ponderado de uma forma equilibrada, considerando o impacto económico a longo prazo.

3. Prazo de Entrega

O *lead time*⁵ é um critério quantitativo (em dias), de padrão mínimo e com um peso de 0,2, considerado vital para manter a produção a funcionar sem interrupções. Nesta indústria, os atrasos e a lentidão no fornecimento de peças ou matérias-primas podem comprometer os cronogramas de produção, provocar paragens nas linhas de montagem e impactar nos contratos com as companhias aéreas. A avaliação de fornecedores com prazos de entregas menores é, portanto, essencial para garantir a fluidez operacional e evitar custos.

4. Localização Geográfica

A distância física entre o fornecedor e a Empresa X afeta diretamente o tempo de transporte e os custos logísticos. Em contextos de necessidade urgente, a proximidade geográfica pode representar uma vantagem estratégica significativa. Neste caso, a Empresa X opta por uma estratégia de fornecedores locais, devido à flexibilidade de entrega. Neste sentido, para este critério quantitativo (em km) e de padrão mínimo considerou-se um peso de 0,1, tornando-se o fator menos relevante comparativamente aos restantes.

5. Capacidade de Suporte e Comunicação

⁵ É o tempo entre o momento em que um pedido é feito até o momento em que ele chega ao cliente.

A capacidade de suporte e comunicação é um critério qualitativo importante, especialmente neste setor, onde trabalham com componentes técnicos de alto valor agregado. Na indústria aeronáutica, esse suporte pode incluir assistência técnica, fornecimento de peças suplentes, formação e garantias maiores. Um fornecedor que oferece um serviço de pós-venda e uma comunicação eficiente, contribui para a confiabilidade do produto ao longo do ciclo de vida e também reforça a relação estratégica e a transparência entre cliente e fornecedor. Podemos avaliar este critério com base em indicadores como o tempo de resposta, qualidade do suporte e satisfação através da documentação interna.

Critérios	Prazos de Entrega (dias)	Preço (€)	Localização Geográfica (km)	Qualidade	Suporte e Comunicação
Padrão	Min	Min	Min	Max	Max
Peso	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2

Tabela 2: Critérios e pesos atribuídos (Fonte: Elaboração própria)

Na presente análise, foram consideradas 4 alternativas de fornecedores já conhecidos previamente, denominados por Fornecedor A, Fornecedor B, Fornecedor C e Fornecedor D. Estes representam empresas reais que, por motivos confidenciais, não podem ser revelados. As alternativas representam potenciais fornecedores de uma ferramenta (Produto Z), especificamente uma máquina de rebiteamento utilizada na fixação dos painéis da fuselagem, desempenhando um papel crítico no processo de montagem da aeronave. Cada fornecedor apresentou um orçamento da ferramenta pedida e o seu prazo de entrega. Na tabela 3 está representada a matriz de escolha utilizada na Empresa X para a seleção do fornecedor para o Produto Z. Segundo a análise da matriz, concluíram que a melhor opção seria o fornecedor D.

Supplier 1				Supplier 2				Supplier 3				Supplier 4			
Description	Qty	Unit price	Total cost	Description	Qty	Unit price	Total cost	Description	Qty	Unit price	Total cost	Description	Qty	Unit price	Total cost
Product Z	1	2 100,00 €	2 100,00 €	Product Z	1	2 399,00 €	2 399,00 €	Product Z	1	2 330,00 €	2 330,00 €	Product Z	1	1 980,00 €	1 980,00 €
Transport	1	50,00 €	50,00 €	Transport	1	20,00 €	20,00 €	Transport	1	- €	- €	Transport	1	- €	- €
TOTAL			2 100,00 €	TOTAL			2 419,00 €	TOTAL			2 330,00 €	TOTAL			1 980,00 €
Rating from 1 to 5				Rating from 1 to 5				Rating from 1 to 5				Rating from 1 to 5			
Adhesion	5			Adhesion	5			Adhesion	5			Adhesion	5		
Cost consistency	4			Cost consistency	4			Cost consistency	3			Cost consistency	5		
Technical consistency	4			Technical consistency	5			Technical consistency	5			Technical consistency	5		
Consistency Deadline	5			Consistency Deadline	5			Consistency Deadline	5			Consistency Deadline	5		
Accumulation of points	18			Accumulation of points	19			Accumulation of points	18			Accumulation of points	20		

Tabela 3: Matriz de Escolha da Empresa X para o Produto Z (Fonte: Empresa X)

Fornecedor A: Localizado em Castelo Branco, a cerca de 270 km do Porto, o Fornecedor A, segundo o orçamento para o Produto Z, apresenta um prazo de entrega de 60 dias e um preço de 2100€ com custos de transporte associados de 50€. Embora a localização seja significativamente maior, o fornecedor, historicamente, oferece qualidade, consistência técnica e comunicação bastante positiva e equilibrada. Neste sentido, pela escala de *likert*, atribuiu-se 4 valores a ambos os critérios qualitativos. O prazo de entrega relativamente longo, pode ser uma desvantagem, especialmente se existir necessidade de suporte pós-venda.

Fornecedor B: Situado em Leiria, a cerca de 200 km da Empresa X, o fornecedor, segundo a cotação apresentada, tem um prazo de entrega de 30 dias e um preço de 2419€ com custos de transporte de 20€. Apesar do preço mais elevado, comparativamente ao fornecedor A, o prazo de entrega é mais reduzido, o que pode ser decisivo para a manutenção da linha de produção. Este fornecedor, historicamente, oferece o melhor suporte e comunicação entre todas as alternativas com uma pontuação de 5. A nível de qualidade do Produto Z, este fornecedor é classificado como tendo uma boa qualidade, sendo atribuído 4 valores.

Fornecedor C: Localizado em Aveiro, a 80 km do Porto, o Fornecedor C apresenta um prazo de entrega de 30 dias e um preço de 2330€, sem custos de transporte. A proximidade geográfica facilita a logística, ou seja, oferece um tempo de entrega reduzido e custos de transportes inexistentes. Embora o preço seja intermédio entre os fornecedores anteriores, a rapidez no fornecimento e a flexibilidade de suporte, torna esta opção bastante atrativa, especialmente neste contexto onde o tempo de resposta é um fator crítico. O Fornecedor C é conhecido nacionalmente pela sua qualidade máxima nos produtos e na boa agilidade pós-venda, sendo atribuído um valor de 5 e 4, respetivamente.

Fornecedor D: Localizado em Braga, a 40 km do Porto, o Fornecedor D oferece o prazo de entrega mais curto de 15 dias ao preço mais baixo, de 1980€, sem custos de transporte. Apesar do preço competitivo e da vantagem de proximidade, este fornecedor é o menos recetivo em termos de suporte e comunicação, com uma pontuação de 3, e a sua qualidade é semelhante ao fornecedor A, correspondendo uma pontuação de 4 valores.

Em suma, como podemos observar na tabela 4, as quatro alternativas apresentam perfis distintos. Os Fornecedores A e B oferecem um bom equilíbrio entre preço e prazo e, por outro lado, os Fornecedores C e D destacam-se pela proximidade geográfica e prazos de entrega mais curtos. A aplicação do método PROMETHEE permitirá identificar qual fornecedor oferece o melhor desempenho geral, sendo possível realizar uma análise

comparativa e estabelecer um ranking de preferência, levando em consideração a importância relativa dos critérios de prazos de entrega, preço, localização, qualidade e suporte.

Critérios	Prazo de Entrega (dias)	Preço (€)	Localização Geográfica (km)	Qualidade	Suporte e Comunicação
Padrão	Min	Min	Min	Max	Max
Peso	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2
Fornecedor A	60	2150	270	4	4
Fornecedor B	30	2419	200	4	5
Fornecedor C	30	2330	80	5	4
Fornecedor D	15	1980	40	4	3
Ideal	15	1980	40	5	5
Anti-ideal	60	2419	270	4	3

Tabela 4: Dados dos Critérios de cada Fornecedor (Fonte: Elaboração Própria)

Antes de prosseguir, é necessário realizar a Normalização dos dados da tabela 4. Isto deve-se ao facto de que os valores contidos nessa figura pertencem a unidades de medida distintas (dias, €, km e escalas), os quais não podem ser mensuradas e comparadas diretamente. De modo a possibilitar uma análise conjunta, é necessário colocar todos os dados numa mesma escala. Para tal, foi utilizado o processo de Normalização, no qual foram aplicadas as seguintes equações, para todos os critérios passarem a ser maximizados.

$$\text{Max } f_k(a_i) \Rightarrow \text{Max } f_k^*(a_i) = \frac{f_k(a_i) - f_k^{\min}}{f_k^{\max} - f_k^{\min}}$$

$$\text{Min: } f_k(a_i) \Rightarrow \text{Max } f_k^*(a_i) = \frac{f_k^{\max} - f_k(a_i)}{f_k^{\max} - f_k^{\min}}$$

Figura 9: Cálculos para Normalização de Dados

Após a aplicação dos cálculos de cada critério, foi necessário calcular a soma dos pesos de cada fornecedor. Para efetuar este cálculo, foi utilizada a fórmula “somarproduto” no *Excel* para multiplicar os valores de diferentes intervalos e, de seguida, somar os resultados dessa multiplicação (Tabela 5). Pela tabela de Normalização é possível identificar qual a melhor opção através da alternativa que apresentar a maior soma dos pesos. Neste caso, o Fornecedor C é a melhor escolha e a pior hipótese é o Fornecedor A.

Critérios	Prazo de Entrega (dias)	Preço (€)	Localização Geográfica (km)	Qualidade	Suporte e Comunicação		
Padrão	Min	Min	Min	Max	Max		
Peso	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	SOMA dos pesos	Ranking
Fornecedor A	0,000	0,613	0,000	0,000	0,500	0,223	4
Fornecedor B	0,667	0,000	0,304	0,000	1,000	0,364	3
Fornecedor C	0,667	0,203	0,826	1,000	0,500	0,656	1
Fornecedor D	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,500	2

Tabela 5: Normalização de Dados (Fonte: Elaboração Própria)

Para uma análise aprofundada destes dados e como uma forma de validar os cálculos da Normalização, foi aplicado o método PROMETHEE, mantendo-se a mesma estrutura do problema, de 5 critérios e 4 alternativas. As funções de preferência foram selecionadas com base no tipo de critério e na variedade dos valores atribuídos à avaliação desse critério.

Na Figura 10 está representada a interface do *software* Visual PROMETHEE onde exhibe de forma clara e organizada todos os dados essenciais para o processo de avaliação e comparação das alternativas. Estão incluídos os critérios de decisão definidos para o problema em análise, bem como as diferentes alternativas a serem avaliadas. Além disso, é possível visualizar os pesos atribuídos a cada critério, refletindo a sua importância relativa no processo de decisão. A interface também permite observar as funções de preferência associadas a cada critério, juntamente com os respectivos parâmetros, que determinam o comportamento das preferências em relação às diferenças nos desempenhos das alternativas. As funções preferenciais para estes critérios foram definidas com a ajuda do próprio *software*, respondendo a uma série de questões que originaram o limite de indiferença (Q), o limite de preferência (P) e o valor intermédio (S). Esta representação gráfica e interativa facilita a compreensão dos elementos envolvidos e contribui para uma análise mais eficiente e fundamentada.

Bertrand	Preço	Prazo de Ent...	Localização ...	Qualidade	Suporte e C...
Unit	€	Dias	Km	5-point	5-point
Cluster/Group					
Preferences					
Min/Max	min	min	min	max	max
Weight	2,00	2,00	1,00	3,00	2,00
Preference Fn.	Linear	V-shape	Linear	Usual	Usual
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	€ 1,0	n/a	5	n/a	n/a
- P: Preference	€ 15,0	30	2	n/a	n/a
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics					
Minimum	€ 1.980,0	15	40	4,0	3,0
Maximum	€ 2.419,0	60	270	5,0	5,0
Average	€ 2.219,8	34	148	4,3	4,0
Standard Dev.	€ 169,0	16	92	0,4	0,7
Evaluations					
Fornecedor A	€ 2.150,0	60	270	good	good
Fornecedor B	€ 2.419,0	30	200	good	very good
Fornecedor C	€ 2.330,0	30	80	very good	good
Fornecedor D	€ 1.980,0	15	40	good	average

Figura 10: Interface do Software Visual PROMETHEE (Fonte: Visual PROMETHEE)

Após a definição dos critérios de avaliação, atribuição dos respectivos pesos e seleção das funções de preferência adequadas, procedeu-se à aplicação e interpretação do método PROMETHEE, através da ferramenta Visual PROMETHEE. Esta aplicação

permitiu realizar uma análise multicritério estruturada, fornecendo resultados visuais que facilitam a comparação e a tomada de decisão entre as alternativas consideradas. Os gráficos gerados oferecem uma representação clara do desempenho relativo de cada fornecedor, tendo em conta os diferentes critérios e os respectivos pesos. Neste sentido, foram apresentados e interpretados vários gráficos, de modo a identificar quais as alternativas mais favoráveis de acordo com os objetivos definidos, em especial no que respeita à qualidade, considerado como o critério mais relevante.

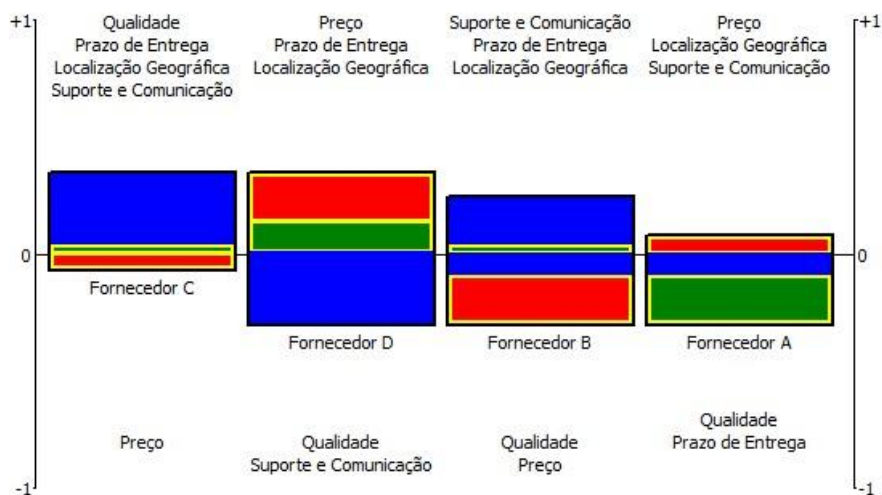


Figura 11: PROMETHEE Rainbow (Fonte: Visual PROMETHEE)

Na Figura 11 está representado o gráfico *Rainbow* que apresenta, para cada alternativa, a contribuição individual de cada critério para o desempenho global de cada fornecedor. Cada barra do gráfico representa um fornecedor, e, cada cor dentro da barra representa um critério diferente. A largura ou a altura de cada segmento colorido reflete a magnitude da contribuição de cada critério, onde os fluxos positivos Φ^+ (>0) indicam uma contribuição favorável, enquanto os fluxos negativos Φ^- (<0) indicam uma contribuição desfavorável. Dessa forma, o equilíbrio entre os segmentos positivos e negativos é igual à pontuação Φ .

Comparando todos os fornecedores, observa-se que o Fornecedor C se destaca por ter a grande parte dos critérios positivos, o que demonstra um desempenho vantajoso. Em contraste, os outros fornecedores apresentam uma maior quantidade de critérios negativos, o que pode comprometer o desempenho geral.

Destaca-se que o critério “Qualidade”, por ter um peso significativo na análise, teve um impacto decisivo nas alternativas melhor posicionadas. A superioridade do Fornecedor C em qualidade pode justificar o desempenho geral positivo, evidenciando a importância de ter um bom controlo de qualidade na Empresa X.

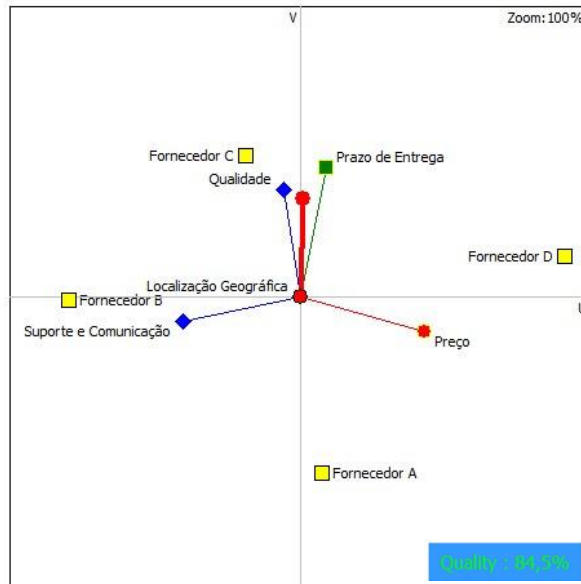


Figura 12: PROMETHEE GAIA (Fonte: Visual PROMETHEE)

O GAIA (Figura 12) oferece uma visão geométrica e intuitiva das alternativas em relação aos critérios avaliados. As alternativas são representadas por pontos e são posicionadas no gráfico de acordo com o seu desempenho nos critérios definidos, que são representados por eixos. A distância entre os pontos indica a similaridade ou distinção entre as alternativas. Os pesos dos critérios são representados pelo eixo de decisão (a vermelho escuro), que indica a direção da preferência ideal. A alternativa considerada ideal é aquela que se posiciona o mais próximo possível do eixo de decisão, sendo a melhor solução com base nos critérios ponderados. Neste caso, o Fornecedor C é o mais próximo da solução ótima.

Na figura 12, o Fornecedor C destaca-se como a alternativa mais alinhada com o eixo de decisão, posicionando-se na direção dos critérios Qualidade e Prazo de Entrega. Isso indica que este fornecedor tem um bom desempenho global, sendo a opção mais recomendada. Por outro lado, o Fornecedor A posiciona-se isolado no gráfico, próximo apenas do critério Preço, mas em oposição aos restantes critérios. Este último evidencia um desempenho fraco na maioria dos critérios, tendo apenas destaque caso o preço fosse o critério dominante, o que o torna a alternativa a menos recomendada.

A análise 2D apresentada na figura (*quality*) representa que a análise está a captar a maior parte das variáveis importantes, o que confere à análise um alto grau de confiabilidade para a tomada de decisão. Quando o nível de qualidade ultrapassa os 75%, considera-se que a análise apresenta um nível de confiabilidade muito positivo. Neste caso, o nível de qualidade obtido foi de 84,5%, o que reforça a robustez e precisão dos resultados.

Rank			Phi	Phi+	Phi-
1	Fornecedor C	■	0,2667	0,5000	0,2333
2	Fornecedor D	■	0,0333	0,3333	0,3000
3	Fornecedor B	■	-0,0667	0,2667	0,3333
4	Fornecedor A	■	-0,2333	0,2000	0,4333

Figura 13: PROMETHEE Flow Table (Fonte: Visual PROMETHEE)

A Flow Table (Figura 13), como o nome indica, é uma tabela de fluxos que apresenta os valores numéricos dos fluxos associados a cada alternativa. A tabela é composta por 3 colunas: fluxo positivo (Phi+), onde quanto maior o Phi+, mais forte ou preferível é a alternativa; o fluxo negativo (Phi-), onde quanto maior o Phi- mais fraca é a alternativa; fluxo líquido (Phi), sendo a diferença entre o fluxo positivo e o negativo, representando o desempenho global da alternativa.

- **Phi > 0** ➊ alternativa geralmente preferida.
- **Phi < 0** ➊ alternativa geralmente não preferida.

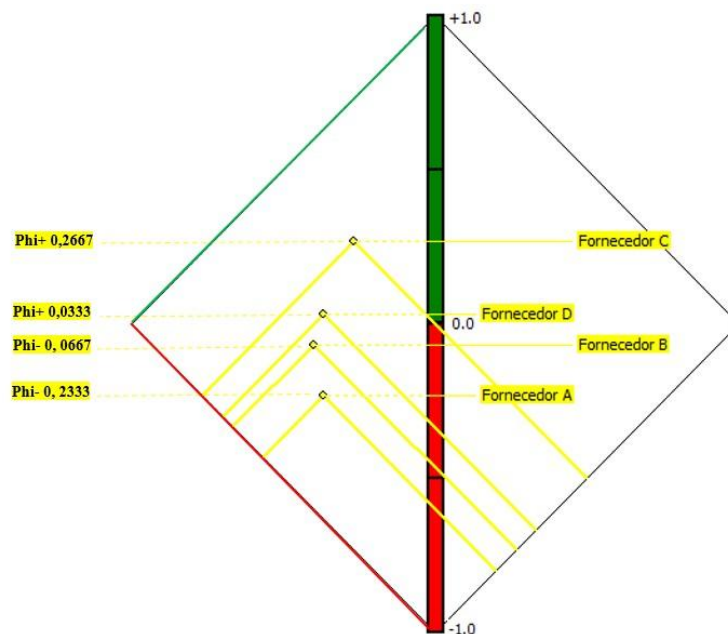


Figura 14: PROMETHEE Diamond (Fonte: Visual PROMETHEE com adaptação)

O gráfico PROMETHEE Diamond (Figura 14) é uma ferramenta visual que permite comparar o desempenho global das alternativas com base no cálculo do fluxo líquido ou Phi (Figura 13), um índice que reflete a diferença entre as vantagens e desvantagens de cada alternativa em relação às outras, considerando todos os critérios avaliados.

O eixo vertical central do gráfico varia entre -1,0 (representando o desempenho mais fraco) e +1,0 (representando o desempenho mais forte), o que permite uma comparação direta entre as alternativas, facilitando a identificação das opções mais

vantajosas. A posição de cada alternativa no gráfico é determinada pelo valor do Phi, que leva em consideração as preferências dos decisores com base nas funções de preferência atribuídas aos critérios.

No gráfico analisado, observa-se que o Fornecedor C está posicionado na parte superior, com o maior fluxo líquido. Isso indica que, quando comparado com os outros fornecedores, este destaca-se como a alternativa preferida. O seu desempenho superior é refletido pela posição elevada no gráfico, o que evidencia a forte adequação às necessidades do processo de seleção.

O Fornecedor D, por sua vez, aparece próximo do valor zero no eixo vertical. Isso sugere que o seu desempenho é equilibrado, ou seja, ele não se destaca como a melhor alternativa, mas também não é o pior. Este fornecedor apresenta um desempenho mediano, sem grandes vantagens ou desvantagens em relação aos concorrentes, o que o coloca em uma posição intermediária no gráfico.

Por outro lado, os Fornecedores B e A estão localizados abaixo da linha do zero, o que indica um desempenho inferior em comparação com as outras alternativas. Isso significa que, de acordo com o cálculo do fluxo líquido, essas alternativas têm mais desvantagens do que vantagens em relação aos critérios avaliados, refletindo uma posição de desvantagem no processo.

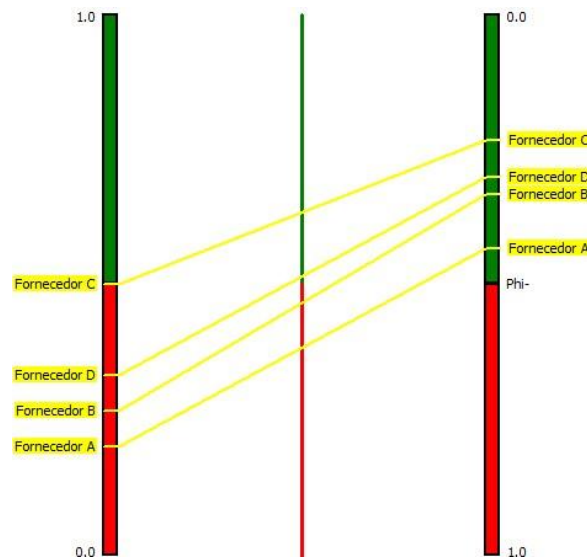


Figura 15: PROMETHEE Ranking (Fonte: Visual PROMETHEE)

O gráfico PROMETHEE Rankings revela o ranking completo das alternativas (neste caso, dos fornecedores). Este gráfico permite identificar claramente a alternativa mais favorável, considerando todos os critérios ponderados. No eixo da esquerda estão os

fluxos positivos, que indicam o grau em que cada fornecedor domina os restantes, enquanto no eixo da direita estão os fluxos negativos, que indicam o grau em que cada fornecedor é dominado pelas outras alternativas.

Neste caso, o Fornecedor C apresenta o maior valor positivo (à esquerda) e o menor valor negativo (à direita), ou seja, este fornecedor domina fortemente os restantes e é pouco dominado. Isto indica um desempenho claramente superior.

O Fornecedor D apresenta valores intermédios tanto os positivos como os negativos, revelando um desempenho equilibrado. Esta alternativa domina e é dominada de forma proporcional, podendo ser considerada uma opção neutra ou aceitável, por exemplo, como sendo uma segunda opção ou o backup do Fornecedor A.

O Fornecedor B possui um valor positivo relativamente baixo e um valor negativo moderado, o que indica que domina pouco e é razoavelmente dominado. Por esse motivo, seu desempenho é menos favorável em comparação com os anteriores.

Por fim, o Fornecedor A apresenta o menor valor positivo e o maior valor negativo, o que significa que é fortemente dominado pelas outras alternativas e domina muito pouco. Esta combinação faz com que o Fornecedor A seja considerado a pior opção.

Simulação de Alteração dos Pesos dos Critérios:

Atualmente, a Empresa X toma a sua decisão muito baseada no preço mais baixo que oferecem. Neste sentido, supondo que o preço tem um peso de 50% na decisão da escolha do fornecedor, isso implica que, para a empresa em questão, o preço constitui um critério fundamental, frequentemente considerado superior a outros fatores como a qualidade, prazo de entrega e suporte. Em muitos setores, especialmente em setores competitivos, o preço é visto como principal fator decisivo, levando as empresas a optarem por soluções mais económicas com o objetivo de reduzir custos e aumentar a margem de lucro. No entanto, essa ênfase excessiva no preço pode ter efeitos negativos a longo prazo e resultar em produtos de menor qualidade, o que, por sua vez, pode afetar a satisfação do cliente, a reputação da marca e, sobretudo, a segurança, que é um fator essencial na indústria aeronáutica.

Através da utilização do gráfico “Walking Weights” é possível realizar uma análise da sensibilidade da decisão em relação às variações nos pesos atribuídos aos diferentes critérios. Este tipo de gráfico permite observar como o ranking das alternativas altera à

medida que modificamos os pesos dos critérios considerados. Desta forma, tornase possível identificar pontos de inversão no ranking, ou seja, situações em que uma alternativa que inicialmente se encontrava numa posição inferior ultrapassa outra, à medida que o peso de um determinado critério aumenta ou diminui.

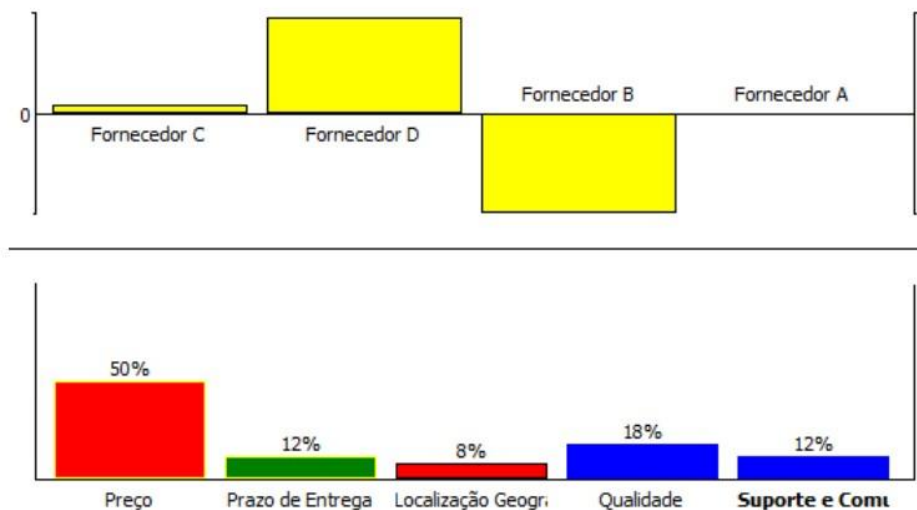


Figura 16: PROMETHEE Walking Weights (Fonte: Visual PROMETHEE)

Através da análise do gráfico apresentado na Figura 16, foi possível simular o impacto das diferentes ponderações dos critérios na decisão final de escolha do fornecedor. Ao aumentar o peso do critério “Preço” para 50%, observou-se uma mudança significativa no ranking dos fornecedores, evidenciando a sensibilidade da decisão em relação às variações nos pesos dos critérios. Especificamente, alternativas que anteriormente ocupavam posições inferiores devido à qualidade e comunicação insatisfatória, ascenderam no ranking simplesmente por oferecerem preços mais baixos. Um exemplo claro disso é o Fornecedor D, que, inicialmente, estava numa posição desvantajosa devido à sua qualidade, mas, ao ser considerado com maior peso no critério de preço, superou o Fornecedor C, que, mesmo tendo apresentado uma melhor qualidade, ocupou a segunda posição devido ao preço inferior do Fornecedor D.

Essa simulação revela de forma contundente uma priorização excessiva do critério “Preço”, que pode levar a decisões que favorecem fornecedores menos qualificados, comprometendo a qualidade do produto final. A escolha de alternativas baseadas predominantemente no preço pode resultar em soluções que, embora económicas, não atendem adequadamente aos requisitos de qualidade, o que, a longo prazo, pode afetar a satisfação do cliente e a reputação da empresa. Portanto, é essencial que a ponderação dos

critérios seja feita de forma equilibrada, considerando todos os aspectos relevantes da decisão de forma a garantir um bom compromisso entre custo e qualidade.

4. Conclusão

No contexto do *Procurement*, a seleção de fornecedores assume um papel estratégico e determinante para o desempenho da organização. Numa indústria altamente exigente como a aeronáutica, onde os padrões de qualidade e fiabilidade são extremamente rigorosos, torna-se imperativo adotar metodologias de decisão mais robustas e fundamentadas, que vão além da simples comparação de preços. A seleção eficaz de fornecedores contribui não apenas para a mitigação de riscos, mas também para a construção de parcerias duradouras e sustentáveis, alinhadas com os objetivos estratégicos da organização.

Este projeto teve como principal objetivo propor uma melhoria no processo de seleção de fornecedores na Empresa X, através da aplicação do método multicritério PROMETHEE. Tradicionalmente, a seleção de fornecedores era realizada com base numa matriz simples em *Excel*, altamente subjetiva, centrada essencialmente no critério do preço mais baixo. Os resultados obtidos demonstram que, com a implementação do método PROMETHEE, foi possível desenvolver uma abordagem estruturada, transparente e fundamentada, que considera novos critérios mais relevantes, como a qualidade do produto, comunicação e suporte, prazo de entrega, preço e distância geográfica do fornecedor. Esta mudança representa um avanço significativo no processo decisório, permitindo padronizar a avaliação dos fornecedores e reduzir a subjetividade associada às escolhas anteriores.

Um dos principais ganhos deste novo modelo é a independência do conhecimento prévio sobre os fornecedores: graças à definição clara dos critérios e dos respetivos pesos, a análise pode agora ser conduzida por qualquer colaborador, mesmo que não tenha experiência prévia na área. Para além disso, a utilização de ferramentas gráficas e visuais proporcionadas pelo PROMETHEE, permite uma interpretação intuitiva e interativa dos resultados, facilitando a comunicação e validação das decisões dentro da organização.

A ordem preferencial de seleção dos fornecedores pela matriz da Empresa X traduz que a melhor escolha seria o Fornecedor D (20 pontos), de seguida o Fornecedor B (19 pontos) e o Fornecedor C e A apenas com 18 pontos. Por outro lado, a ordem preferencial obtida a partir dos cálculos dos dados da Normalização e pela aplicação do método

PROMETHEE, apresenta total concordância entre as duas abordagens (1º Fornecedor C, 2º Fornecedor D, 3º Fornecedor B, 4º Fornecedor A). Esta uniformidade nos resultados reforça a consistência dos critérios avaliados e a confiança no processo de decisão, garantindo que a seleção do fornecedor seja feita de maneira confiável e alinhada com os objetivos estabelecidos.

Em suma, a aplicação do método PROMETHEE traduziu-se numa melhoria concreta e mensurável do processo de seleção de fornecedores. Este método possibilitou uma avaliação mais precisa e imparcial dos potenciais fornecedores. Para além disso, ao estruturar o processo de tomada de decisão de maneira robusta, o PROMETHEE contribuiu para a transparência nas escolhas feitas, assegurando que a seleção dos fornecedores fosse mais justa. A aplicação deste modelo, não só otimizou o processo, mas também reforçou o compromisso da Empresa X com a excelência e a qualidade, alinhando as suas práticas de compras com as exigências do mercado e as suas metas a longo prazo.

4.1. Limitações e Trabalhos Futuros

Na fase final do trabalho, é crucial refletir sobre as restrições e desafios que emergiram ao longo do desenvolvimento do estudo. Identificar tais limitações não só permite uma compreensão mais profunda das dificuldades enfrentadas, mas também oferece uma oportunidade para aprimorar as abordagens e metodologias adotadas. Além disso, ao discutir como esses desafios podem ser superados em investigações futuras, abre-se um caminho para novas soluções e práticas que poderiam contribuir para a evolução do campo de estudo.

Embora a aplicação do método PROMETHEE tenha proporcionado uma melhoria significativa na estruturação e objetividade do processo de seleção de fornecedores, algumas limitações foram observadas ao longo do estudo. Primeiramente, a disponibilidade e a qualidade dos dados sobre os fornecedores foram fatores críticos. A precisão das informações fornecidas por fontes externas, como relatórios de desempenho e mesmo a documentação interna não estar atualizada, pode variar e, em alguns casos, impactar os resultados da análise. Além disso, a subjetividade na definição dos critérios e pesos ainda pode influenciar o processo, embora com a tentativa de minimizar esse efeito através da aplicação desta metodologia. O facto de o *software* utilizado ser apenas a versão gratuita/acadêmica, limitou a possibilidade de realizar uma pesquisa mais aprofundada.

Apesar das limitações mencionadas, este trabalho oferece várias oportunidades para futuros aprimoramentos. Em primeiro lugar, seria interessante expandir a aplicação

do método PROMETHEE para outros contextos e áreas além do Procurement, com o objetivo de validar e adaptar o modelo noutras necessidades da empresa. Uma vez que esta ferramenta é uma abordagem multicritério, tem um grande potencial para ser utilizada em diversas situações, como na seleção de parceiros estratégicos, análise de risco e planeamento de investimentos.

Além disso, de forma a melhorar a qualidade dos dados utilizados na análise, seria recomendável investir em sistemas mais integrados de recolha e gestão de desempenho dos fornecedores, como plataformas de armazenagem de dados ou inteligência artificial, que permitem uma recolha de informações mais precisa e em tempo real.

Referências Bibliográficas

Amr, M., Ezzat, M., & Kassem, S. (2019). Logistics 4.0: Definition and Historical Background. NILES 2019 - Novel Intelligent and Leading Emerging Sciences Conference, 46–49. <https://doi.org/10.1109/NILES.2019.8909314>

Ángela Guadalupe Canto de Gante, L., Elim Sosa González, W., Bautista Ortega, J., Judith Escobar Castillo, I., & Santillán Fernández, A. (2020). Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Alta Tecnología y Sociedad*, 38(1).

Arturo, D., Melo, P., David, A., & Pardo, M. (n.d.). Towards the conception of a Supply Chain efficient and sustainable in the Aeronautic industry-Airbus case study. <https://theses.hal.science/tel-03322623v1>

Avison, D., Lau, F., Myers, M., & Nielsen, P. A. (1999). Action Research. In *COMMUNICATIONS OF THE ACM* (Vol. 42, Issue 1).

Bäckstrand, J., Suurmond, R., van Raaij, E., & Chen, C. (2019). Purchasing process models: Inspiration for teaching purchasing and supply management. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 25(5). <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2019.100577>

Benotmane, Z., Belalem, G., & Neki, A. (2018). A Cost Measurement System of Logistics Process. *International Journal of Information Engineering and Electronic Business*, 10(5), 23–29. <https://doi.org/10.5815/ijieeb.2018.05.04>

Bode, C., Burkhart, D., Schültken, R., & Vollmer, M. (2022). Future of procurement: Insights from a global survey. In *Global Logistics and Supply Chain Strategies for the 2020s: Vital Skills for the Next Generation* (pp. 261–276). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-95764-3_15

Botezatu, C., Condrea, I., Oroian, B., Hrițuc, A., Ețcu, M., & Slătineanu, L. (2019). Use of the Ishikawa diagram in the investigation of some industrial processes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 682(1). <https://doi.org/10.1088/1757899X/682/1/012012>

Brans, J. P., & Vincke, Ph. (1985). Note—A Preference Ranking Organisation Method. *Management Science*, 31(6), 647–656. <https://doi.org/10.1287/mnsc.31.6.647>

- Bujak, A. (n.d.). Zeszyty Naukowe Wyższej Szkoły Bankowej we Wrocławiu ISSN (Vol. 15, Issue 1).
- Cantoni, F., Ricciardi, A., Bisogni, P. G., & Zsifkovits, H. (2024). The unravelled role of soft skills in the logistics and supply chain management field. *Journal of Innovation and Knowledge*, 9(4). <https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100615>
- da Cunha, R. A., Rangel, L. A. D., Rudolf, C. A., & Santos, L. dos. (2022). A decision support approach employing the PROMETHEE method and risk factors for critical supply assessment in large-scale projects. In *Operations Research Perspectives* (Vol. 9). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2022.100238>
- Demir, S., Yilmaz, I., & Paksoy, T. (2020). Augmented Reality in Supply Chain Management. In *Logistics 4.0* (pp. 136–145). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429327636-14>
- el Beggar, O. (2018a). Multicriteria decision aid for agile methods evaluation using fuzzy PROMETHEE. *Journal of Software: Evolution and Process*, 30(12). <https://doi.org/10.1002/smr.2108>
- el Beggar, O. (2018b). Multicriteria decision aid for agile methods evaluation using fuzzy PROMETHEE. *Journal of Software: Evolution and Process*, 30(12). <https://doi.org/10.1002/smr.2108>
- Elevli, B., & Ozturk, H. (2019a). Multi-criteria Assessment of Heavy Metals contaminations in waters and ranking the sites by using PROMETHEE/GAIA method. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 17(1), 75–84. <https://doi.org/10.1007/s40201-018-00328-9>
- Elevli, B., & Ozturk, H. (2019b). Multi-criteria Assessment of Heavy Metals contaminations in waters and ranking the sites by using PROMETHEE/GAIA method. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 17(1), 75–84. <https://doi.org/10.1007/s40201-018-00328-9>
- Flynn, B. B., Huo, B., & Zhao, X. (2010). The impact of supply chain integration on performance: A contingency and configuration approach. *Journal of Operations Management*, 28(1), 58–71. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2009.06.001>
- Globerson, S. (2014). Logistics Management and Supply Chain Management: A Critical Evaluation. *International Journal of Business and Economics Research*, 3(2), 82. <https://doi.org/10.11648/j.ijber.20140302.15>

Głodziński, E., & Szymborski, M. (2024). Vendor selection criteria and formalization of project procurement management and governance. *Procedia Computer Science*, 246(C), 4470–4480. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.297>

Guida, M., Caniato, F., Moretto, A., & Ronchi, S. (2023). The role of artificial intelligence in the procurement process: State of the art and research agenda. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 29(2). <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2023.100823>

Hasim, S., Fauzi, M. A., Yusof, Z., Endut, I. R., & Ridzuan, A. R. M. (2018). The material supply chain management in a construction project: A current scenario in the procurement process. *AIP Conference Proceedings*, 2020. <https://doi.org/10.1063/1.5062675>
https://cscmp.org/CSCMP/cscmp/educate/scm_definitions_and_glossary_of_terms.aspx. (n.d.). <https://leopardaviation.com/sections-of-an-aircraft/>.

(n.d.).

IEEE Staff, . (2009). 2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. I E E E.

Jahani, N., Sepehri, A., Vandchali, H. R., & Tirkolae, E. B. (2021). Application of industry 4.0 in the procurement processes of supply chains: A systematic literature review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(14). <https://doi.org/10.3390/su13147520>

Joshi, S. P., Shitole, P., Chavan, R., & Joshi, P. P. (2018). Strategies for Buyer Supplier Relationship Improvement: Scale Development and Validation. *Procedia Manufacturing*, 20, 470–476. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.069>

Kakwezi, P., & Nyeko, S. (2019). PROCUREMENT PROCESSES AND PERFORMANCE: EFFICIENCY AND EFFECTIVENESS OF THE PROCUREMENT FUNCTION. *Int Journal of Social Sciences Management and Entrepreneurship*, 3(1), 172–182. www.sagepublishers.com

Kim, S. T., Lee, H.-H., & Hwang, T. (2020). Logistics integration in the supply chain: a resource dependence theory perspective. *International Journal of Quality Innovation*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40887-020-00039-w>

Longsheng, C., & Shah, S. A. A. (2025). A multi-method framework integrating ANPANN and PROMETHEE-GAIA for Circular Economy performance assessment: A case study of China. *Journal of Cleaner Production*, 501. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145311>

Milenkov, M., Sokolović, V., Milovanović, V., & Milić, M. (2020). A role, significance and approaches for studying logistics. *Vojnotehnicki Glasnik*, 68(1), 79–106. <https://doi.org/10.5937/vojtehg68-24805>

Puschmann, T. and A. R. (2005). “Successful use of e-procurement in supply chains” (Vol. 10, pp. 122–133).

Radivojević, G., & Milosavljević, L. (n.d.). THE CONCEPT OF LOGISTICS 4.0.

Richey, R. G., Roath, A. S., Adams, F. G., & Wieland, A. (2022). A Responsiveness View of logistics and supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 43(1), 62–91. <https://doi.org/10.1111/jbl.12290>

Rolf, B., Jackson, I., Müller, M., Lang, S., Reggelin, T., & Ivanov, D. (2023). A review on reinforcement learning algorithms and applications in supply chain management. In *International Journal of Production Research* (Vol. 61, Issue 20, pp. 7151–7179). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2140221>

Sousa, T. B. de, Camparotti, C. E. S., Esposto, K. F., & Guerrini, F. M. (2014). ALIGNMENT OF BALANCED SCORECARD PERSPECTIVES WITH SUPPLY CHAIN MANAGEMENT OBJECTIVES: A LITERATURE REVIEW. *Independent Journal of Management & Production*, 5(4). <https://doi.org/10.14807/ijmp.v5i4.238>

Supplier_Selection_Criteria_and_Methods (1). (n.d.).

Taherdoost, H., & Brard, A. (2019). Analyzing the Process of Supplier Selection Criteria and Methods. *Procedia Manufacturing*, 32, 1024–1034. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.02.317>

Thiruchelvam, S., & Tookey, J. E. (2011). Evolving trends of supplier selection criteria and methods. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, 4(1), 437–454. <https://doi.org/10.15282/ijame.4.2011.6.0036>

Viana, J. C., & Alencar, L. H. (2012). Supplier selection methodologies: A literature review. *Producao*, 22(4), 625–636. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000067>

Xu, L., Mak, S., Proselkov, Y., & Brintrup, A. (2024). Towards autonomous supply chains: Definition, characteristics, conceptual framework, and autonomy levels. *Journal of Industrial Information Integration*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100698>

Yoon, J., Talluri, S., Yildiz, H., & Ho, W. (2018). Models for supplier selection and risk mitigation: a holistic approach. *International Journal of Production Research*, 56(10), 3636–3661. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1403056>

Yu, S. Y., An, H. S., Kim, H. J., & Park, K. H. (2019). Assessment of sewer system using PROMETHEE and GAIA methods. *Desalination and Water Treatment*, 155, 24–31. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.23930>

Zobeidi, T., Yazdanpanah, M., Komendantova, N., Löhr, K., & Sieber, S. (2024). Evaluating climate change adaptation options in the agriculture sector: A PROMETHEE-GAIA analysis. *Environmental and Sustainability Indicators*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.indic.2024.100395>

Zorlu, K., Dede, V., Zorlu, B. Ş., & Serin, S. (2023). Quantitative assessment of geoheritage with the GAM and MEREC-based PROMETHEE-GAIA method. *Resources Policy*, 84. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2023.103796>