

# **Avaliação de desempenho de fornecedores de uma empresa da indústria farmacêutica**

**Ana Teresa Nolan Ruas Rego Canha**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

**Engenharia e Gestão Industrial**

Orientador: Professor João Carlos da Cruz Lourenço

Júri:

Presidente: Professora Doutora Ana Isabel Cerqueira de Sousa Gouveia Carvalho

Orientador: Professor Doutor João Carlos Da Cruz Lourenço

Vogais: Professor Doutor António Manuel da Nave Quintino

**Dezembro de 2024**

## **Declaração**

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e de Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor João Lourenço pelo seu apoio e orientação ao longo da elaboração desta dissertação.

Também gostaria de agradecer à Empresa por me ter proporcionado a oportunidade de realizar este projeto e por ter disponibilizado os recursos necessários para a sua execução. Agradeço também a todos os colaboradores da Empresa pelo acolhimento e apoio durante todo o período deste projeto.

Um agradecimento especial à minha Orientadora de Estágio, Andreia Reis e Mário Patrício pela orientação e disponibilidade em todas as etapas deste projeto. O seu conhecimento e acompanhamento foram essenciais para o sucesso deste trabalho.

Por fim, não posso deixar de expressar o meu profundo agradecimento à minha família. Sem o seu encorajamento e apoio incondicional, esta conquista não seria possível.

A todos os mencionados e a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para esta dissertação, o meu mais sincero obrigado.

## Resumo

Garantir a qualidade ao longo das cadeias de abastecimento tem sido um desafio, especialmente devido à falta de cooperação entre as partes envolvidas. Nas cadeias de abastecimento farmacêuticas, a coordenação e a qualidade são prioritárias, pois problemas de qualidade podem resultar em testes e processos de validação dispendiosos.

Esta dissertação aborda o caso de uma empresa farmacêutica que produz medicamentos genéricos. Um dos principais desafios enfrentados é a dependência de fornecedores externos para matérias-primas, o que pode levar a atrasos na produção devido a problemas de qualidade. Para evitar interrupções e garantir a qualidade na cadeia de abastecimento é crucial que as unidades que integram o Sistema de Gestão da Qualidade avaliem e monitorizem o desempenho dos fornecedores das matérias-primas.

Para avaliar o desempenho dos fornecedores da Empresa, foi criado um modelo de avaliação de fornecedores com foco na Qualidade, tendo sido aplicado a fornecedores da substância ativa Paracetamol. Na construção do modelo foi utilizada a abordagem de análise de decisão multicritério MACBETH. O modelo desenvolvido também tem como objetivo ser futuramente incluído no processo de tomada de decisão de compras de matérias-primas aos fornecedores.

**Palavras-chave:** Indústria Farmacêutica, Sistema de Gestão da Qualidade, Avaliação de Fornecedores, Modelo Multicritério de Avaliação, MACBETH.

## **Abstract**

Ensuring quality throughout supply chains has been challenging, especially due to the lack of cooperation among involved parties. Coordination and quality are paramount in pharmaceutical supply chains, as quality issues can result in costly testing and validation processes.

This dissertation addresses the case of a pharmaceutical company producing generic drugs. One of the main challenges faced is the dependence on external suppliers for raw materials, which can lead to production delays due to quality issues. To avoid disruptions and ensure quality in the supply chain, units within the Quality Management System are crucial to evaluate and monitor the performance of raw material suppliers.

A supplier evaluation model focusing on quality was created and applied to suppliers of the active substance Paracetamol to assess the performance of the Company's suppliers. The construction of the model employed the multicriteria decision analysis approach MACBETH. The developed model also aims to be included in the future decision-making process for purchasing raw materials from suppliers.

**Keywords:** Pharmaceutical Industry, Quality Management System, Supplier Evaluation, Multicriteria Evaluation Model, MACBETH.

# Índice

Lista de figuras	viii
Lista de tabelas	ix
Lista de abreviaturas	x
1 Introdução	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Âmbito e objetivos	1
1.3 Organização da dissertação	2
2 O caso da empresa X	3
2.1 Introdução	3
2.2 Apresentação	3
2.3 Cadeia de abastecimento	4
2.4 Apresentação do modelo atual de avaliação de fornecedores	5
2.5 O problema em estudo	7
2.6 Conclusões do capítulo	11
3 Revisão da literatura	13
3.1 Introdução	13
3.2 Visão geral do sistema de gestão da qualidade na indústria farmacêutica	13
3.3 Critérios utilizados para avaliar o desempenho de fornecedores do ponto de vista da Qualidade em empresas farmacêuticas	15
3.4 Definição e a importância da avaliação e de gestão de desempenho	15
3.5 Métodos de avaliação e de gestão de desempenho	16
3.5.1 Evolução dos métodos de avaliação e de gestão de desempenho	16
3.5.2 Descrição dos métodos de avaliação e de gestão de desempenho	18
3.5.2.1 Método TOPSIS	18
3.5.2.2 Método VIKOR	19
3.5.2.3 Método ELECTRE	19
3.5.2.4 Método PROMETHEE	20
3.5.2.5 Método AHP	21
3.5.2.6 Método ANP	22
3.5.3 Comparação dos métodos de avaliação e gestão de desempenho	23
3.6 Conclusões do capítulo	25
4 Modelo proposto	27
4.1 Introdução	27

4.2	Estruturação do modelo multicritério	28
4.2.1	Identificação dos critérios	28
4.2.2	Associação de um descritor de desempenho a cada critério de avaliação	30
4.3	Construção do modelo de avaliação	31
4.3.1	Construção das funções de valor	31
4.3.2	Eliciação dos pesos dos critérios	33
4.3.3	Determinação dos pesos das famílias de critérios	34
4.4	Construção de Categorias de valor	34
4.5	Conclusões do capítulo	35
5	Construção do modelo de avaliação	37
5.1	Introdução	37
5.2	Estruturação do modelo multicritério	37
5.2.1	Definição dos fornecedores a avaliar	37
5.2.2	Identificação dos critérios	38
5.2.3	Descritores de desempenho	39
5.2.3.1	Conformidade da última auditoria	41
5.2.3.2	Data da última auditoria	42
5.2.3.3	Data da última inspeção por entidades reguladoras	42
5.2.3.4	Resultado das reclamações	42
5.2.3.5	Recorrência das reclamações	43
5.2.3.6	Capacidade de resposta a reclamações	43
5.2.3.7	Adequação do tempo de resposta à implementação de ações corretivas e ou preventivas	44
5.2.3.8	Resultados fora de especificação	44
5.2.3.9	Resultados fora de tolerância	45
5.2.3.10	Adequação das datas de validade dos lotes	46
5.2.3.11	Adequação do número de lotes	46
5.2.3.12	Complexidade de análise	46
5.2.3.13	Dependência de análises externas	49
5.3	Avaliação	49
5.3.1	Construção das funções de valor	49
5.3.2	Ponderação dos critérios de avaliação	50
5.3.3	Determinação dos pesos das famílias dos critérios	52

5.4	Determinação das categorias de valor	54
5.5	Conclusões do capítulo	55
6	Resultados e discussão	57
6.1	Introdução	57
6.2	Avaliação dos fornecedores	57
6.3	Conclusões do capítulo	59
7	Conclusões e trabalho futuro	60
7.1	Introdução	60
7.2	Modelo atual vs. modelo construído	60
7.3	Limitações do modelo proposto	61
7.4	Trabalho futuro	62
7.5	Reflexões	62
	Referências	64

## Lista de figuras

Figura 1. Cadeia de abastecimento simplificada da empresa X .....	5
Figura 2. <i>Mind Map</i> do Modelo de Avaliação Fornecedores em vigor .....	7
Figura 3. Mapa causal de grupo .....	9
Figura 4. Mapa causal de grupo final .....	11
Figura 5. Estruturação do problema do processo AHP (Fonte: Azhar et al., 2021) .....	21
Figura 6. Analytic network process (Azhar et al., 2021) .....	23
Figura 7. Fases de construção do modelo .....	28
Figura 8. Limites das categorias em termos do índice de prioridade (Fonte: Bana e Costa & Oliveira, 2002) .....	35
Figura 9. Árvore de valor do caso em estudo .....	38
Figura 10. Função de valor do critério Data da última auditoria .....	50
Figura 11. Ordenação dos swings dos critérios da família Risco .....	51
Figura 12. Pesos dos critérios da família Risco .....	52
Figura 13. Representação parcial do Simulador - Determinação dos pesos das famílias dos critérios .....	53
Figura 14. Representação parcial do Simulador - Construção das categorias de valor .....	55
Figura 15. Desempenho dos fornecedores por categorias .....	58
Figura 16. Perfis de diferenças entre fornecedor A e B por critério .....	58
Figura 17. Perfis de diferenças entre fornecedor A e B por famílias .....	59

## Lista de tabelas

Tabela 1. Diferenças existentes entre Controlo da Qualidade e Garantia da Qualidade (Adaptado de: Chaitanya et al., 2018) .....	14
Tabela 2. Métodos de avaliação de fornecedores .....	17
Tabela 3. Escala numérica de importância (Fonte: Azhar et al., 2021).....	21
Tabela 4. Vantagens e limitações dos métodos de avaliação de fornecedores de acordo com os respetivos autores .....	23
Tabela 5. Indicadores quantitativos e qualitativos .....	40
Tabela 6. Descritor do critério Conformidade da última auditoria .....	42
Tabela 7. Descritor do critério Resultado das reclamações .....	43
Tabela 8. Descritor de desempenho do critério Resultados fora de especificação .....	45
Tabela 9. Descritor de desempenho do critério Resultados fora de tolerância.....	46
Tabela 10. Descritor de desempenho do critério Complexidade de análise .....	47
Tabela 11. Complexidade das análises .....	48
Tabela 12. Matriz de julgamentos MACBETH do critério Data da última auditoria.....	50
Tabela 13. Matriz de julgamentos MACBETH dos swings dos critérios da família Risco.....	51
Tabela 14. Pesos das famílias e dos critérios de avaliação .....	53
Tabela 15. Pontuações parciais e globais dos fornecedores .....	57

## Lista de abreviaturas

ADV - Adequação das Datas de Validade dos lotes  
AFT - *Alternative-Focused Thinking*  
AHP - *Analytic Hierarchy Process*  
AL - Adequação do número de lotes  
ANP - *Analytic Network Process*  
APIs - *Active Pharmaceutical Ingredients*  
ARC - Adequação do tempo de resposta à implementação de ações corretivas e ou preventivas  
BPD - Boas Práticas de Distribuição  
BPF - Boas Práticas de Fabrico  
CA - Complexidade de Análise  
CAPA - *Corrective and Preventive Action*  
CBR - *Case-Based Reasoning*  
CQ - Controlo da Qualidade  
CR - Capacidade de resposta a reclamações  
CUA - Conformidade da Última Auditoria  
DAE - Dependência de análises externas  
DEA - *Data Envelopment Analysis*  
DUA - Data da Última Auditoria  
DUI - Data da Última Inspeção por entidades reguladoras  
ELECTRE - *Elimination et Choix Traduisant la Réalité*  
GA - *Genetic Algorithm*  
GQ - Garantia da Qualidade  
HPLC - *High Performance Liquid Chromatography*  
MCDA - *Multiple-Criteria Decision Analysis*  
OOS - *Out Of Specification*  
OPA - *Oriented Polyamide*  
PMP - Programa de Manutenção Preditiva  
PROMETHEE - *Preference Ranking Organization Method for Enrichment of Evaluations*  
PVC - *Polyvinyl Chloride*  
RFE - Resultados Fora de Especificação  
RFT - Resultados Fora de Tolerância  
R - Resultado das Reclamações  
RR - Recorrência das Reclamações  
SGQ - Sistema de Gestão da Qualidade  
SMART - *Simple Multi-Attribute Rating Technique*  
SODA - *Strategic Options Development and Analysis*  
TOPSIS - *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*  
VFT - *Value-Focused Thinking*



# **1 Introdução**

## **1.1 Contextualização**

Manter um nível de qualidade elevado das cadeias de abastecimento tem vindo a ser um desafio real dada a pouca cooperação que por vezes existe entre as entidades envolvidas. Nas cadeias de abastecimento farmacêuticas, procura-se alcançar níveis elevados de coordenação e qualidade, não sendo tolerados problemas de qualidade em praticamente nenhum nível pois conduziria a testes e processos de validação dispendiosos (Abdallah, 2013).

A garantia da qualidade, segurança e disponibilidade de medicamentos é fundamental para a proteção da saúde pública. Órgãos reguladores desempenham um papel crucial na manutenção dos padrões de qualidade, eficácia e segurança dos medicamentos por meio de um conjunto de diretrizes e requisitos, especialmente as de Boas Práticas de Fabrico (BPF). O Controlo da Qualidade (CQ) é o pilar para assegurar a qualidade dos medicamentos e engloba todas as etapas da produção farmacêutica, desde a análise das matérias-primas (substâncias ativas, excipientes e materiais de embalagem) até à libertação final do produto acabado (os medicamentos destinados à administração ao paciente). Um dos desafios enfrentados pelos laboratórios do CQ nas empresas farmacêuticas é amostrar as matérias-primas com um tempo de análise curto e eficaz, de modo a obterem um melhor desempenho (Dispas et al., 2022).

A indústria de medicamentos genéricos concentra-se na produção de medicamentos fora de patente que anteriormente eram vendidos sob direitos exclusivos pelos fabricantes originais. Dado que os problemas relacionados com reações adversas são abordados pelos fabricantes originais do medicamento, os fabricantes de medicamentos genéricos apenas enfrentam desafios relativos à sua cadeia de abastecimento (Abdallah, 2013).

Esta dissertação aborda o caso de uma empresa farmacêutica que produz medicamentos genéricos, designada por empresa X, por razões de confidencialidade. Um dos riscos mais significativos que esta empresa enfrenta na sua cadeia de abastecimento está relacionado com a dependência de fornecedores externos para obter as matérias-primas necessárias à produção de medicamentos. Estes riscos estão associados com o facto de certos fornecedores disponibilizarem matérias-primas para a mesma substância ativa que necessitam de mais análises, análises mais complexas, ou apresentarem no limite não-conformidades de qualidade. Para que não haja atrasos ou interrupções na cadeia de abastecimento que afeta a produção dos medicamentos, é necessário que o trabalho desenvolvido pelo CQ seja eficaz e para o ser, é necessário monitorizar o desempenho dos fornecedores, de modo a garantir os padrões internos de qualidade da empresa X.

## **1.2 Âmbito e objetivos**

A presente dissertação tem como objetivo criar um modelo de avaliação de fornecedores com foco na Qualidade, para monitorizar o respetivo desempenho. Adicionalmente, o modelo a ser desenvolvido

também tem como objetivo ser futuramente incluído no processo de tomada de decisão de compras de matérias-primas aos fornecedores.

### **1.3 Organização da dissertação**

A parte remanescente deste documento está organizada em seis capítulos, como se descreve de seguida.

O capítulo 2 contém uma visão geral da empresa onde esta dissertação foi desenvolvida, com especial foco no modelo de avaliação de fornecedores atualmente utilizado e no problema em estudo.

No capítulo 3 é realizada uma revisão de literatura sobre os vários conceitos considerados para a elaboração desta dissertação. De entre estes, destacam-se o sistema de gestão da qualidade, critérios utilizados para avaliar o desempenho dos fornecedores do ponto de vista da Qualidade, a avaliação e a gestão de desempenho, incluindo a sua definição e os métodos existentes, com uma comparação final dos mesmos.

No capítulo 4 é descrita a abordagem que irá ser utilizada para desenvolver o modelo de avaliação de fornecedores. Cada subcapítulo explica em detalhe como proceder em cada fase de construção do modelo, sempre fundamentados na revisão da literatura.

No capítulo 5 o modelo proposto no capítulo anterior é implementado ao presente caso em estudo. As decorrências derivadas desta implementação são descritas em pormenor à medida que o modelo é aplicado.

O capítulo 6 apresenta os resultados da implementação do modelo aplicado, mostrando as pontuações dos fornecedores por área e globais.

No capítulo 7 o modelo atual da empresa X é comparado com o modelo construído e apresentam-se as limitações do modelo desenvolvido. Também são apresentados neste capítulo o trabalho futuro e algumas reflexões.

## 2 O caso da empresa X

### 2.1 Introdução

Este capítulo apresenta a empresa X na secção 2.2 e a sua cadeia de abastecimento na secção 2.3, seguido da descrição do modelo atual de avaliação de fornecedores na secção 2.4 e da descrição do problema em estudo na secção 2.5. Em último lugar, apresentam-se as conclusões do capítulo na secção 2.6.

### 2.2 Apresentação

O estudo apresentado nesta dissertação é realizado na empresa X, uma empresa farmacêutica líder na produção e comercialização de medicamentos genéricos em Portugal. A empresa fabrica formas sólidas orais de diferentes referências de produto acabado, em forma de comprimidos, saquetas ou cápsulas, destinados ao mercado nacional e a outros países. A empresa X apresenta um portfólio abrangente de medicamentos e cobre mais de 85% das áreas terapêuticas, permitindo satisfazer um número elevado de pacientes com soluções terapêuticas de elevada qualidade a um custo acessível.

Dada a atividade da empresa, é necessária a existência de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) entendido como todo o conjunto de medidas organizadas destinadas a garantir que os medicamentos têm a qualidade necessária para a utilização prevista. O SGQ é um conjunto de elementos interligados, integrados na organização de uma empresa, que funcionam como uma engrenagem para atender à política da qualidade e aos objetivos da entidade. Desta forma, a qualidade é assegurada com processos e procedimentos específicos, desenhados para cada empresa, sendo assegurada da melhor forma nos produtos e serviços para atender às expectativas dos clientes. Os departamentos de Controlo de Qualidade (CQ) e Garantia de Qualidade (GQ) integram a Unidade de Qualidade desta organização.

Relativamente ao departamento do CQ, este é responsável por realizar atividades altamente regulamentadas, incluindo análises para se certificar que os medicamentos são seguros para consumo. Uma das principais atividades realizadas no laboratório do CQ é a amostragem, 1ª etapa de inspeção à chegada realizada a todas as matérias-primas, que têm de ser analisadas atestando assim a sua conformidade antes dos processos produtivos se iniciarem.

O departamento da GQ tem como principal papel supervisionar e garantir a qualidade dos medicamentos. Este departamento é responsável por garantir que os processos estão em conformidade com diretivas e *guidelines* regulamentares bem como com as Boas Práticas de Fabrico (BPF).

A análise do impacto das alterações e dos desvios ao sistema, com base em princípios de gestão do risco e uma revisão e monitorização completa das atividades realizadas, permite antecipar estrangimentos ao sistema e identificar soluções de uma forma capaz e proactiva garantindo que os objetivos são cumpridos. Aspetos como a gestão organizacional, a comunicação, formação, gestão

documental, auditorias, relações com entidades terceiras e melhorias ao sistema, são também aspetos importantes de qualquer sistema de qualidade que devem ser tidos em conta no âmbito regulamentar e que são analisados noutros capítulos destas boas práticas.

Este trabalho será desenvolvido nestes dois departamentos da qualidade da empresa X, responsáveis por garantir que os produtos farmacêuticos são produzidos de maneira eficaz, com segurança e com qualidade.

### **2.3 Cadeia de abastecimento**

A gestão de cadeia de abastecimento abrange não só os fluxos de materiais como também fluxos de informação, financeiros e técnicos dentro e entre as organizações. O objetivo de cada cadeia de abastecimento de uma organização é apresentar uma gestão eficaz onde os fluxos dos materiais são suaves e contínuos em todos os níveis da organização (Pedroso & Nakano, 2009).

A empresa X apresenta dois tipos de negócios, produção e embalagem dos medicamentos para a própria empresa X e fabrico para terceiros. No entanto, existem casos em que recorrem a outros fabricantes para produção de medicamentos de diferentes formas farmacêuticas, nomeadamente semissólidos e líquidos.

O primeiro nível da cadeia de abastecimento da empresa X, que se mostra simplificado na Figura 1, é relativo aos fornecedores das matérias-primas. Estas referem-se aos produtos incluídos na produção dos medicamentos, nomeadamente os *Active Pharmaceutical Ingredients* (APIs), que são as substâncias ativas do produto final, e os Excipientes, que correspondem às substâncias inativas. Outros materiais também são fornecidos, como os materiais utilizados para o embalagem dos medicamentos, sendo estes distinguidos como primários, ou seja, os materiais que estão em contacto com o medicamento (PVC, Alumínio e OPA), ou secundários, que correspondem aos materiais que não estão em contacto com o medicamento (cartonagens e folhetos).

As matérias-primas são rececionadas no armazém, inspeccionadas pelo CQ através de Amostragens, ou seja, amostras são retiradas para análise pelo CQ, de modo a confirmar que cumprem com as especificações estipuladas.

Após a qualidade e conformidade das matérias-primas estar confirmada, estas são disponibilizadas à unidade fabril de acordo com a ordem de produtos a serem produzidos. A produção engloba quatro tipos de formas sólidas orais: comprimidos (revestidos ou não revestidos), cápsulas e saquetas. O início da produção de medicamentos começa com a pesagem, seguindo-se mistura e ou granulação, tamisação, compressão ou encapsulação e por fim, revestimento (se aplicável). Durante os processos produtivos são efetuados vários controlos em processo, efetuando-se várias amostragens ao longo dos mesmos. Monitorização das condições ambientais são parte integrante do sistema de BPF.

A fase seguinte ao fabrico é relativa ao embalamento do produto a granel. O embalamento compreende duas fases: o primário, onde o produto é colocado em *blisters* (no caso de comprimidos ou cápsulas) ou em saquetas se o produto estiver em forma ainda de granulado ou pó. A segunda fase de embalamento, secundária, refere-se à colocação dos blisters ou saquetas nas cartonagens finais juntamente com o folheto informativo.

O produto final já embalado é conservado no armazém. Para cada lote de produto fabricado são retiradas amostras de referência/retenção que são mantidas na posse do responsável de fabrico durante a validade do mesmo no mercado. A distribuição integra outra etapa crítica do medicamento, estando esta integrada e regulada ao abrigo das Boas Práticas de Distribuição (BPD), sendo realizada por entidades externas para farmácias ou hospitais, que posteriormente os entregam aos doentes.

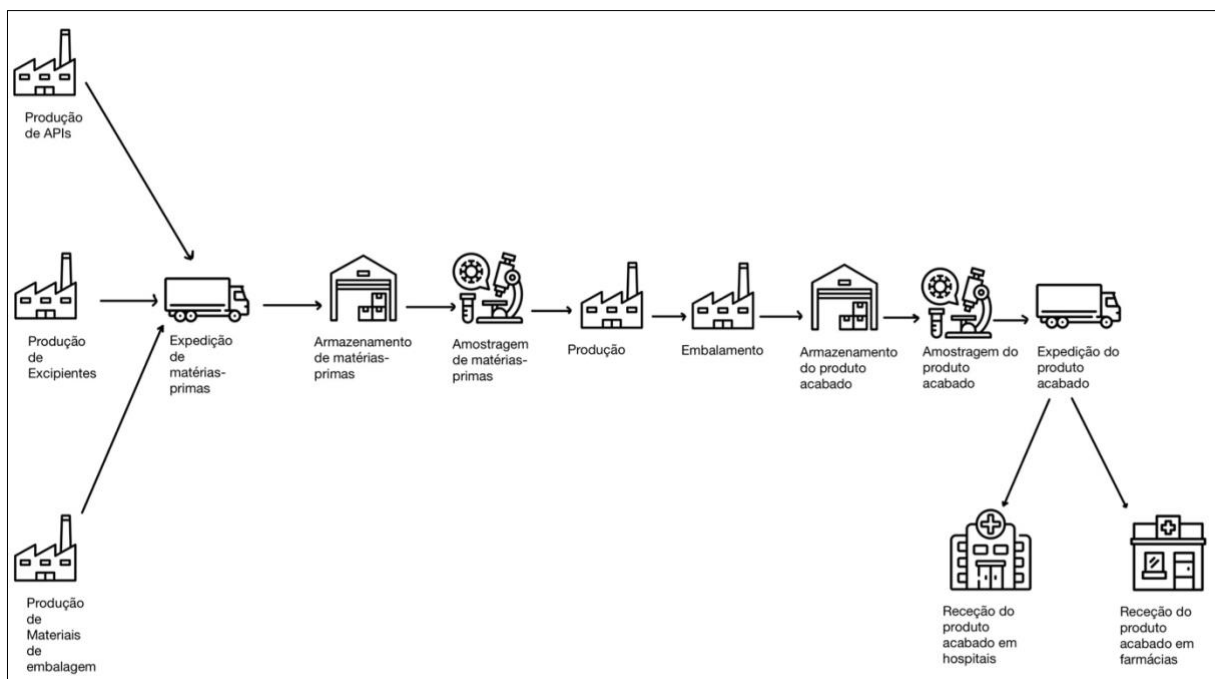


Figura 1. Cadeia de abastecimento simplificada da empresa X

## 2.4 Apresentação do modelo atual de avaliação de fornecedores

O modelo de avaliação de fornecedores atualmente utilizado pela empresa X foi criado durante a pandemia de COVID-19, quando a cadeia de abastecimento sofreu diversos desafios devido às regras de confinamento que abrandaram ou interromperam o fluxo de matérias-primas influenciando negativamente a capacidade de produção. Deste modo, houve uma necessidade de criar um modelo de avaliação de desempenho de fornecedores.

O modelo criado tem em conta critérios referentes à área da logística. Os principais critérios encontrados como relevantes para a avaliação foram o número de atrasos, o número de devoluções e a quantidade não conforme. Estes critérios foram definidos por elementos do Departamento de Planeamento e Compras, o único departamento envolvido no desenvolvimento do modelo.

Após a identificação dos critérios de avaliação, foram definidos os respetivos pesos, sendo estes 35%, 35% e 30%, respetivamente. É de notar que estas ponderações foram definidas baseadas na importância direta atribuída aos critérios, o que é considerado ser o “erro crítico mais comum” em avaliação multicritério (Keeney, 1992).

De maneira a obter a classificação final dos fornecedores, foram utilizadas duas ferramentas computacionais, o SAP e o Excel. De maneira a recolher e tratar os dados dos fornecedores da empresa X foi utilizado o software SAP. Estando os dados recolhidos, estes são exportados do SAP para o Excel de modo a obter as classificações dos fornecedores. Cada fornecedor  $i$  é classificado com uma pontuação  $P_i$ , determinada pela equação (1).

$$P_i = 0,35A_i + 0,35D_i + 0,30N_i, \quad (1)$$

onde,  $A_i$  indica o número de atrasos do fornecedor  $i$ ,  $D_i$  indica o número de devoluções do fornecedor  $i$  e  $N_i$  indica a quantidade não conforme do fornecedor  $i$ .

De modo a entender melhor o processo utilizado para aplicar o modelo acima descrito é importante representá-lo visualmente. Deste modo, a técnica *Mind Mapping*, criada por Buzan (1993), é utilizada para estruturar o processo visualmente (Buran & Filyukov, 2015). Este mapa foca-se numa ideia central, ramificando-se em tópicos e subtópicos. A ferramenta de software utilizada para aplicar esta técnica designa-se por *Miro*.

Uma série de passos foram seguidos para realizar o mapeamento do processo do modelo de avaliação de fornecedores. O primeiro passo foi identificar o tópico central, o segundo foi identificar as categorias principais relacionadas com o tópico central e o terceiro foi expandir os tópicos principais em subtópicos.

O processo de avaliação utilizado atualmente pela empresa X, cujo esquema se mostra na Figura 2, é realizado anualmente e entra em consideração no processo de tomada de decisão de compras de matérias-primas aos fornecedores.

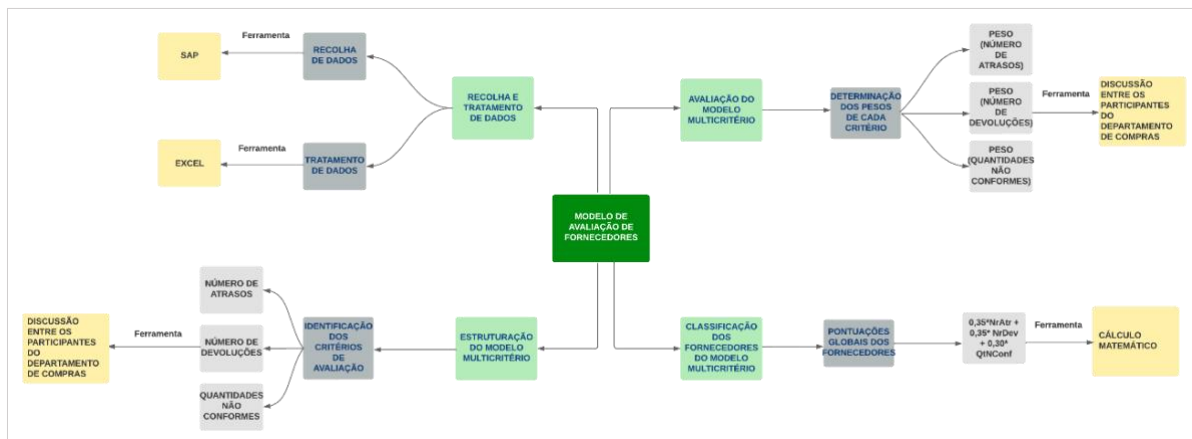


Figura 2. *Mind Map* do Modelo de Avaliação Fornecedores em vigor

## 2.5 O problema em estudo

O primeiro ponto levantado na reunião inicial com o Engenheiro de Excelência Operacional da empresa X, foi o facto de o Departamento do CQ ter a necessidade de criar um modelo de avaliação de fornecedores para que os respetivos desempenhos sejam avaliados e monitorizados com regularidade, e que futuramente sejam considerados na decisão de aquisição das matérias-primas. Nessa primeira reunião foi assim acordado que o modelo a ser criado deverá ter em consideração os pontos de vista dos colaboradores deste mesmo departamento, de modo a integrar a Qualidade na avaliação de fornecedores. Visto que os fornecedores apresentam um desempenho diferente dependendo dos materiais que fornecem, os fornecedores serão avaliados pelo tipo de material que fornecem.

A necessidade do CQ de criar um novo modelo de avaliação de fornecedores surgiu, porque na receção de dois materiais idênticos, dependendo do fornecedor, uns podem trazer mais constrangimentos a nível do trabalho a ser realizado no laboratório em detrimento de outros.

Apesar de já existir um modelo de avaliação de fornecedores que contempla o seu desempenho logístico, estes dois modelos não vão ser integrados num só, devido a limitações de tempo. Foi decidido pela empresa X que o modelo a criar só deveria avaliar o desempenho dos fornecedores de acordo com a Qualidade, não sendo um modelo a ser utilizado isoladamente para avaliar o fornecedor e para realizar a tomada de decisão das compras.

Após a reunião inicial, a fase de estruturação do problema percorreu quatro etapas. A primeira foi analisar os processos relacionados com os fornecedores da empresa X, incluindo o Plano de amostragens das matérias-primas (APIs e Excipientes), Inspeção de Materiais de Embalagem, Reclamações, Auditorias e Programa de Aprovação e Qualificação de fornecedores. Estes processos são referentes tanto ao Departamento do CQ, como ao do Departamento da GQ, sendo estes os dois departamentos que estão englobados no sistema de gestão da qualidade da empresa X. Assim, ficou decidido que na construção do modelo também iriam participar colaboradores do departamento da GQ.

No momento de realização dos mapeamentos dos processos, os dados existentes relativos a cada um, também foram analisados. Verificou-se a existência de uma imensidão de documentos para cada fornecedor e o facto de alguns dados não se encontrarem sintetizados numa base de dados. Assim, para construir este modelo, realizou-se uma filtragem dos fornecedores a serem incluídos e especificou-se um intervalo temporal de análise.

Em discussão com a diretora do CQ, chegou-se à conclusão de que os fornecedores a avaliar são os de APIs visto que muitos deles não apresentam identificação RAMAN, ou seja, não conseguem ser identificados pela espectroscopia RAMAN, o que significa que o número de contentores, onde chegam os APIs do mesmo lote a amostrar, é maior. Numa ideia inicial, pensou-se em incluir todos os fornecedores aprovados de APIs. No entanto, na recolha de dados ao longo do tempo, chegou-se à conclusão que devido a limitações de tempo não poderiam ser incluídos todos, tendo a avaliação ficado restrita a fornecedores de um único API, o Paracetamol.

Para além disso, ficou acordado que novos fornecedores não serão avaliados através deste modelo, pois os critérios que os avaliam são diferentes e já existe na empresa X um modelo para esse efeito.

O intervalo de tempo de análise ficou definido de 1 de Abril de 2021 a 1 de Abril de 2023. Inicialmente, tinha sido colocada a hipótese de ser uma análise anual, mas na recolha de dados chegou-se à conclusão que seria mais adequado o modelo incluir na avaliação um ano adicional, pois num único ano não existia um número significativo de dados. Este modelo será construído para ser reutilizado em futuras avaliações em que irá sempre incluir dados dos dois últimos anos a partir do dia em que ocorre a avaliação.

A segunda etapa, passou por expor ao grupo de decisores as metodologias existentes para avaliar os fornecedores. Após uma discussão entre os vários participantes ficou acordado que iria ser utilizada uma metodologia multicritério no desenvolvimento do modelo (esta escolha está explicada na secção 3.5.3).

Na terceira etapa da estruturação do problema, foi realizada uma revisão de literatura dos critérios que devem ser incluídos para avaliar o desempenho de fornecedores do ponto de vista da Qualidade em empresas farmacêuticas (ver secção 3.3). O objetivo é considerar estes critérios mais adiante no momento da construção de um mapa causal de grupo.

Na quarta etapa da estruturação do problema, foi realizado um mapa causal de grupo, elaborado com base nas preocupações enunciadas pelos participantes relativamente à avaliação de desempenho dos fornecedores na sua totalidade. Foi realizada então, uma reunião com participantes pertencentes a diferentes departamentos da empresa para assegurar uma discussão mais ampla e fundamentada, o que assegurou que todas as ideias relevantes a incluir no modelo fossem tomadas em consideração. Nesta reunião participaram seis atores, sendo dois do departamento do Controlo da Qualidade, dois do

departamento da Garantia da Qualidade, um do departamento da Excelência Operacional e um consultor facilitador de processos, tendo sido este último responsável por conduzir a reunião.

A reunião foi dividida em três fases. Na primeira fase, a questão central consistiu na identificação dos aspetos que deveriam ser incluídos no modelo de avaliação de fornecedores do ponto de vista da Qualidade. Assim, cada participante escreveu uma preocupação que considerasse relevante por *post-it*. De seguida, os *post-its* foram colocados num quadro, agrupados de acordo com a sua semelhança, e os que se encontravam repetidos foram eliminados. Numa segunda fase, cada preocupação foi discutida para verificar se faria sentido estar incluída no modelo e a sua caracterização foi feita, por exemplo, para se perceber se era um objetivo-meio, um objetivo-fim ou uma ação, tendo permitido chegar ao mapa causal de grupo que se mostra na Figura 3. Para além disso, através da pergunta 'Como pode este aspeto ser alcançado?', outros objetivos-meios foram também encontrados. Numa terceira etapa, discutiu-se a aplicabilidade das ideias encontradas na empresa X.

Por último, nesta reunião, os critérios identificados na terceira etapa da estruturação do problema, que se encontram na secção 3.3, foram apresentados aos decisores para se discutir se estes também deveriam ser incluídos ou não no modelo de avaliação de desempenho. A decisão de os mostrar em último lugar teve como objetivo não influenciar a direção do pensamento dos decisores.

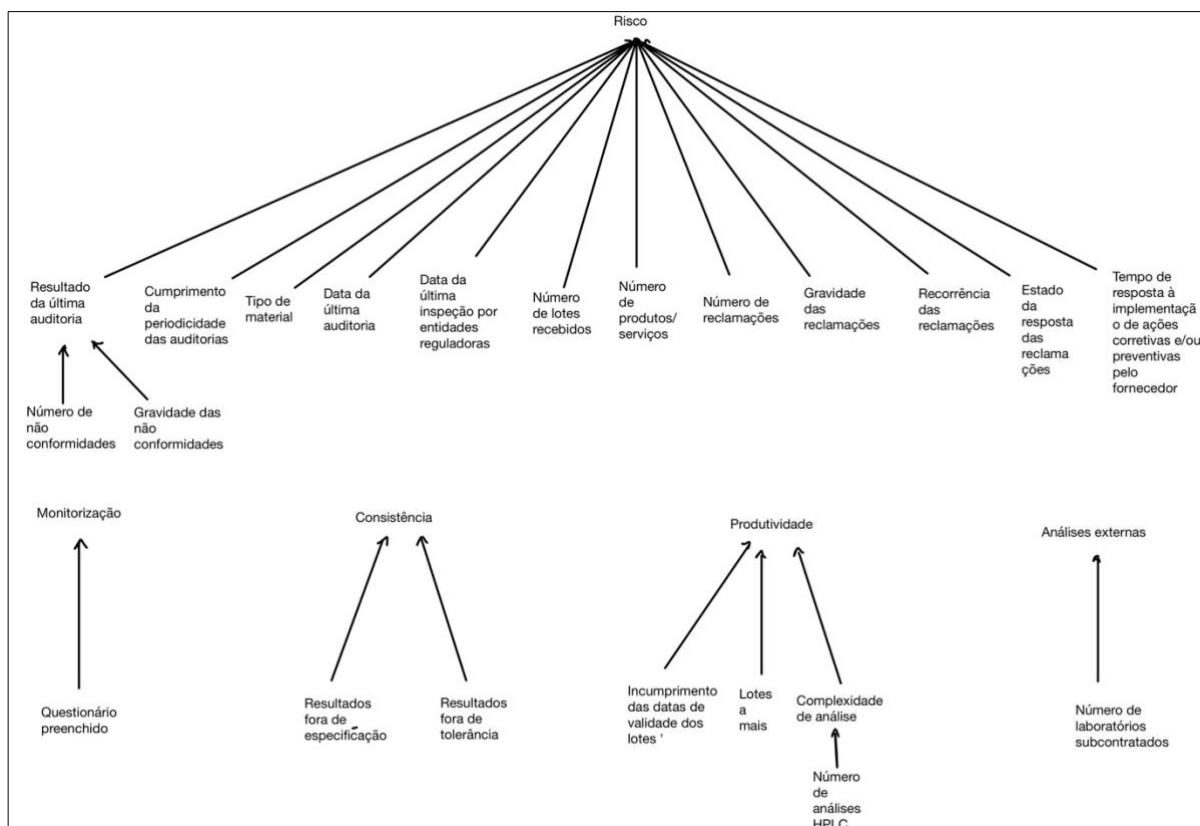


Figura 3. Mapa causal de grupo

Ao observar o mapa causal de grupo, entende-se que os fornecedores irão ser avaliados em diferentes famílias de critérios, onde cada uma irá ser explicada de seguida.

Família Risco: Está relacionada com a receção de matérias-primas não conformes do ponto de vista da Qualidade, medindo assim a credibilidade do fornecedor. Esta família avalia o desempenho dos fornecedores de acordo com auditorias e reclamações. O Risco deve ser incluído no modelo de avaliação pois permite evitar não conformidades futuras que possam afetar o bom funcionamento do sistema da qualidade da empresa X, como do resto da cadeia de abastecimento.

Família Consistência: Está relacionada com a regularidade da conformidade dos resultados das amostragens realizadas às matérias-primas. Esta família avalia o desempenho dos fornecedores de acordo com os resultados fora de especificação, assim como, com os resultados fora de tolerância obtidos.

Família Produtividade: Está relacionada com a eficácia do trabalho realizado pelos analistas do CQ que depende das características do fornecedor. Esta família avalia o desempenho dos fornecedores de acordo com o número e a data de validade dos lotes recebidos pelos fornecedores e pelo número e respetiva complexidade das análises realizadas aos lotes.

No entanto, após uma reflexão nos dias seguintes, o mapa sofreu alterações, como pode ser verificado na Figura 4. Na família Risco, a primeira alteração feita foi a eliminação do Tipo de material e o Número de produtos ou serviços, pois existe apenas um tipo de material a ser avaliado que são os APIs. O Número de lotes recebidos também foi eliminado, porque apesar de o risco ser maior quanto maior for o seu número, este depende apenas da encomenda realizada da empresa X ao fornecedor, ou seja, o desempenho do fornecedor não pode ser prejudicado por um aspeto que não lhe é imputável. O Cumprimento da periodicidade das auditorias, ou seja, a medida em que o intervalo de tempo que decorre entre as auditorias realizadas ao fornecedor está de acordo com a periodicidade teórica definida pela empresa X, foi eliminado. Esta eliminação deveu-se ao facto de o cumprimento da periodicidade das auditorias não depender do fornecedor, mas apenas da empresa X, visto que a mesma é a entidade responsável por definir quando as auditorias são realizadas. A última alteração realizada nesta família, foi a unificação do número de reclamações e gravidade das reclamações, resultado das reclamações, pois estes aspetos apresentam dependências entre si.

A Monitorização, que está relacionada com o controlo da qualidade dos fornecedores e avalia o desempenho dos mesmos de acordo com a regularidade a que preenchem o questionário realizado pela empresa X com as especificações dentro das conformidades, foi retirada do modelo. A razão foi porque atualmente não existem dados para incluí-la, visto que os questionários da Qualidade ainda não são preenchidos regularmente, mas apenas no momento de aprovação de um fornecedor.

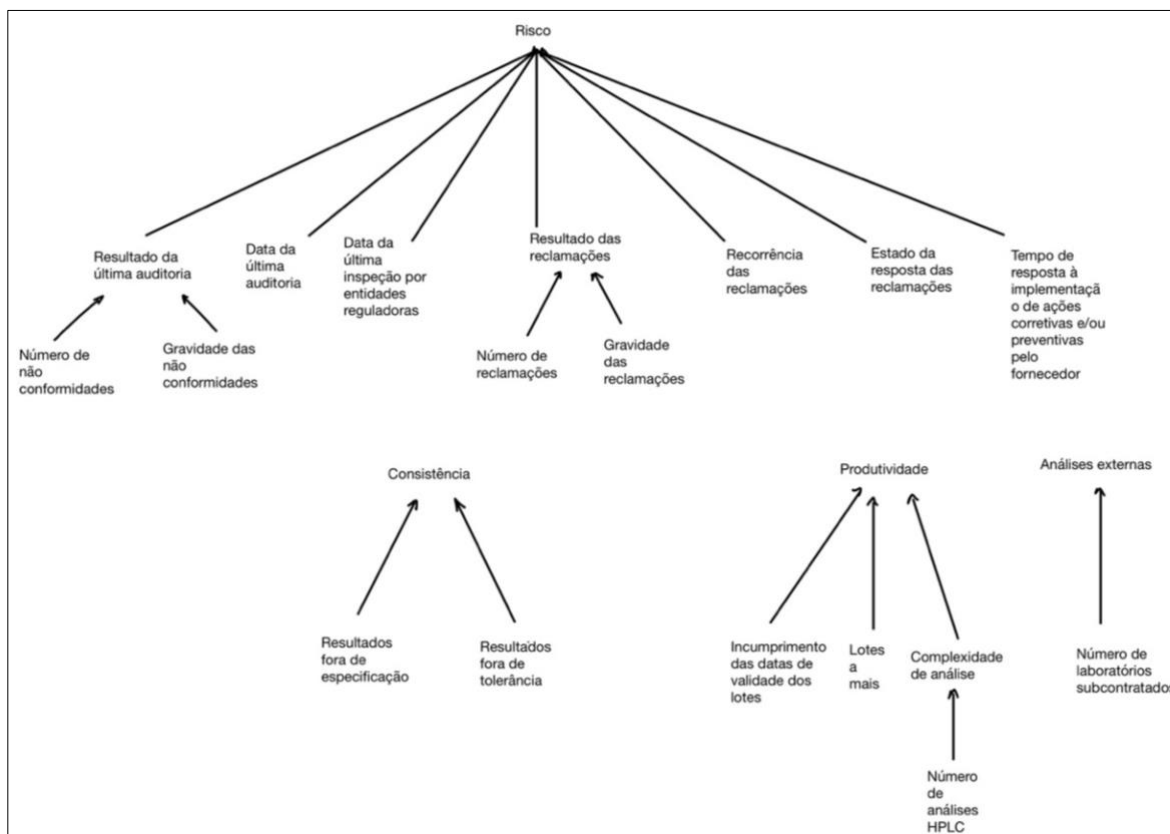


Figura 4. Mapa causal de grupo final

Numa fase anterior, antes de se obter o mapa causal de grupo da Figura 4, tinha sido realizado um mapa para cada fornecedor porque as preocupações enunciadas para cada um deles tinham sido diferentes, relativamente aos Resultados fora de tolerância/tendência. Uma das preocupações levantadas, foi que as diferenças entre os resultados dos testes às matérias-primas da empresa X e do fornecedor não deveriam ultrapassar um certo valor, para que não estivessem fora de tolerância. Como os testes realizados às matérias-primas são diferentes dependendo do fornecedor, para o fornecedor A existem preocupações relativas aos resultados fora de tolerância de testes que não são os mesmos para o fornecedor B, tendo sido criados dois mapas distintos. No entanto, após reflexão, percebeu-se que as preocupações eram as mesmas, apesar dos testes realizados serem diferentes e foi possível mais tarde, encontrar um critério e a respetiva medida de desempenho que pudessem ser utilizados para qualquer fornecedor.

## 2.6 Conclusões do capítulo

O estudo apresentado nesta dissertação é realizado na empresa X, uma empresa farmacêutica líder de medicamentos genéricos em Portugal. A empresa produz diferentes tipos de medicamentos, não apenas para o mercado nacional, mas também para outros países. Dentro da empresa X, existe um sistema de gestão da qualidade composto por dois departamentos, o Controlo da Qualidade e a Garantia de Qualidade. O trabalho irá ser desenvolvido nestes dois departamentos que desempenham um papel fundamental para garantir que os produtos farmacêuticos são produzidos com eficácia, segurança e qualidade.

Antes da construção do modelo, também se analisou o modelo de avaliação de fornecedores atualmente utilizado pela empresa X, que foi criado em resposta aos desafios enfrentados durante a pandemia COVID-19. O modelo criado inclui critérios logísticos em que estes foram definidos por colaboradores do departamento Planeamento e Compras. A avaliação é realizada anualmente e influencia a seleção de fornecedores da empresa X.

Na fase da estruturação do problema começou-se por discutir a necessidade de se criar um modelo de avaliação de fornecedores, com foco na Qualidade. O principal objetivo da construção deste modelo seria para monitorizar o desempenho dos fornecedores e num futuro próximo, este poder ser incluído nas decisões de compra das matérias-primas.

Outros aspetos considerados na estruturação do problema foram que o modelo será baseado nos pontos de vista e opiniões dos colaboradores dos departamentos do CQ e da GQ, os fornecedores serão avaliados pelo tipo de material que fornecem visto que o seu desempenho varia dependendo do material que entregam, o modelo não será integrado com o modelo logístico existente devido a restrições de tempo, a avaliação será focada nos fornecedores de APIs, os novos fornecedores não serão avaliados por este modelo pois são avaliados por critérios diferentes e a avaliação terá de considerar dados dos dois últimos anos anteriores à avaliação.

## **3 Revisão da literatura**

### **3.1 Introdução**

Para desenvolver o modelo de avaliação e de gestão de desempenho de fornecedores da empresa X foi necessário realizar uma revisão da literatura relativa aos conceitos e métodos de avaliação de fornecedores existentes. A pesquisa envolveu a escolha das bases de dados a serem utilizadas, dos termos a serem pesquisados e dos critérios de inclusão a fim de determinar os artigos mais relevantes.

As bases de dados utilizadas, não só neste capítulo, mas em toda a dissertação foram a Elsevier's Scopus, Science Direct e B-on, visto que contêm uma vasta gama de artigos e revistas científicas na área da engenharia e da gestão. Relativamente aos termos aplicados na pesquisa, estes focaram-se nas palavras-chave "*Suppliers*" e "*Evaluation methods*". Em relação aos critérios de inclusão, os utilizados para as áreas de estudo foram "*Engineering*", "*Business, Management and Accounting*", "*Decision Sciences*" e "*Mathematics*", para o tipo de documento "*Article*", "*Review*" e "*Book Chapter*" e para a língua "*English*" e "*Portuguese*". Com esta seleção, o número de artigos diminuiu, facilitando assim a pesquisa.

A parte remanescente deste capítulo encontra-se dividida em cinco secções. A secção 3.2 refere-se ao sistema de gestão da qualidade na indústria farmacêutica, a secção 3.3 menciona critérios utilizados para avaliar o desempenho de fornecedores do ponto de vista da Qualidade em empresas farmacêuticas, a secção 3.4 dedica-se a realçar a importância da avaliação e gestão de desempenho dos fornecedores, a secção 3.5 ilustra métodos de avaliação de fornecedores e por último a secção 3.6 apresenta as conclusões do capítulo.

### **3.2 Visão geral do sistema de gestão da qualidade na indústria farmacêutica**

O sistema de gestão da qualidade é crucial em todas as empresas farmacêuticas de modo a atingirem produtos seguros e com qualidade (Chaitanya et al., 2018). Este sistema é responsável por documentar processos, procedimentos e responsabilidades para que se consigam alcançar políticas e objetivos da qualidade. Os benefícios de implementar este sistema incluem melhorar os processos, reduzir o desperdício, prevenir erros, reduzir custos, entre outros (American Society for Quality, 2023).

Em qualquer indústria farmacêutica, a Garantia da Qualidade (GQ) e o Controlo da Qualidade (CQ) são unidades que apresentam um papel bastante importante, em que o objetivo dos mesmos não é apenas testar, mas também produzir qualidade superior do produto acabado (Chaitanya et al., 2018). Os conceitos de CQ e GQ encontram-se definidos na Tabela 1.

Tabela 1. Diferenças existentes entre Controlo da Qualidade e Garantia da Qualidade (Adaptado de: Chaitanya et al., 2018)

Parâmetros	Garantia da Qualidade	Controlo da Qualidade
Foco	Prevenir defeitos com atenção especial no processo.	Identificar os defeitos do produto acabado.
Objetivo	Melhorar os processos de desenvolvimento e teste para que não surjam defeitos.	Identificar defeitos após o produto ser desenvolvido e antes de ser lançado.
Como	Estabelecer um bom sistema de gestão e avaliação de qualidade com controlo contínuo.	Encontrar fontes de problemas de qualidade para que os requisitos do cliente sejam satisfeitos.
O quê	Prevenção de problemas de qualidade através de atividades planeadas e sistemáticas.	Técnicas analíticas utilizadas para manter a qualidade do produto e do processo.
Responsabilidade	Todos os membros da equipa.	De uma equipa específica que testa o produto para detetar defeitos.

Como observado na Tabela 1, o CQ tem como responsabilidade detetar defeitos existentes nos produtos sempre que estes existam. Deste modo, nesta unidade e em cumprimento com as Boas Práticas de Fabrico, a primeira etapa a ser realizada é o processo de amostragem dos materiais rececionados de todos os fornecedores. O processo de amostragem, especificamente das substâncias ativas, é a primeira etapa que afere/avalia a conformidade de uma matéria-prima pelos princípios de inspeção aplicados. O número de contentores a serem inspecionados é uma das variáveis com elevado impacto no processo podendo ser coadjuvado o processo recorrendo a técnicas de identificação automáticas, sendo uma delas utilizada pela empresa X (identificação RAMAN), esta técnica permite identificar rapidamente a informação química dos componentes do material e a sua estrutura. Durante a inspeção, observa-se e analisa-se a existência de defeitos, que são distinguidos em críticos, maiores e menores e que dependendo da sua incidência determinarão se o lote é aceite ou não e no último

caso uma investigação terá que ser iniciada. Se após a investigação o lote continua a não ser aceite é enviada uma reclamação ao fornecedor.

A GQ é responsável pela documentação relacionada com as reclamações aos fornecedores, nomeadamente pela investigação e seguimento. Uma das outras atividades planeadas e sistemáticas da GQ que previnem problemas de qualidade são as auditorias. O sistema de auditorias a fornecedores é um sistema que audita fabricantes e fornecedores das matérias-primas, verificando o cumprimento dos requisitos das Boas Práticas de Fabrico e de Distribuição. As auditorias podem ser realizadas por conta própria ou entidades externas e quanto à sua periodicidade, no caso da empresa X, é determinada por uma avaliação de risco dos fornecedores.

### **3.3 Critérios utilizados para avaliar o desempenho de fornecedores do ponto de vista da Qualidade em empresas farmacêuticas**

Num estudo realizado na Grécia, dois dos critérios da qualidade utilizados para selecionar e avaliar um fornecedor, de entre vários, foram a certificação do fornecedor e a especificação do produto (Kirytopoulos et al., 2008). Um fornecedor ao apresentar certificados de qualidade nacionais e/ou internacionais permite que a empresa tenha uma garantia de que as normas da qualidade são implementadas. No entanto, este critério trata-se de um critério de aceitação e não de avaliação, que já está incluído na empresa X no processo de aprovação dos fornecedores que ocorre antes da implementação do modelo de avaliação. Quanto à especificação do produto, é importante que este seja considerado nas avaliações dos fornecedores pois as matérias-primas para serem utilizadas na produção de medicamentos têm de ser testadas de acordo com vários parâmetros e estes têm de apresentar resultados que estejam de acordo com as especificações regulamentadas.

Um segundo caso de estudo sobre a avaliação de fornecedores de matérias-primas numa indústria farmacêutica na Indonésia, também mostrou que de entre os critérios que devem ser considerados na avaliação da qualidade dos mesmos, um deles refere-se às reclamações (Abdillah & Hasibuan, 2021). As reclamações são uma maneira de medir a qualidade dos produtos recebidos pelo fornecedor, pois estas ocorrem quando um equipamento ou produto defeituoso é recebido de um fornecedor ou um serviço é realizado de forma incorreta ou inadequada. Para além das reclamações, um dos critérios mencionados neste caso de estudo foi a gestão do desvio (Abdillah & Hasibuan, 2021). Este critério avalia a consistência dos resultados, ou seja, permite analisar se o produto apresenta resultados consistentes.

### **3.4 Definição e a importância da avaliação e de gestão de desempenho**

Antes de definirmos e analisarmos os métodos de avaliação e de gestão de desempenho de fornecedores existentes, é fundamental entender, em primeiro lugar, o conceito de gestão de desempenho. Gestão de desempenho é um processo contínuo de identificação, medição e desenvolvimento do desempenho de indivíduos e equipas e de alinhamento do desempenho com os objetivos estratégicos da organização. Os componentes incluídos nesta gestão são destacados em

cinco: o primeiro, é referente à medição de desempenho, onde os objetivos a serem atingidos são definidos entre o supervisor e o supervisionado. Em segundo, tem em consideração o desempenho passado e futuro, ou seja, tem em conta planos de desenvolvimento que permitem perceber as áreas que precisam de melhorias. Em terceiro, os gestores têm de ter em atenção que a atividade dos colaboradores dentro da empresa tem de estar alinhada com os seus objetivos. Em quarto, o processo de gestão de desempenho não tem uma data-limite, é um processo contínuo. Por último, esta gestão beneficia todos os elementos que participam no sistema (Aguinis et al., 2011).

De entre os benefícios que resultam de uma empresa apresentar um modelo de gestão de desempenho destacam-se os seguintes: ações administrativas mais adequadas, objetivos da organização tornam-se mais claros, mudança organizacional mais facilitada, o empenho e o envolvimento das pessoas é maior (Aguinis et al., 2011). Mais em concreto, quando nos referimos ao desempenho de fornecedores numa organização, os sistemas de avaliação e gestão de desempenho, vão permitir que a organização tenha um conhecimento mais alargado relativamente aos fornecedores e vão permitir que os fornecedores tenham um conhecimento mais alargado relativamente aos aspetos do desempenho que são considerados pela organização em questão. Por conseguinte, o processo de avaliação torna-se mais eficaz, as relações na cadeia de abastecimento mais fortes e o desempenho dos fornecedores e da empresa é melhorado (Luzzini et al., 2014).

Analisando o conceito e os benefícios descritos acima, conclui-se que a medição do desempenho é um fator fundamental para o sucesso de uma empresa e um fator determinante de vantagem competitiva (Aguinis et al., 2011).

### **3.5 Métodos de avaliação e de gestão de desempenho**

#### **3.5.1 Evolução dos métodos de avaliação e de gestão de desempenho**

Os processos inerentes ao longo de uma cadeia de abastecimento estão em constante mudança e o processo de avaliação de fornecedores não é exceção. Há uma necessidade crescente deste processo ser cada vez mais eficiente e flexível, para certos objetivos conseguirem ser atingidos, como diminuição de custos e melhoria da qualidade, e por isso mesmo, os fornecedores devem ser tidos em conta como parceiros chave. Uma das maiores vantagens para uma organização em possuir um método de avaliação de desempenho de fornecedores é a diminuição de riscos causados pelas compras (Akyüz et al., 2018).

Diversos fatores afetam a avaliação de fornecedores, tornando-se num processo complexo de resolver. Assim, vários métodos de avaliação foram estudados de modo a serem apropriados para cada tipo de problema. A primeira ação realizada pelos investigadores foi a separação dos métodos entre qualitativos e quantitativos, em que os quantitativos conseguem ter em conta tanto fatores tangíveis como intangíveis. Akarte et al. (2001) agregou os métodos em *linear weighting model*, *mathematical models* e *analytic hierarchy process (AHP)*. Shyur & Shih (2006) agregaram os métodos em tomada de

decisão multi-atributo, otimização multi-objetivo, abordagens estatísticas/probabilísticas, e abordagens inteligentes (Akyüz et al., 2018).

Ho et al. (2010) realizou uma revisão de literatura relativa aos métodos de seleção e avaliação de fornecedores descritos em artigos de jornais internacionais entre 2000 e 2008, mostrando que os métodos de avaliação de fornecedores são diferenciados em dois grupos principais. O primeiro refere-se a métodos individuais que foram encontrados em 46 artigos (58,97%) e o segundo a métodos integrados, sendo estes menos populares, encontrados em 32 artigos (41,03%). Relativamente aos métodos individuais, os mais populares correspondem a *data envelopment analysis* (DEA), *mathematical programming*, *analytic hierarchy process* (AHP), *case-based reasoning* (CBR), *analytic network process* (ANP), *fuzzy set theory*, *simple multi-attribute rating technique* (SMART) e *genetic algorithm* (GA). Relativamente, à combinação de métodos, os mais dominantes referem-se aos que são integrados com o método AHP (Ho et al., 2010).

Posteriormente, uma revisão de literatura realizada por Azhar et al. (2021), englobou artigos mais recentes de 2008 a 2021 e mostrou que os métodos que têm vindo a ser aplicados nos problemas de decisão multicritério destacam-se em três categorias principais, sendo estas a de *distance-based*, *outranking* e *pairwise comparison*. Os métodos mais populares destas categorias correspondem ao *technique for order of preference by similarity to ideal solution* (TOPSIS) e *visekriterijumska optimizacija i kompromisno resenje* (VIKOR), *elimination et choix traduisant la réalité* (ELECTRE) e *preference ranking organization method for enrichment of evaluations* (PROMETHEE) e AHP e ANP, respetivamente (Azhar et al., 2021).

Para além das categorias mencionadas acima, existem outras em que os métodos podem ser agrupados, como podemos verificar na Tabela 2 (Zhang et al., 2020).

Tabela 2. Métodos de avaliação de fornecedores

Categoria	Métodos de avaliação de fornecedores
Métodos baseados em distância ( <i>distance-based</i> )	TOPSIS VIKOR
Métodos de prevalência ( <i>outranking</i> )	ELECTRE PROMETHEE
Métodos de comparação entre dois estímulos ( <i>pairwise comparison</i> )	AHP ANP
Métodos de programação matemática	DEA Programação linear Programação linear inteira Programação não linear inteira Programação por objetivos Programação multiobjectivo
Outros	GA

Os métodos de *distance-based* avaliam a distância a que o ponto ideal se encontra da solução. Os métodos de *outranking* avaliam o grau de dominância de uma alternativa perante outra e são utilizados em casos onde a informação se encontra incompleta e é pouco explícita. Os métodos de *pairwise comparison* avaliam e comparam a importância de critérios ou opções de acordo com uma escala (Azhar et al., 2021). Os métodos de programação matemática focam-se em encontrar a solução de um problema de otimização em que os critérios de desempenho definem a função objetivo e as propriedades alvo definem as restrições (Deenesh et al., 2017).

### **3.5.2 Descrição dos métodos de avaliação e de gestão de desempenho**

De acordo com Azhar et al. (2021), os métodos mais populares que têm vindo a ser aplicados nos problemas de decisão multicritério são o TOPSIS, VIKOR, ELECTRE, PROMETHE, AHP e ANP. Deste modo, nesta secção serão descritos os métodos referidos, para posteriormente, perceber as vantagens e limitações da sua utilização e consequentemente o método mais apropriado para ser utilizado na avaliação de fornecedores da empresa X.

#### **3.5.2.1 Método TOPSIS**

Hwang e Masud (1979) propuseram o método TOPSIS (Technique for order of preference by similarity to ideal solution) como uma abordagem na tomada de decisões com critérios múltiplos (Azhar et al., 2021). A ideia fundamental deste método é que a melhor alternativa deve encontrar-se o mais próximo da solução ideal, solução que maximiza os critérios de benefício e minimiza os critérios de desvantagem e mais afastada da solução ideal negativa, solução que maximiza os critérios de desvantagem e minimiza os critérios de benefício (Azhar et al., 2021). De acordo com Behzadian et al. (2012), os passos considerados neste método são apresentados a seguir.

1. Construir uma matriz de decisão normalizada.
2. Construir a matriz de decisão normalizada ponderada.
3. Calcular a solução ideal positiva e a solução ideal negativa.
4. Calcular a distância entre as soluções ideais e cada alternativa.
5. Calcular a proximidade relativa à solução ideal e selecionar a alternativa com maior proximidade.

Este método é aplicado em nove áreas de aplicação diferentes, sendo a gestão de cadeias de abastecimento e logística a área onde este método é mais aplicado com 27,5% dos artigos encontrados na literatura (Behzadian et al., 2012). Esta área inclui diversas subáreas, incluindo a seleção e avaliação de fornecedores. Chen et al. (2006) propôs a resolução de um problema de seleção de

fornecedores através do método TOPSIS, utilizando critérios como rentabilidade dos fornecedores, tipo de relação entre cliente e fornecedores, avanço tecnológico, qualidade da conformidade e fatores de resolução de conflitos (Behzadian et al., 2012). A avaliação dos fornecedores foi realizada através da definição de um coeficiente de proximidade, calculando distâncias entre as soluções ideais.

### **3.5.2.2 Método VIKOR**

O método VIKOR (Visekriterijumska optimizacija i kompromisno resenje) foi proposto em 1979 por Opricovicfor (Azhar et al., 2021), como uma abordagem na tomada de decisões com critérios múltiplos. Este método é utilizado principalmente para avaliar e comparar a sustentabilidade de vários planos energéticos com o objetivo de fornecer apoio à decisão para selecionar as opções mais sustentáveis e adequadas (Azhar et al., 2021). De acordo com Gul et al. (2016), os passos considerados na metodologia deste método são apresentados a seguir.

1. Calcular o melhor e o pior valor das funções dos critérios.
2. Calcular medidas de utilidade e de arrependimento.
3. Calcular os valores máximos e mínimos das medidas de utilidade e arrependimento.
4. Calcular os valores das opções através dos valores calculados nos passos anteriores e classificar as alternativas.

Este método tem vindo a ser aplicado em 13 áreas principais, sendo uma delas a gestão de cadeias de abastecimento, incluindo a avaliação e seleção de fornecedores, um dos tópicos mais referenciados nesta área (Gul et al., 2016). Em vários casos reais, a aplicação do método VIKOR foi usado como uma ferramenta para avaliar o desempenho dos fornecedores ao longo do tempo, ajudando as organizações a perceber as tendências, campos a melhorar e possíveis problemas com origem nos fornecedores.

### **3.5.2.3 Método ELECTRE**

Roy (1991) definiu cada método ELECTRE (Elimination et choix traduisant la réalité) como um método de prevalência (*outranking*) apresentando duas fases (Govindan & Jepsen, 2016).

1. Procedimento de Agregação de Múltiplos Critérios: Realizar comparações em pares das alternativas, onde estas são definidas pelo seu desempenho nos diversos critérios. Estas comparações levam à construção de relações *outranking*.
2. Procedimento de Exploração: Analisar as relações de prevalência construídas na fase anterior para posteriormente construir os resultados esperados.

O método ELECTRE tem várias variantes. Os métodos ELECTRE I, Iv e IS são métodos aplicados em problemas de escolha, referidos como *problematic  $\alpha$*  que têm como objetivo escolher o conjunto mais pequeno das melhores alternativas. Os métodos ELECTRE II, III e IV são métodos aplicados em problemas de classificação, designados por *problematic  $y$*  que têm como objetivo listar as alternativas por ordem de preferência decrescente. Os métodos ELECTRE TRI, TRI-C e TRI-nC são métodos aplicados em problemas de triagem, referidos como *problematic  $\beta$*  que têm como objetivo designar alternativas a um conjunto de categorias definidas (Govindan & Jepsen, 2016).

De entre as várias áreas de aplicação dos métodos ELECTRE, a área de logística e cadeia de abastecimento é uma delas, incluindo o layout, a localização e a seleção de fornecedores. Montazer et al. (2009) estudou um problema de seleção de subcontratantes por parte de uma empresa, utilizando a variante ELECTRE III. Alencar et al. (2010) estudou um problema de seleção de fornecedores, onde tiveram de realizar uma classificação global dos fornecedores através do ELECTRE IV (Govindan & Jepsen, 2016).

#### **3.5.2.4 Método PROMETHEE**

Brans (1982) propôs o método PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment of evaluations) como abordagem na tomada de decisões com critérios múltiplos. É um método de prevalência (*outranking*) de um conjunto de alternativas que apresentam critérios que por vezes colidem entre si. De acordo com Behzadian et al. (2010), tal como o método ELECTRE, apresenta várias variantes. O método PROMETHEE II permite classificar um conjunto de alternativas da melhor para a pior e tem em consideração os seguintes passos na sua metodologia.

1. Calcular desvios através da realização de comparações em pares.
2. Aplicar a função de preferência.
3. Calcular o índice de preferência global.
4. Cálculo dos fluxos de *outranking* / Classificação parcial PROMETHEE I.
5. Cálculo do fluxo líquido de *outranking* / Classificação completa do PROMETHEE II.

O método PROMETHEE é aplicado em nove áreas de aplicação diferentes, sendo a logística e o transporte, uma das áreas onde é aplicado. Esta área inclui diversas subáreas, incluindo problemas de localização, subcontratação e seleção de fornecedores e transporte (Behzadian et al., 2010).

Araz e Ozkarahan (2007) aplicaram o método PROMETHEE para desenvolver um novo método com vista a selecionar fornecedores para parcerias estratégicas e avaliar fornecedores com base em relações de preferência (Behzadian et al., 2010).

### 3.5.2.5 Método AHP

Saaty (1986) propôs uma das abordagens mais utilizadas na tomada de decisões com critérios múltiplos, sendo esta o Analytic Hierarchy Process (Azhar et al., 2021). De acordo com Vaidya & Kumar (2006), este método tem em consideração os seguintes passos na sua metodologia.

1. Definir o problema.
2. Definir os objetivos do problema.
3. Identificar os critérios relevantes no problema descrito.
4. Estruturar o problema de forma hierárquica com diferentes níveis, sendo o primeiro nível definido pelo objetivo, seguido pelos critérios, subcritérios e por último, as alternativas. A estruturação do problema pode ser observadas na Figura 5.

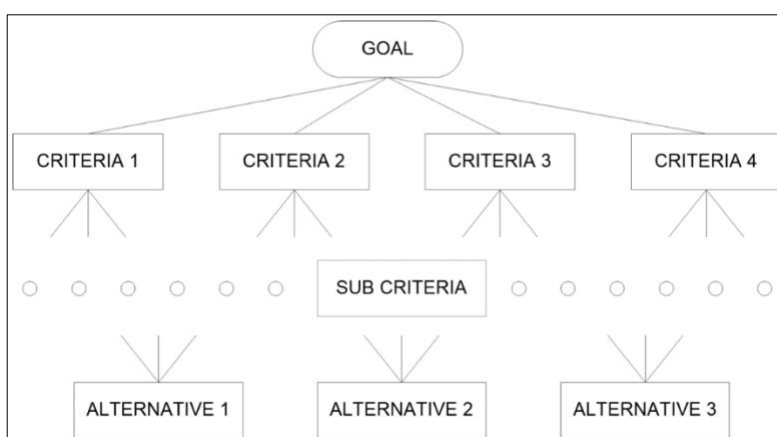


Figura 5. Estruturação do problema do processo AHP (Fonte: Azhar et al., 2021)

5. Comparar os elementos de cada nível definidos no passo anterior, através de uma escala numérica de importância, representada na Tabela 3, construindo matrizes de comparação em pares.

Tabela 3. Escala numérica de importância (Fonte: Azhar et al., 2021)

Scale of Importance	Definitions	Explanations
1	Equally Significant	Equality of two values
3	Slightly Significant	The value is slightly important than the other
5	More Significant	The value is preferable than the other
7	High Significant	The value is strongly preferable than the other
9	Very High Significant	The value is preferable than the other
2,4,6,8	Values between 1,3,5,7,9	According to explanations in 1,3,5,7 and 9

6. Calcular a razão de consistência (RC), sendo esta o quociente entre o índice de consistência (IC) e o índice aleatório (IR) e os valores normalizados para cada critério ou alternativa. O valor do RC deve ser inferior a 10% para a avaliação realizada através da matriz ser considerada consistente.

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

7. Se os valores acima calculados forem satisfatórios, a decisão é tomada considerando os valores normalizados. Se o valor do RC for superior a 10%, o passo 5 deve ser repetido.

O método AHP é aplicado em várias áreas de aplicação diferentes, sendo estas social, indústria, política, engenharia, educação, indústria, governo, entre outras (Vaidya & Kumar, 2006).

### 3.5.2.6 Método ANP

No método AHP foi verificada a dificuldade existente em analisar decisões em casos em que as condições são complexas. Para colmatar essa limitação, foi proposto o método ANP (Analytic Network Process), em que a estrutura hierárquica foi substituída por uma estrutura de rede (Kheybari et al., 2020). De acordo com o autor do método, este acaba por ser mais eficiente que o AHP pois os elementos que são referidos como nós, podem ser relacionados entre si, ou seja, permite a existência de um feedback e interconexão entre os mesmos, como pode ser observado na Figura 6 (Azhar et al., 2021).

De acordo com Kheybari et al. (2020), este método tem em consideração os seguintes passos na sua metodologia.

1. Estruturar o problema através de um sistema de rede, permitindo a comunicação entre os elementos. Esta estrutura é conseguida através de métodos como *brainstorming* ou Delphi.
2. Através de matrizes, realizar comparação em pares entre os elementos de cada nó ou mesmo entre nós.
3. Construir uma super-matriz e transformá-la numa super-matriz ponderada.
4. Analisar os pesos das alternativas na coluna das alternativas da super-matriz construída. As que têm maior peso, são as melhores opções.

Este método é aplicado na logística e gestão de cadeias de abastecimento, incluindo a seleção de fornecedores. De acordo com Kheybari et al. (2020), 108 estudos foram realizados nesta área e mostraram que a seleção de fornecedores é um dos tópicos mais referenciados nos artigos.

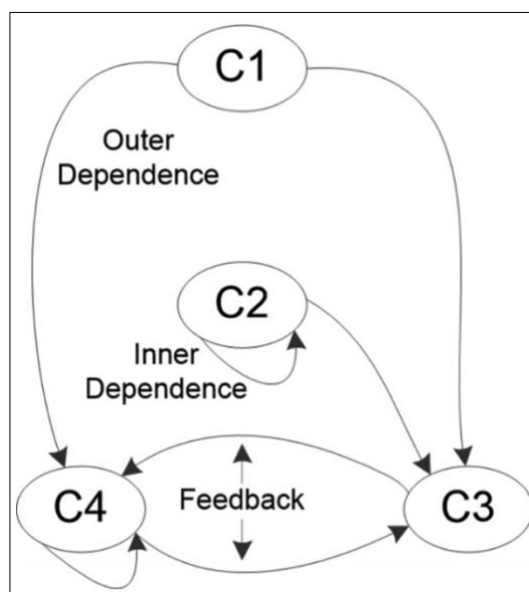


Figura 6. Analytic network process (Azhar et al., 2021)

### 3.5.3 Comparação dos métodos de avaliação e gestão de desempenho

Para facilitar a comparação dos métodos de avaliação de fornecedores, a Tabela 4 foi realizada com as vantagens e limitações de cada método (Azhar et al., 2021).

Tabela 4. Vantagens e limitações dos métodos de avaliação de fornecedores de acordo com os respectivos autores

Métodos	Vantagens	Limitações
TOPSIS	Facilidade de utilização. O número de critérios é ilimitado. Número de passos não varia.	Não considera a correlação existente entre elementos. As ponderações não têm em consideração a incerteza.
VIKOR	Facilidade de utilização. Número de passos não varia.	Valor utilizado na avaliação de desempenho é inadequado em situações reais. Dados pouco precisos são considerados.
ELECTRE	Incerteza e imprecisão são tidas em consideração.	Consome muito tempo. Complexidade do processo elevada.

(contínua)

Tabela 4. Vantagens e limitações dos métodos de avaliação de fornecedores de acordo com os respectivos autores (continuação)

Métodos	Vantagens	Limitações
PROMETHEE	Facilidade de utilizar este método pois não requer tantos inputs. Critérios são expressos nas suas unidades.	Dificuldade em avaliar os resultados quando o número de critérios é elevado. Problema de inversão de posição quando uma alternativa é adicionada.
AHP	Facilidade de implementação. Facilidade de ponderação dos critérios. Esclarecimento da relevância de cada elemento, com a realização da estrutura hierárquica.	O número de critérios é limitado, de acordo com a escala numérica de importância.
ANP	Não requer que os elementos sejam independentes entre si. Permite relacionar os elementos entre si, aumentando a precisão dos resultados.	As pessoas que vão implementar o método necessitam de ter bastante conhecimento. Exige sessões de brainstorming longas. Necessita de software adicional, aumentando a complexidade.

Relativamente aos métodos baseados na distância, TOPSIS e VIKOR, verificou-se que estes não integram os julgamentos das pessoas. Visto que os decisores da empresa X querem participar na construção do modelo e que este seja construído de acordo com as suas preferências, estes dois métodos foram eliminados. Ao analisar os métodos de *outranking*, ELECTRE e PROMETHEE, surgiu outro ponto que é a classificação de fornecedores por ordem (apenas qualitativamente) ou com pontuações (quantitativamente). Dado que os decisores da empresa X pretendem uma classificação quantitativa de modo a saberem o quanto o desempenho de um fornecedor é melhor que outro, estes dois métodos também foram eliminados. Relativamente, aos métodos de comparação em pares, AHP e ANP, estes também não irão ser utilizados para criar o modelo visto que não respeitam os julgamentos dos decisores (Bana e Costa & Vansnick, 2008).

Verifica-se também a aplicação do método Measuring Attractiveness by a Categorical-Based Evaluation Technique (MACBETH) (Bana E Costa et al., 2012b) em problemas de avaliação de fornecedores. O MACBETH é um método de análise de decisão multicritério que constrói um modelo de valor

quantitativo com base em julgamentos qualitativos (Karande & Chakraborty, 2013). Deste modo, como referido acima, considera as preferências que estão à frente da empresa X e realiza tanto a ponderação dos critérios como a avaliação em cada um deles, não necessitando de realizar uma abordagem integrada, mas apenas individual, colmatando as desvantagens existentes dos métodos TOPSIS e VIKOR (Akyüz et al., 2018). Para além disso, é um método simples capaz de resolver problemas complexos de tomada de decisão e obtém uma escala quantitativa que representa a atratividade global das alternativas, colmatando as desvantagens existentes dos métodos ELECTRE e PROMETHEE (Karande & Chakraborty, 2013). Por último, é de destacar que este método, ao contrário do AHP e ANP, não requer que o número de critérios seja limitado e tem em consideração que os pesos dos critérios decorrem da importância relativa dos *swings* entre dois níveis de referência em cada critério (por exemplo, pior-melhor ou neutro-bom), colmatando as desvantagens dos métodos AHP e ANP.

O método MACBETH foi implementado de uma maneira bem sucedida na avaliação de fornecedores em diversas empresas. Em 2001, um modelo de avaliação de fornecedores foi realizado para a empresa Gás de Lisboa (GDL). Os fornecedores desta empresa são referentes aos empreiteiros que são contratados para construir ou renovar redes de gasodutos que distribuem gás para casas em Lisboa (Oliveira & Lourenço, 2002). De modo a avaliar o desempenho destes empreiteiros, um modelo multicritério foi desenvolvido utilizando a metodologia MACBETH, tendo sido esta fundamental na interação com os decisores, tendo sido construídas com sucesso as funções de valor e determinados os pesos dos critérios. De acordo com Oliveira e Lourenço (2002), esta metodologia foi fundamental para o sucesso do projeto e o modelo implementado permitiu o aumento da qualidade no fornecimento de materiais e serviços e proporcionou uma melhoria na relação entre cliente e fornecedor.

Um modelo de avaliação de propostas foi criado para a Rede Elétrica Nacional S.A. (2007), uma empresa onde contratos com fornecedores de serviços externos são regularmente realizados. A utilização da metodologia MACBETH com um processo de conferência de decisão multicritério permitiu a elaboração de um modelo de avaliação de propostas que foi entendido por todos os decisores e fornecedores. Também contribuiu para o aumento da transparência no processo de avaliação e o aumento da qualidade dos fornecedores (Bana e Costa et al., 2008).

### **3.6 Conclusões do capítulo**

O sistema de gestão da qualidade é essencial nas empresas farmacêuticas para assegurar uma produção segura e de alta qualidade. Este sistema é responsável por documentar processos e procedimentos, trazendo benefícios como melhoria de processos, redução de desperdício e prevenção de erros. Na indústria farmacêutica, o CQ deteta defeitos nas matérias-primas ao realizar amostragens, enquanto que a GQ lida com reclamações aos fornecedores e com as auditorias realizadas aos fornecedores para garantir o cumprimento das Boas Práticas de Fabrico.

Num estudo realizado na Grécia, a certificação do fornecedor e a especificação do produto foram destacados como critérios essenciais na seleção e avaliação de fornecedores. A certificação, obtida

por certificados de qualidade, assegura a implementação de normas de qualidade, embora seja um critério de aceitação já incorporado no processo de aprovação de fornecedores. A especificação do produto é crucial nas avaliações, pois as matérias-primas para a produção de medicamentos devem atender a parâmetros regulamentados. Num segundo estudo realizado na Indonésia, a avaliação de fornecedores de matérias-primas na indústria farmacêutica destaca a importância de considerar reclamações e a gestão do desvio como critérios para avaliar o desempenho dos fornecedores do ponto de vista da Qualidade.

Existem vários métodos que permitem avaliar fornecedores. No entanto, ao comparar os mesmos percebe-se que uns apresentam mais vantagens do que outros. Os métodos de prevalência (ELECTRE e PROMETHEE) trabalham com escalas ordinais não permitindo obter uma escala de pontuações de valor global dos fornecedores. Os métodos de comparação entre dois estímulos (AHP e ANP) não são fiáveis (Bana e Costa & Vansnick, 2008). Os métodos baseados em distância (TOPSIS e VIKOR) são abordagens analíticas que não têm em consideração as preferências dos avaliadores. A abordagem MACBETH é transparente para os avaliadores e permite obter uma pontuação do valor global dos fornecedores de acordo com as preferências expressas pelos decisores da empresa X. Por estes motivos, opta-se por seleccionar a abordagem MACBETH para construir o modelo de avaliação de fornecedores.

## 4 Modelo proposto

### 4.1 Introdução

O modelo a ser construído tem como objetivo auxiliar a empresa X a avaliar o desempenho de fornecedores, a nível do seu sistema de gestão da qualidade. Na construção do modelo proposto foi utilizada a abordagem de análise de decisão multicritério (MCDA) MACBETH, tendo como propósito avaliar um conjunto de alternativas segundo vários critérios que por vezes são conflitantes.

Esta abordagem permite que o decisor compare a diferença de atratividade entre dois 'estímulos' através de julgamentos qualitativos, baseando-se numa escala de julgamento semântica definida *a priori*. Uma das vantagens desta abordagem é existir o software M-MACBETH que permite validar a consistência dos juízos atribuídos pelo decisor, e caso não sejam sugere formas de resolver as inconsistências encontradas. Após os julgamentos terem sido verificados como consistentes estes são transformados numa escala numérica. Posteriormente, um modelo de agregação aditivo é utilizado para calcular as pontuações globais das alternativas, traduzindo a atratividade das mesmas.

O software M-MACBETH utiliza algoritmos baseados em programação linear, seja para validar a consistência dos juízos como para gerar escalas de valor e pesos (Bana e Costa et al., 2012b).

O procedimento *swing weighting* e o procedimento *bottom-up* também foram utilizados no desenvolvimento deste modelo, para determinar os pesos das famílias e construir categorias de valor global, respetivamente.

As fases de construção do modelo podem ser observadas na Figura 7. Os passos integrantes de cada uma destas fases são descritos ao longo deste capítulo.

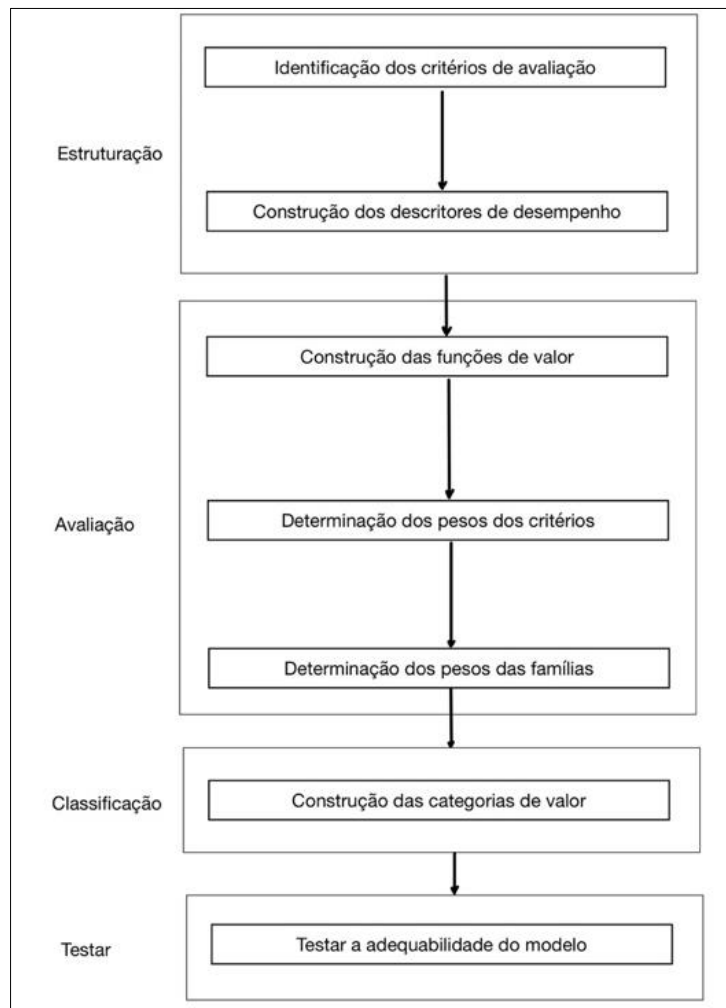


Figura 7. Fases de construção do modelo

## 4.2 Estruturação do modelo multicritério

A primeira fase corresponde à estruturação do modelo multicritério, onde o decisor identifica os critérios de avaliação que devem ser tidos em consideração para a avaliação da atratividade das alternativas. Os critérios de avaliação são operacionalizados através da utilização de um descritor de desempenho em cada critério.

### 4.2.1 Identificação dos critérios

Existem duas abordagens de identificação de critérios. A primeira é a abordagem tradicional, também designada por *alternative-focused thinking* (AFT), em que as alternativas são identificadas em primeiro lugar e só posteriormente os objetivos são identificados. Uma das críticas a este método é o facto da estrutura da decisão estar restrita às alternativas definidas inicialmente não permitindo a identificação de certos critérios que seriam capazes de expressar valores relevantes para o decisor (León, 1999).

A segunda abordagem, designada por *value-focused thinking* (VFT), identifica os objetivos que devem servir como critérios de avaliação das alternativas, permitindo alargar o número de critérios que satisfazem os objetivos porque estes são o guia para analisar decisões (Keeney, 1992). Dos benefícios

inerentes a este método destacam-se a inclusão de alternativas com características mais inovadoras, a extensão do leque de alternativas incluídas e a consciencialização das consequências que as decisões podem originar (León, 1999). Tendo em consideração os benefícios da abordagem VFT, esta será a abordagem proposta para a identificação dos critérios.

De acordo com a abordagem VFT, os objetivos são definidos em primeiro lugar. Para tal, um método é necessário para estabelecer os objetivos e só depois definir os critérios. O método *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) permite representar graficamente um sistema complexo com vários objetivos, ajudando um grupo de decisores a chegar aos objetivos fins (de Almeida et al., 2014). O SODA tem a capacidade de lidar com fatores qualitativos e estruturar situações difíceis resultantes de problemas complexos. Uma das ferramentas utilizadas neste método é o mapeamento causal de grupo em que se começa por definir as ações/objetivos-meios, que se encontram em baixo no mapa e posteriormente os objetivos-fins, que se encontram em cima no mapa, a que correspondem os critérios. Perguntas como ‘Porque é que este objetivo é importante para avaliar o desempenho de fornecedores?’ permite passar de objetivos-meios para objetivos-fins. Inversamente, perguntas como ‘Como pode ser alcançado?’ permite andar de cima para baixo no mapa causal de grupo, estimulando os participantes a pensar noutros possíveis objetivos-meios existentes.

Outra possibilidade seria desenvolver vários mapas cognitivos (individuais) e depois fundi-los. No entanto, requer bastante tempo e não promove a discussão entre os participantes. Deste modo, o mapa causal de grupo é desenhado em conjunto com todos os participantes. De acordo com de Almeida et al. (2014), os passos necessários para desenhar um mapa causal de grupo são:

1. Escolher os *stakeholders* que irão ser entrevistados em grupo pelo facilitador.
2. Identificar os valores e conceitos dos *stakeholders* através das técnicas propostas por Keeney: lista de desejos, alternativas ótimas, médias e péssimas, problemas e fraquezas da organização, consequências, objetivos estratégicos e objetivos genéricos. Para identificar os critérios, é proposta uma “*post-it session*”, onde cada participante escreve no máximo 5 ideias dos aspetos que acham relevantes para avaliar o desempenho das alternativas, uma por cada *post-it*. Após cada participante ter escrito as suas ideias, os *post-its* devem ser colocados numa parede para melhorar a facilidade de visualização e os que contém semelhança de ideias são colocados nos mesmos locais, permitindo eliminar repetições (Bana e Costa et al., 2014). As ideias vistas como relevantes pelos participantes mantêm-se coladas na parede.
3. Separar os valores e conceitos em objetivos fundamentais e objetivos-meios através de perguntas clássicas do método VFT. Em direção aos objetivos fundamentais, a pergunta clássica utilizada é ‘Porque é importante?’. No sentido contrário, a pergunta utilizada é ‘Como pode ser alcançado?’.

Os objetivos-meios e fins e as suas relações são identificados através de uma discussão entre os participantes, dando origem a um mapa causal de grupo. No modelo proposto, os critérios devem ser preferencialmente independentes entre si dado que as alternativas irão ser avaliadas de acordo com a sua atratividade em relação a cada critério (Bana e Costa et al., 2008).

Com o auxílio do software M-MACBETH, constrói-se uma árvore de valor que inclua os critérios de avaliação identificados através do mapa causal de grupo.

#### **4.2.2 Associação de um descritor de desempenho a cada critério de avaliação**

Após ser construída a árvore de valor com os critérios definidos pelo grupo de decisores, um descritor de desempenho será associado a cada critério de avaliação. Este descritor refere-se a um conjunto de níveis de desempenho das alternativas em relação a um determinado critério. Dos níveis de desempenho identificados, dois são níveis de referência, um superior e outro inferior, que podem corresponder respetivamente ao nível “bom” (que corresponde a um desempenho significativamente positivo) e “neutro” (com um desempenho nem atrativo nem repulsivo) (Karande & Chakraborty, 2013).

A operacionalização dos critérios pode ser realizada por três dimensões diferentes de descritores de desempenho.

Numa primeira dimensão, o critério pode ser operacionalizado por um descritor quantitativo, qualitativo ou pictórico (Bana e Costa et al., 2002). Os descritores quantitativos são caracterizados numericamente, os qualitativos são expressos semanticamente e os pictóricos são representados visualmente.

Numa segunda dimensão, o critério pode ser operacionalizado por um descritor contínuo ou discreto (Beinat & Costa, 2005). Um descritor contínuo é representado por uma função contínua e um descritor discreto é representado por um conjunto de níveis finito.

Numa terceira dimensão, o critério pode ser operacionalizado por um descritor direto ou natural, indireto ou proxy ou construído. Os descritores diretos, ao refletirem diretamente efeitos, são considerados mais objetivos, o que reduz a ambiguidade dos critérios (Bana e Costa et al., 2002). Apesar da utilização deste tipo de descritores reduzir a arbitrariedade do modelo de avaliação, por vezes estes não são os indicados para operacionalizar os critérios e é necessário recorrer a descritores indiretos, que indicam mais causas do que efeitos (Beinat & Costa, 2005). No entanto, existem ainda casos em que descritores diretos e indiretos não são adequados para descrever os níveis de desempenho de um dado critério. Assim, surgem os descritores construídos que agregam mais do que um indicador para que problemas de dependência ordinal sejam evitados (Bana e Costa et al., 2002). Os níveis de um descritor construído podem apresentar indicadores qualitativos, quantitativos ou ambos e vários tipos podem ser criados, como por exemplo descrições verbais de consequências esperadas, perfis de referência de impacto, índices, entre outros (Beinat & Costa, 2005).

No caso em que os indicadores utilizados num descritor construído são ambos quantitativos e contínuos, os níveis de desempenho são definidos por curvas de iso-preferência, ou seja, os pontos pertencentes a cada curva apresentam o mesmo nível de atratividade (Ensslin et al., 2001).

De maneira a construir curvas de iso-preferência, o facilitador começa por questionar os decisores quanto aos valores de cada extremo dos indicadores e por definir um valor intermédio entre estes dois extremos. Ao desenhar os eixos de cada indicador com os valores anteriormente definidos, combinações são criadas.

De seguida, desenham-se as duas curvas de iso-preferência correspondentes ao nível de desempenho mais atrativo e ao menos atrativo, passando ambas pelos círculos opostos dos eixos. Após a construção destas duas curvas, as restantes são construídas por ordem crescente de atratividade. No caso em que as combinações não apresentam a mesma atratividade entre si, as curvas deixam de ser lineares.

No entanto, as alternativas podem apresentar desempenhos diferentes daqueles que estão representados pelos pontos das curvas de iso-preferência. Nestes casos, é necessário realizar uma interpolação de maneira a identificar a atratividade local da alternativa. Quando o desempenho da alternativa se encontra entre dois níveis de desempenho, começa-se por calcular a distância entre o ponto referente ao nível de desempenho da alternativa e o nível de desempenho mais próximo dela. Esta distância é medida através da diferença entre os níveis de desempenho entre os quais o desempenho da alternativa se encontra. A atratividade local de uma alternativa *a* pode ser então calculada pela equação (2) (Ensslin et al., 2001).

$$v_i(a) = v_i(n_n) - d(v_i(n_n) - v_i(n_{n-1})) \quad (2)$$

onde:  $v_i(n_n)$  indica a atratividade local do nível  $n$ ;  $d$  indica a distância entre as curvas de iso-preferência,  $v_i(n_{n-1})$  indica a atratividade local do nível  $n - 1$  e  $n$  corresponde ao nível de desempenho mais atrativo.

### **4.3 Construção do modelo de avaliação**

Terminada a fase de estruturação do modelo, onde os critérios de avaliação foram identificados e a cada um deles foi associado um descritor de desempenho, a segunda fase do desenvolvimento deste modelo refere-se à componente de avaliação.

#### **4.3.1 Construção das funções de valor**

Um dos requerimentos do grupo de decisores da empresa X é que este modelo de avaliação de fornecedores seja reutilizável, ou seja, através do mesmo modelo os fornecedores possam ser avaliados regularmente. Deste modo, optou-se pela construção de um modelo de função de valor aditivo ao invés de um modelo de utilidade. O valor global de cada fornecedor é dado pela equação (3) (Bana e Costa et al., 2008):

$$V(x_1, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(x_i), \text{ com } \sum_{i=1}^n w_i = 1, w_i > 0, v_i(x_i^+) = 100 \text{ e } v_i(x_i^0) = 0, \quad i = 1, \dots, n \quad (3)$$

onde:  $V$  refere-se ao valor global do fornecedor  $x$  que tem o perfil de desempenho  $x_1, \dots, x_n$ ;  $w_i$  refere-se ao peso de cada critério  $i$ ;  $v_i(x_i)$  é o valor no critério  $i$  do desempenho  $x_i$ ;  $x_i^+$  representa um desempenho bom e  $x_i^0$  representa um desempenho neutro.

Para obter o valor global de um fornecedor, é necessário construir uma função de valor para cada critério. Estas funções de valor podem ser construídas por técnicas numéricas, onde podemos destacar as mais utilizadas, sendo estas as técnicas de “pontuação direta”, que implicam estimativas numéricas do avaliador e de “bisseção”, que se fundamentam em juízos de indiferença (Bana e Costa et al., 2008). Estas duas técnicas requerem que o avaliador emita juízos de valor relativo entre cada duas ações. Estes métodos de avaliação fazem com que o processo de questionamento do analista ao avaliador seja complexo e difícil de realizar (Bana e Costa et al., 2008).

Por outro lado, existem técnicas não numéricas, nomeadamente a técnica MACBETH, para realizar a construção de funções de valor. Esta técnica requer também um diálogo entre analista e avaliador, mas neste caso o avaliador não emite juízos de valor relativo mas sim juízos absolutos de diferença de atratividade entre duas ações. Deste modo, a técnica MACBETH colmata as dificuldades apresentadas acima das técnicas numéricas e vai ser então a utilizada neste modelo (Beinat & Costa, 2005).

Como já referido, esta técnica implica que o avaliador exprima os seus juízos absolutos de diferença de atratividade entre duas ações. No entanto, para facilitar este processo, o avaliador pode exprimir os seus juízos através de uma escala semântica que apresenta seis categorias de diferença de atratividade: muito fraca; fraca; moderada; forte, muito forte; extrema (Bana e Costa et al., 2012b). No caso em que a atratividade entre duas ações é igual, estas são representadas como indiferentes entre si e a diferença de atratividade é nula.

Ao inserir os julgamentos qualitativos do avaliador na matriz de julgamentos, a consistência dos mesmos vai sendo testada e se algum for inconsistente, sugestões de alteração de julgamentos são sugeridos ao grupo de decisores para que estes fiquem consistentes. Esta consistência é verificada através do software M-MACBETH que utiliza um algoritmo de programação linear. Estando a função de valor para cada critério construída, esta é verificada pelo grupo de decisores e estes emitem juízos sobre se concordam ou não com a função apresentada. Se o segundo caso acontecer, o software M-MACBETH permite que seja determinado um intervalo em que cada pontuação pode variar enquanto as restantes pontuações estão fixas e permanecem consistentes com as avaliações de diferença de preferência entre cada dois níveis de desempenho. A fase de construção de funções de valor acaba quando o grupo de decisores estiver satisfeito com os juízos emitidos (Bana e Costa et al., 2008).

### 4.3.2 Eliciação dos pesos dos critérios

Após a construção das funções de valor, o próximo passo passa por determinar os pesos dos critérios. Estes pesos são necessários para calcular o valor global de pontuação de cada opção, como observado na equação (3).

Nos modelos de análise de decisão multicritério, podem ser utilizados diversos métodos de ponderação de critérios. De entre os métodos mais utilizados, salientam-se os métodos *swing weighting* e *trade-off procedure* (Bana e Costa et al., 2008). No método *swing weighting*, os critérios são ordenados de acordo com a ordem de preferência dos decisores, através da seguinte pergunta “na possibilidade de alterar o desempenho de um critério do nível neutro para o nível bom, qual escolheria?” Esta questão é realizada até todos os *swings* estarem ordenados. Depois, atribui-se 100 ao *swing* mais importante e pede-se ao decisor para atribuir valores aos restantes *swings*, sendo no final deste processo os pesos obtidos por normalização dos valores atribuídos aos *swings* (Lourenço, 2002). O método *trade-off* requer a comparação entre duas alternativas hipotéticas que apenas diferem entre si em dois critérios de cada vez, onde o decisor tem de efetuar um ajustamento a uma dessas alternativas de modo a obter uma indiferença entre elas, procedimento este que se repete  $n - 1$  vezes sendo  $n$  o número de critérios. Cada relação de indiferença é traduzida numa equação que juntamente com a equação de normalização possibilitam apurar os pesos dos critérios (Lourenço, 2002). Para além dos métodos mencionados acima, existe outro método de ponderação de critérios, o método MACBETH, em que a ponderação é realizada através de julgamentos qualitativos relativos à diferença de atratividade entre *swings* de critérios (Bana e Costa et al., 2008). No final é gerado um valor quantitativo para o peso de cada critério.

Na metodologia que irá ser implementada nesta dissertação, o método de ponderação que irá ser utilizado é o MACBETH pois possibilita considerar juízos qualitativos o que permite reduzir a dificuldade de interação com os decisores da empresa X e detetar eventuais inconsistências nos juízos por eles expressos.

Deste modo, em primeiro lugar, realiza-se o *swing* dos critérios, ou seja, os decisores são questionados para ordenar os *swings* de passar de nível neutro para nível bom, através da sua atratividade global. No caso de existir uma opção hipotética onde o desempenho é neutro em todos os critérios, o *swing* mais atrativo seria aquele em que era o primeiro a ser escolhido na possibilidade de passar de nível neutro para nível bom. Esta ordenação acaba até estarem todos os *swings* classificados, por ordem decrescente de atratividade.

De seguida, o grupo de decisores julga qualitativamente a atratividade de cada *swing* e o *swing* mais atrativo é comparado qualitativamente com os restantes, seguido da comparação de cada par consecutivo de *swings* (Bana e Costa et al., 2008). Durante este processo, a consistência dos julgamentos é verificada e ajustamentos são feitos quando estes se mostram inconsistentes. Estando

a matriz de julgamentos de ponderação totalmente preenchida e consistente, o software M-MACBETH gera uma escala de ponderação (Bana e Costa & Chagas, 2004).

O decisor é então questionado se concorda com os pesos atribuídos a cada um dos critérios, tendo em consideração os respetivos *swings* (Bana e Costa & Chagas, 2004).

### **4.3.3 Determinação dos pesos das famílias de critérios**

Após a determinação dos pesos dos critérios, passa-se à determinação dos coeficientes de ponderação das áreas/famílias hierarquicamente superiores, através de uma abordagem de baixo para cima. Um dos métodos que permite calcular os pesos das famílias de critérios, ou áreas de interesse, é o método de ponderação *swing weighting*, que apesar de exigir ao grupo de decisores julgamentos quantitativos, é um método simples que não requer um elevado período de tempo para ser implementado.

Existem duas opções para aplicar o método de ponderação *swing weighting* no modelo aditivo hierárquico para determinar os pesos das áreas. Numa comparam-se os *swings* dos níveis de referência inferiores para os superiores de todos os critérios de cada área. Na outra opção possível, comparam-se os *swings* dos níveis de referência inferiores para os superiores de um critério de cada área (Lourenço, 2002).

A opção escolhida para o modelo proposto foi a primeira dado que apresenta menor complexidade na sua implementação. Seguindo a primeira opção, a primeira pergunta a ser feita ao grupo de decisores é a seguinte: “Se todos os critérios das áreas estivessem no nível de referência mais baixo, qual desses grupos de critérios escolheria para elevar ao nível de referência mais alto em primeiro lugar?”. Através deste tipo de questão, ordenam-se os *swings* dos critérios por área. Estando os *swings* ordenados, passa-se à sua quantificação, através do seguinte tipo de questão: “Em quanto é que quantificaria o *swing* dos níveis de referência inferiores para os superiores nos critérios do grupo em questão, sabendo que ao *swing* equivalente nos critérios do grupo ordenado em primeiro foram atribuídos 100 pontos?”. Assim, estando os *swings* quantificados, calcula-se o peso de cada área sendo este o quociente entre a pontuação atribuída ao *swing* da respetiva área e a soma total das pontuações atribuídas aos *swings* de todas as áreas (Lourenço, 2002).

## **4.4 Construção de Categorias de valor**

Os decisores da empresa X além de estarem interessados em obter uma medida do valor global de desempenho dos fornecedores, também expressaram o desejo de categorizar esses desempenhos. Para esse efeito recorreu-se ao método utilizado por Bana e Costa e Oliveira (2002) na identificação de limiares de categorias de urgência para intervenções em edifícios na cidade de Lisboa, como a seguir se descreve.

Lisboa conta com um extenso parque habitacional que necessita de cuidados de manutenção, reparação e remodelação. Assim, foi desenvolvido um modelo para auxiliar a Câmara Municipal de

Lisboa na definição de prioridades para essas atividades. Neste modelo, empregou-se um método para identificar perfis de referência multidimensionais que estabelecem categorias de urgência, possibilitando a alocação de cada possível ação a uma dessas categorias (Bana e Costa & Oliveira, 2002).

Quatro categorias ordenadas pré-definidas de prioridade de ação ("categorias de urgência") foram tidas em consideração, sendo estas: C<sup>↑</sup> - absolutamente urgente; C<sup>++</sup> - urgente; C<sup>+</sup> - prioridade média e C<sup>-</sup> - prioridade baixa. Para distinguir essas categorias e estabelecer as regras de atribuição, foram criados limites específicos, que são expressos em termos de índice de prioridade, demonstrado na Figura 8 (Bana e Costa & Oliveira, 2002). Neste modelo, os procedimentos utilizados para construir as categorias de valor foram *bottom-up* e *top-down*.

$\begin{aligned} \text{Priority index} > 45 &\Rightarrow \text{Urgent}(C^{++}) \\ 35 \leq \text{Priority index} \leq 45 &\Rightarrow \text{Medium Priority}(C^+) \\ \text{Priority index} < 35 &\Rightarrow \text{Low Priority}(C^-). \end{aligned}$
--

Figura 8. Limites das categorias em termos do índice de prioridade (Fonte: Bana e Costa & Oliveira, 2002)

Na construção das categorias de valor no modelo proposto, irá ser implementado um procedimento *bottom-up* como o descrito acima.

Para construir as categorias de valor com o procedimento *bottom-up*, começa-se por definir categorias, em que a cada uma delas irão ser associadas intervalos de valor. As pontuações que demarcam categorias adjacentes correspondem às pontuações inferiores e superiores que limitam os intervalos (Bana e Costa et al., 2012a).

Após as categorias estarem identificadas, é pedido aos decisores que considerem que os critérios se encontram nos piores níveis de desempenho. O desempenho de uma alternativa nestas condições corresponde à categoria mais inferior, que pode ser melhorado ao aumentar o desempenho de baixo para cima em cada critério, até a categoria superior à última ser atingida e assim sucessivamente (Bana e Costa et al., 2012a).

#### 4.5 Conclusões do capítulo

A primeira fase de construção do modelo proposto é a sua estruturação, onde se identificam e operacionalizam os critérios de avaliação. Na identificação dos critérios, é sugerida a abordagem *Value-Focused Thinking* (VFT), que identifica os objetivos sem se basear somente nas alternativas, permitindo alargar o número de critérios. Para se estabelecer os objetivos é aconselhado a utilização do método *Strategic Options Development and Analysis* (SODA) que permite representar graficamente um sistema complexo com vários objetivos, ajudando o grupo de decisores a chegar aos objetivos fins, através da utilização de uma ferramenta designada por mapeamento causal de grupo. Na operacionalização dos critérios, é sugerida a abordagem MACBETH, onde são construídos descritores de desempenho para cada critério.

A fase seguinte é a avaliação do modelo, onde se constroem funções de valor para os critérios identificados e se determinam os pesos dos critérios e das famílias de critérios. Na construção das funções de valor é aconselhada a técnica não numérica MACBETH que apenas requer que o grupo de decisores exprima os seus julgamentos qualitativamente sobre a diferença de atratividade entre duas ações. Na determinação dos pesos dos critérios é sugerida a metodologia MACBETH, e na determinação dos pesos das famílias é proposto o método de ponderação *swing weighting*, devido a limitações de tempo pois é um método com baixa complexidade na sua implementação.

A última fase é a de classificação, onde se constroem categorias de valor, permitindo que o desempenho dos fornecedores seja classificado por categorias, em que o procedimento *bottom-up* é sugerido para a sua construção.

## **5 Construção do modelo de avaliação**

### **5.1 Introdução**

No presente capítulo aplica-se a metodologia proposta no capítulo 4 ao estudo de caso em análise, de modo a construir o modelo de avaliação e de gestão de desempenho dos fornecedores da empresa X. A parte remanescente deste capítulo está dividida em quatro secções. Na secção 5.2 enumeram-se os fornecedores a avaliar, apresenta-se a estruturação do modelo, incluindo a identificação dos critérios de avaliação e os descritores de desempenho. Na secção 5.3 descreve-se a componente de avaliação, contemplando a construção das funções de valor e a ponderação dos critérios e das respetivas famílias. Na secção 5.4, apresenta-se a construção das categorias de valor. Por último, a secção 5.5 apresenta as conclusões do capítulo.

Sublinha-se que o grupo de decisores da empresa X esteve sempre envolvido em todas as fases da construção do modelo, através da participação em conferências de decisão com o consultor que atuou como facilitador do processo. Estas conferências foram realizadas para identificar os critérios de avaliação, elaborar os descritores de desempenho, construir as funções de valor, ponderar os critérios e respetivas famílias, e construir as categorias de valor.

Um simulador foi aplicado na implementação deste modelo, de modo a auxiliar a sua utilização.

### **5.2 Estruturação do modelo multicritério**

O processo iniciou-se com a estruturação do problema tendo-se seguido a estruturação do modelo. Na estruturação do problema, apresentada na secção 2.5, estão referidos os aspetos e preocupações enunciadas pelo grupo de decisores relativamente à avaliação dos fornecedores, como pode ser observado no mapa causal de grupo que se mostra na Figura 4.

Numa etapa posterior, foram definidos os fornecedores a avaliar, identificados os critérios de avaliação e os respetivos descritores de desempenho, como pode ser observado de seguida.

#### **5.2.1 Definição dos fornecedores a avaliar**

Como descrito na secção 2.5, ficou definido que o modelo a ser desenvolvido se destinava a avaliar os fornecedores da substância ativa Paracetamol. Dependendo do fornecedor, a complexidade de amostragem deste ativo pode variar. Foi verificado que existiam mais constrangimentos na amostragem deste ativo quando proveniente de um determinado fornecedor. Assim, devido aos constrangimentos encontrados relacionados com os fornecedores desta matéria-prima e à limitação de tempo para desenvolver o modelo, os fornecedores de Paracetamol a avaliar são somente dois, embora sejam representativos do universo de fornecedores. Devido a razões de confidencialidade esses fornecedores designam-se por A e B.

## 5.2.2 Identificação dos critérios

O número de critérios identificados foram 13 no total, como observado a vermelho na Figura 9, sendo sete da família Risco, dois da família Consistência e três da família Produtividade. Cada um dos mesmos encontram-se descritos abaixo.

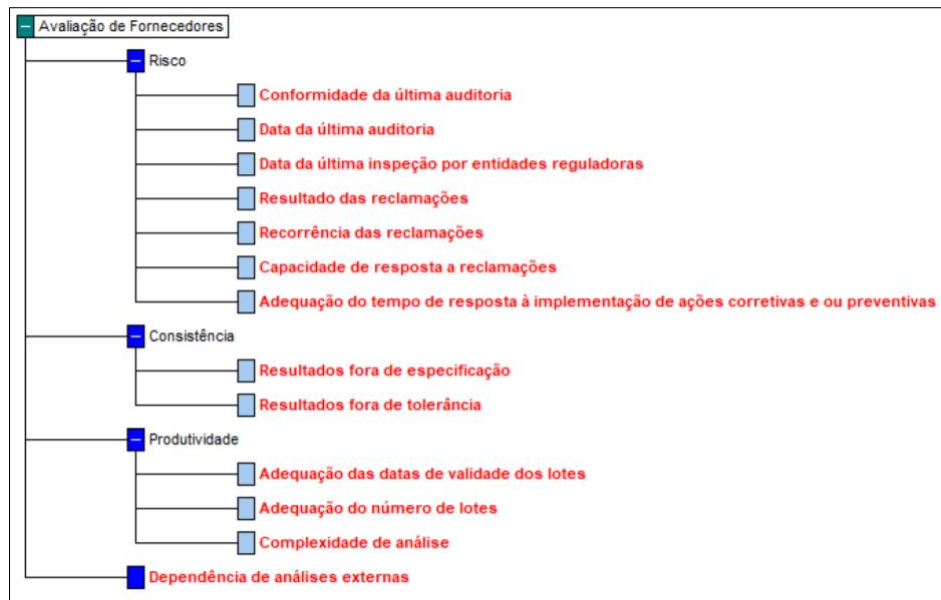


Figura 9. Árvore de valor do caso em estudo

**Conformidade da última auditoria:** a medida em que a última auditoria realizada ao fornecedor revelou-se conforme, de acordo com os padrões estabelecidos.

**Data da última auditoria:** a medida em que a última auditoria foi realizada num intervalo temporal que verificou a atualidade das informações sobre o desempenho do fornecedor.

**Data da última inspeção por entidades reguladoras:** a medida em que a última inspeção foi realizada num intervalo temporal que verificou a atualidade das informações sobre o desempenho do fornecedor.

**Resultado das reclamações:** a medida em que o fornecedor apresentou as devidas capacidades de atender às expectativas, sem problemas detetados.

**Recorrência das reclamações:** a medida em que o fornecedor apresentou a devida eficiência do trabalho operacional, mais precisamente na implementação das ações preventivas e/ou corretivas.

**Capacidade de resposta a reclamações:** a medida em que as reclamações apresentadas ao fornecedor foram devidamente atendidas.

**Adequação do tempo de resposta à implementação de ações corretivas e ou preventivas:** a medida em que a resposta do fornecedor às reclamações foi devidamente dada num intervalo temporal

que verifica a facilidade que o fornecedor tem em encontrar a causa do problema e a rapidez em encontrar uma solução e a fornecer uma resposta.

**Resultados fora de especificação:** a medida em que os resultados obtidos no laboratório verificaram que o lote está fora das especificações ou dos critérios de aceitação estabelecidos na especificação do produto em questão.

Ao existirem resultados fora de especificação, os lotes são rejeitados e apenas quando é recebido um comprovativo da solução implementada pelo fornecedor é que se volta a receber lotes do mesmo.

**Resultados fora de tolerância:** a medida em que os resultados obtidos no laboratório da empresa X verificaram que o lote está fora das tolerâncias estabelecidas.

Ao existirem resultados fora de tolerância não implica que os lotes sejam rejeitados, mas significa que a análise a realizar às matérias-primas nunca poderá ser uma análise reduzida pois mostra que os resultados não são consistentes ao longo do tempo, o que implica mais testes a serem realizados às matérias-primas, o que gasta recursos e tempo.

**Adequação das datas de validade dos lotes:** a medida em que os lotes foram recebidos com as devidas datas de validade que não provocaram perturbação no planeamento de tarefas do CQ.

**Adequação do número de lotes:** a medida em que o devido número de lotes foi recebido, não comprometendo a produtividade dos analistas do CQ. Por exemplo, ao receberem um elevado número de lotes da mesma matéria-prima, não respeitando a capacidade máxima de fornecimento, irão ter de realizar mais amostragens, o que faz aumentar o tempo gasto para analisar uma matéria-prima.

**Complexidade de análise:** a medida em que o método de análise em questão apresenta maior números de técnicas analíticas, aumentando assim a complexidade e por conseguinte, aumento do número de dias de trabalho.

**Dependência de análises externas:** a medida em que as análises a serem efetuadas apresentaram o devido grau de dependência de laboratórios externos para serem executadas. Ao serem realizadas análises externas, a empresa X irá depender de terceiros.

### **5.2.3 Descritores de desempenho**

Após a identificação dos critérios, procede-se à associação de um descritor de desempenho a cada um deles, descritos em pormenor mais adiante. Estes descritores agregam um ou mais indicadores qualitativos e ou quantitativos, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5. Indicadores quantitativos e qualitativos

Família	Critério	Indicador quantitativo	Indicador qualitativo
Risco	Conformidade da última auditoria (CUA)	Número de não conformidades da última auditoria.	Gravidade das não conformidades da última auditoria.
	Data da última auditoria (DUA)	$F_{DUA,i} = D_{atual} - D_{última,i}$ , onde: $D_{atual}$ indica a data atual e $D_{última,i}$ indica a data em que a última auditoria foi realizada ao fornecedor $i$ . Unidade: anos	
	Data da última inspeção por entidades reguladoras (DUI)	$F_{DUI,i} = D_{atual} - D_{última,i}$ , onde: $D_{atual}$ indica a data atual e $D_{última,i}$ indica a data em que a última inspeção por entidades reguladoras foi realizada ao fornecedor $i$ . Unidade: anos	
	Recorrência das reclamações (RR)	$F_{RR,i} = \frac{R_{causa\ idêntica,i}}{R_{total,i}} \times 100$ , onde: $R_{causa\ idêntica,i}$ indica o número de reclamações com a mesma causa do fornecedor $i$ e $R_{total,i}$ indica o número total de reclamações do fornecedor $i$ . Unidade: %	
	Resultado das reclamações (R)	Número de reclamações realizadas aos fornecedores.	
	Capacidade de resposta a reclamações (CR)	$F_{CR,i} = \frac{R_{respondidas,i}}{R_{total,i}} \times 100$ , onde: $R_{respondidas,i}$ indica o número de reclamações respondidas do fornecedor $i$ e $R_{total,i}$ indica o número total de reclamações do fornecedor $i$ . Unidade: %	
Adequação do tempo de resposta à implementação de ações corretivas e ou preventivas (ARC)	$F_{ARC,i} = \frac{\sum_{j=1}^n D_{emissão,i} - D_{resposta,i}}{R_{total,i}}$ , onde: $D_{emissão,i}$ indica a data da reclamação emitida ao fornecedor $i$ , $D_{resposta,i}$ indica a data da resposta à reclamação com as ações implementadas do fornecedor $i$ e $R_{total,i}$ indica o número total de reclamações do fornecedor $i$ . Unidade: dias		

(continua)

Tabela 5. Indicadores quantitativos e qualitativos (continuação)

Família	Critério	Indicador quantitativo	Indicador qualitativo
Consistência	Resultados fora de especificação (RFE)		Existência de resultados fora de especificação. Aceitação dos planos de ações corretivas e/ou preventivas.
	Resultados fora de tolerância (RFT)	Número de resultados fora de tolerância.	
Produtividade	Adequação do número de lotes (AL)	$F_{AL,i} = \frac{L_{excesso,i}}{L_{total,i}} \times 100,$ <p>onde: <math>L_{excesso,i}</math> indica o número de lotes a mais recebidos do fornecedor <math>i</math> e o <math>L_{total,i}</math> indica o número total de lotes recebidos do fornecedor <math>i</math>. Unidade: %</p>	
	Complexidade de análise (CA)	Número de análises HPLC. Número de dias de trabalho.	
	Adequação das datas de validade dos lotes (ADV)	$F_{IDV,i} = \frac{L_{excesso,i}}{L_{total,i}} \times 100,$ <p>onde <math>L_{excesso,i}</math> indica o número de lotes recebidos posteriormente com data de validade mais curta do fornecedor <math>i</math> e o <math>L_{total,i}</math> o número total de lotes recebidos do fornecedor <math>i</math>. Unidade: %</p>	
	Dependência de análises externas (DAE)	Número de laboratórios subcontratados para realizar as análises externas.	

### 5.2.3.1 Conformidade da última auditoria

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, o número e a gravidade das não conformidades da última auditoria foram identificadas e estão demonstradas na Tabela 6.

Como observado na Tabela 6, os resultados das últimas auditorias com melhor desempenho correspondem a auditorias que não apresentaram nenhuma não conformidade. Este descritor de desempenho é classificado como qualitativo, discreto e construído. Os níveis bom e neutro deste descritor correspondem ao NN e EM, respectivamente.

Tabela 6. Descritor do critério Conformidade da última auditoria

Abreviatura	Descrição
Número Nulo e Gravidade Nula (NN)	Não apresenta nenhuma não conformidade.
Número Elevado e Gravidade Menor (EM)	O número de não conformidades é igual ou superior a 1 e a gravidade das não conformidades é menor.
Número Baixo e Gravidade Maior (BM)	O número de não conformidades é inferior a 3 e a gravidade das não conformidades é maior.
Número Elevado e Gravidade Maior (EMA)	O número de não conformidades é igual ou superior a 3 e a gravidade das não conformidades é maior.
Número Elevado e Gravidade Crítica (EC)	O número de não conformidades é igual ou superior a 1 e a gravidade das não conformidades é crítica.
Auditoria não realizada (NR)	Auditoria não realizada.

### 5.2.3.2 Data da última auditoria

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este a diferença entre a data atual e a data da última auditoria, em anos.

Os fornecedores com uma diferença igual ou superior a 5 anos, apresentam um desempenho negativo idêntico. Relativamente aos fornecedores que nunca foram auditados, o desempenho dos mesmos é equivalente a terem uma diferença igual a 5 anos.

### 5.2.3.3 Data da última inspeção por entidades reguladoras

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este a diferença entre a data atual e a data da última inspeção, em anos.

De modo a construir os níveis de desempenho, analisou-se a validade da inspeção considerada pelo grupo de decisores. Assim, a última inspeção é considerada válida quando foi realizada há menos de 3 anos; expirada quando foi realizada há 3 anos; não se encontra renovada quando foi realizada há 4 anos e equivale a não apresentar inspeção quando foi realizada há mais de 4 anos.

### 5.2.3.4 Resultado das reclamações

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, o número e a gravidade das reclamações realizadas aos fornecedores foram identificadas e estão demonstradas na Tabela 7.

Como observado na Tabela 7, os resultados com melhor desempenho correspondem a fornecedores que não apresentam reclamações. Este descritor de desempenho é classificado como qualitativo, discreto e construído. Os níveis bom e neutro deste descritor correspondem ao NN e EM, respectivamente.

Tabela 7. Descritor do critério Resultado das reclamações

Abreviatura	Descrição
Número Nulo e Gravidade Nula (NN)	Não apresenta nenhuma reclamação.
Número Elevado e Gravidade Menor (EM)	O número de reclamações é igual ou superior a 1 e a gravidade das reclamações é menor.
Número Baixo e Gravidade Maior (BM)	O número de reclamações é inferior a 3 e a gravidade das reclamações é maior.
Número Elevado e Gravidade Maior (EMA)	O número de reclamações é igual ou superior a 3 e a gravidade das reclamações é maior.
Número Elevado e Gravidade Crítica (EC)	O número de reclamações é igual ou superior a 1 e a gravidade das reclamações é crítica.

### 5.2.3.5 Recorrência das reclamações

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este o quociente entre o número de reclamações com a mesma causa e o número total de reclamações, em percentagem.

O desempenho dos fornecedores vai piorando à medida que a recorrência das reclamações aumenta. Por exemplo, se a recorrência das reclamações com a mesma causa apresentadas ao fornecedor for baixa, significa que as ações preventivas e/ou corretivas foram implementadas com sucesso pelo fornecedor. Quanto aos fornecedores que não podem ser avaliados neste critério, ou seja, ou não tiveram nenhuma ou uma reclamação, são equivalentes a terem uma percentagem de recorrência de reclamações igual a 0.

### 5.2.3.6 Capacidade de resposta a reclamações

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este o quociente entre o número de reclamações respondidas e o número total de reclamações, em percentagem.

O desempenho dos fornecedores vai piorando à medida que a percentagem de reclamações respondidas diminui. Os fornecedores que não podem ser avaliados neste critério, ou seja, os que não tiveram nenhuma reclamação, são equivalentes a terem uma percentagem de reclamações respondidas igual a 100.

### 5.2.3.7 Adequação do tempo de resposta à implementação de ações corretivas e ou preventivas

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este o quociente entre a soma da diferença entre a data emitida ao fornecedor (sobre a reclamação) e a data da resposta do fornecedor (sobre a implementação de ações corretivas e/ou preventivas) e o número total de reclamações, em dias.

O desempenho dos fornecedores vai piorando à medida que o tempo de resposta aumenta. Os fornecedores que não podem ser avaliados neste critério, ou seja, os que não tiveram nenhuma reclamação, são equivalentes a terem um tempo de resposta igual a 15 dias. Relativamente aos fornecedores que não responderam, estes são equivalentes a terem um tempo de resposta igual a 75 dias.

### 5.2.3.8 Resultados fora de especificação

Na primeira reunião com o grupo de decisores, definiu-se que, para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, iria ser utilizado um descritor quantitativo, contínuo e direto, sendo este o número de resultados fora de especificação (*Out Of Specification - OOS*). Este descritor de desempenho é independente do número de lotes recebidos, pois de acordo com a opinião dos decisores, receber um lote fora de especificação em 3 lotes é igualmente negativo como receber um lote fora de especificação em 10 lotes.

No entanto, mais tarde em discussão com o grupo de decisores, chegou-se à conclusão que através deste critério se queria medir o desempenho do fornecedor em relação à capacidade que apresenta em identificar a causa raiz do problema e ao seu compromisso para resolver o problema que deu origem aos resultados fora de especificação. Deste modo, para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, a existência de resultados fora de especificação e a aceitação dos planos de ações corretivas e/ou preventivas (*Corrective and Preventive Action - CAPA*) do fornecedor foram apreciadas e estão demonstradas na Tabela 8.

Como observado na Tabela 8, os resultados com melhor desempenho correspondem a fornecedores que não apresentam resultados fora de especificação. Este descritor de desempenho é classificado como qualitativo, discreto e construído. Os níveis bom e neutro deste descritor correspondem ao SS e CC, respetivamente.

Tabela 8. Descritor de desempenho do critério Resultados fora de especificação

Abreviatura	Descrição
Sem OOS (SS)	Não apresenta resultados fora de especificação.

(contínua)

Tabela 8. Descritor de desempenho do critério Resultados fora de especificação  
(continuação)

Abreviatura	Descrição
Com OOS e com plano CAPA aceite (CC)	Apresenta resultados fora de especificação e planos de ações corretivas e/ou preventivas aceite.
Com OOS e sem plano CAPA aceite (CS)	Apresenta resultados fora de especificação e não apresenta planos de ações corretivas e/ou preventivas aceite.

### 5.2.3.9 Resultados fora de tolerância

Na primeira reunião com o grupo de decisores, definiu-se que, para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, iria ser utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este o número de resultados fora de tolerância, que se referem aos resultados dos testes do laboratório da empresa X que apresentam uma diferença superior aos critérios internos definidos pela empresa X.

Na empresa X, um resultado está fora de tolerância quando a diferença entre o resultado da empresa X e o do fornecedor ultrapassa um certo valor, dependendo do teste realizado. No entanto, o grupo de decisores mostrou-se incapaz de construir uma escala quantitativa pois o desempenho não iria depender apenas do número de resultados fora de tolerância.

Assim, foi aplicado o conceito do princípio da amostragem (escolher apenas alguns membros de uma população, de forma a que seja possível fazer análises e chegar a conclusões sobre a população) na construção dos descritores de desempenho deste critério. O número de resultados que representam o desempenho de todos os resultados é igual a  $\sqrt{n+1}$ , onde  $n$  é o número total de testes realizados às matérias-primas de um dado fornecedor. Deste modo, quando o número de resultados fora de tolerância é inferior a  $\sqrt{n+1}$  significa que, num modo geral, os resultados estão dentro das tolerâncias e quando é superior, os resultados estão fora das tolerâncias definidas.

Concluindo, para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor qualitativo, discreto e direto, sendo este o número de resultados fora de tolerância (RFT). Os níveis de desempenho deste descritor estão demonstrados na Tabela 9. Os níveis bom e neutro deste descritor correspondem ao RFT nulo e RFT baixo, respetivamente.

Tabela 9. Descritor de desempenho do critério Resultados fora de tolerância

Abreviatura	Descrição
RFT nulo	$RFT = 0$
RFT baixo	$0 < RFT < \sqrt{n+1}$

(contínua)

Tabela 9. Descritor de desempenho do critério Resultados fora de tolerância (continuação)

Abreviatura	Descrição
RFT elevado	$RFT \geq \sqrt{n + 1}$

Inicialmente, estava a ser considerado um critério para cada tipo de teste realizado pois dependendo do fornecedor, os testes são diferentes entre si. No entanto, os testes apresentam o mesmo grau de relevância, logo não há a necessidade de fazer a distinção entre testes e o conceito do princípio da amostragem pode ser aplicado na totalidade aos testes realizados.

#### 5.2.3.10 Adequação das datas de validade dos lotes

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este o quociente entre o número de lotes recebidos posteriormente com data de validade mais curta e o número de lotes recebidos, em percentagem.

Um fornecedor que apresenta uma percentagem de incumprimento das datas de validade dos lotes igual a 100 corresponde ao caso em que todos os lotes recebidos não cumpriram com as datas de validade.

#### 5.2.3.11 Adequação do número de lotes

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este o quociente entre o número de lotes a mais e o número de lotes recebidos, em percentagem. O número de lotes a mais corresponde à diferença entre o número de lotes que entraram e o número mínimo de lotes que podiam ter sido recebidos, que corresponde ao quociente entre a quantidade total recebida da respetiva matéria-prima e a quantidade máxima que foi recebida por lote. Deste modo, existem lotes a mais quando o número de lotes recebidos por um fornecedor ultrapassa o número mínimo de lotes que podiam ter sido recebidos para cobrir as necessidades da empresa X.

Um fornecedor que apresenta uma percentagem de lotes a mais igual a 100 corresponde ao caso em que todos os lotes recebidos foram entregues com lotes a mais.

#### 5.2.3.12 Complexidade de análise

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, utilizaram-se dois indicadores quantitativos, o número de análises por HPLC (High Performance Liquid Chromatography) e o número de dias de trabalho.

As análises HPLC permitem identificar componentes químicos numa amostra, no entanto apresentam desvantagens como elevado custo, pois exigem elevadas quantidades de produtos orgânicos caros e elevada complexidade, dado que o equipamento utilizado para realizar estas análises requer ajustes

específicos (cada amostra possui um método preparativo diferente, além de outras questões mais complexas).

O número de dias de trabalho é definido pelo número de lotes que pertencem à mesma campanha e pelo número máximo de lotes máximos possíveis de serem analisados por campanha e por dia. Dependendo do número e do tipo de análise HPLC a ser realizada, o número máximo de lotes que conseguem ser analisados por dia numa campanha varia, o que vai provocar um menor ou maior número de dias de trabalho no laboratório do CQ.

Os níveis de desempenho deste descritor qualitativo, discreto e construído estão demonstrados na Tabela 10.

Não foi necessário realizar nenhuma interpolação pois não existem outras possíveis combinações dos indicadores referidos, como pode ser observado na Tabela 11. Nesta tabela, MB corresponde a Muito bom, B a Bom, N a Neutro, M a Mau e MM a Muito mau.

Tabela 10. Descritor de desempenho do critério Complexidade de análise

Abreviatura	Descrição
Muito bom	O número de análises HPLC é igual a 0 e o número de dias de trabalho é igual a 1 ou o número de análises HPLC é igual a 1 e o número de dias de trabalho é igual a 1 ou o número de análises HPLC é igual a 0 e o número de dias de trabalho é igual a 2.
Bom	O número de análises HPLC é igual a 2 e o número de dias de trabalho é igual a 1 ou o número de análises HPLC é igual a 3 e o número de dias de trabalho é igual a 1 ou o número de análises HPLC é igual a 2 e o número de dias de trabalho é igual a 2 ou o número de análises HPLC é igual a 1 e o número de dias de trabalho é igual a 2 ou o número de análises HPLC é igual a 0 e o número de dias de trabalho é igual a 3 ou o número de análises HPLC é igual a 1 e o número de dias de trabalho é igual a 3 ou o número de análises HPLC é igual a 0 e o número de dias de trabalho é igual a 4.

(contínua)

Tabela10. Descritor de desempenho do critério Complexidade de análise (continuação)

Abreviatura	Descrição
Neutro	O número de análises HPLC é igual a 4 e o número de dias de trabalho é igual a 1 ou o número de análises HPLC é igual a 3 e o número de dias de trabalho é igual a 2 ou o número de análises HPLC é igual a 2 e o número de dias de trabalho é igual a 3 ou o número de análises HPLC é igual a 1 e o número de dias de trabalho é igual a 4 ou o número de análises HPLC é igual a 0 e o número de dias de trabalho é igual a 5.
Mau	O número de análises HPLC é igual a 4 e o número de dias de trabalho é igual a 2 ou o número de análises HPLC é igual a 4 e o número de dias de trabalho é igual a 3 ou o número de análises HPLC é igual a 3 e o número de dias de trabalho é igual a 3 ou o número de análises HPLC é igual a 3 e o número de dias de trabalho é igual a 4 ou o número de análises HPLC é igual a 2 e o número de dias de trabalho é igual a 4 ou o número de análises HPLC é igual a 2 e o número de dias de trabalho é igual a 5 ou o número de análises HPLC é igual a 1 e o número de dias de trabalho é igual a 5.
Muito mau	O número de análises HPLC é igual a 4 e o número de dias de trabalho é igual a 4 ou o número de análises HPLC é igual a 4 e o número de dias de trabalho é igual a 5 ou o número de análises HPLC é igual a 3 e o número de dias de trabalho é igual a 5.

Tabela 11. Complexidade das análises

N.º ensaios HPLC	Dias de trabalho				
	1	2	3	4	5
0	MB	MB	B	B	N
1	MB	B	B	N	M
2	B	B	N	M	M
3	B	N	M	M	MM
4	N	M	M	MM	MM

### **5.2.3.13 Dependência de análises externas**

Para medir o desempenho dos fornecedores neste critério, foi utilizado um descritor de desempenho quantitativo, contínuo e direto, sendo este o número de laboratórios subcontratados para realizar as análises externas.

Os fornecedores que implicaram a subcontratação de dois ou mais laboratórios externos para realizar análises apresentam um desempenho negativo idêntico.

## **5.3 Avaliação**

Após a fase da estruturação do modelo, onde os critérios foram identificados e os descritores de desempenho construídos, iniciou-se a fase de avaliação. Esta fase foi dividida em três etapas. Em primeiro, construíram-se as funções de valor para cada critério, de seguida, determinaram-se os pesos dos critérios e por último, determinaram-se os pesos de cada família de critérios.

### **5.3.1 Construção das funções de valor**

De maneira a construir as funções de valor para cada critério, foram realizadas diversas reuniões com o mesmo grupo de decisores da fase da estruturação do modelo. O facto de não se ter realizado apenas uma conferência de decisão deveu-se ao facto de se ter alterado o modelo inicialmente desenvolvido, designadamente alterando os descritores de desempenho em alguns critérios. Nas conferências de decisão, o facilitador de processos guiou a reunião, pedindo ao grupo de decisores para avaliar qualitativamente a diferença de atratividade entre cada dois níveis de desempenho, através da escala semântica MACBETH: nula, fraca, muito fraca, moderada, forte, muito forte e extrema. Estas questões foram realizadas, tendo em consideração que o desempenho dos fornecedores nos restantes critérios é igual. É de notar que a diferença de atratividade foi classificada com mais do que uma categoria, quando houve hesitação acerca do nível da escala a escolher.

A primeira matriz de julgamentos preenchida foi a do critério “Data da última auditoria”. Uma das questões colocadas pelo facilitador foi a seguinte ‘Qual é a diferença de atratividade entre dois fornecedores em que um teve a última auditoria há 1 ano e outro há 2 anos?’, ao qual os decisores responderam ‘fraca’, o que permitiu preencher a célula da linha 1 coluna 2 da matriz apresentada na Tabela 12. Por meio deste tipo de perguntas o resto da matriz de julgamentos foi preenchida. Posteriormente, o software M-MACBETH apresentou uma proposta de função de valor que foi validada pelos decisores, ou seja, estes concordaram com os valores atribuídos a cada nível e com as distâncias dos intervalos entre os níveis, tendo havido pequenos ajustamentos quando tal foi entendido como necessário. A matriz de julgamentos MACBETH e a função de valor validada do critério “Data da última auditoria” estão apresentadas na Tabela 12 e Figura 10, respetivamente. Este procedimento foi realizado para os restantes critérios. Na Tabela 12, a célula a verde corresponde ao nível bom, a azul corresponde ao nível neutro e as células a cinzento correspondem a uma diferença de atratividade nula.

Após o preenchimento das matrizes de julgamentos, alguns destes mostraram-se inconsistentes. Nestes casos, o software M-MACBETH propôs mudanças para eliminar estas inconsistências. Em todas as situações em que este caso ocorreu, as sugestões propostas pelo software foram utilizadas pelos decisores para as resolver.

Tabela 12. Matriz de julgamentos MACBETH do critério Data da última auditoria

	0	1	2	3	4	5
0			fraca	forte	muito forte	Extrema
1			fraca	forte	muito forte	Extrema
2				moderada	muito forte	muito forte
3					forte	Forte
4						Fraca
5						

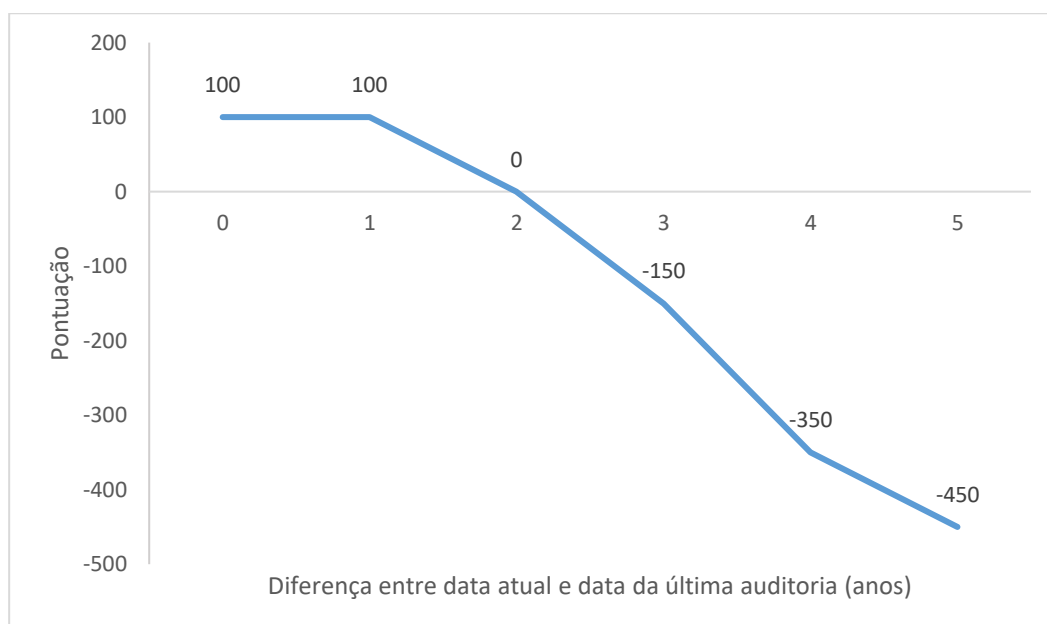


Figura 10. Função de valor do critério Data da última auditoria

### 5.3.2 Ponderação dos critérios de avaliação

Após a construção das funções de valor para cada critério, foi realizada uma conferência de decisão para determinar os pesos dos critérios em cada família, onde o procedimento utilizado foi o MACBETH.

O primeiro passo deste procedimento foi a ordenação dos *swings* de passar do nível neutro para o nível bom dos critérios em cada família, de acordo com a sua atratividade. De modo a realizar esta ordenação, o facilitador pediu aos decisores para considerarem um fornecedor hipotético em que o seu desempenho em todos os critérios se encontra no nível neutro. De seguida, perguntou aos decisores a seguinte questão ‘Na família Risco, se fosse possível escolher só um critério em que o desempenho de um fornecedor pudesse ser alterado do nível neutro para o nível bom, qual escolheria?’, o que

permitiu identificar o *swing* com maior atratividade. Esta questão foi realizada até estarem todos os *swings* ordenados por ordem decrescente de atratividade. A ordenação dos *swings* dos critérios da família Risco, pode ser observada na Figura 11.

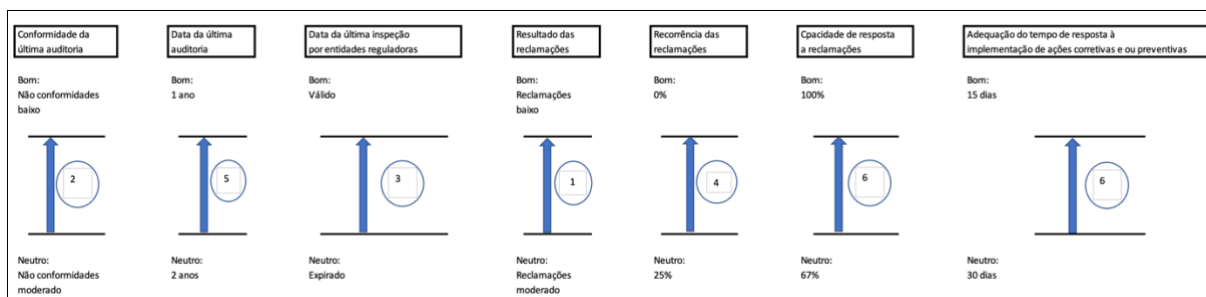


Figura 11. Ordenação dos swings dos critérios da família Risco

No segundo passo deste procedimento, os decisores julgaram qualitativamente a diferença de atratividade entre os *swings* referidos acima. O preenchimento da matriz de julgamentos MACBETH, apresentada na Tabela 13, começou pela última coluna (Neutro em todos), onde se questionou a diferença de atratividade de passar de neutro para bom em cada um dos critérios. Depois preencheu-se a primeira linha da matriz, onde se questionou a diferença de atratividade entre o *swing* neutro–bom mais atrativo e os *swings* de cada um dos restantes critérios, e por último a diferença de atratividade entre *swings* consecutivos na ordenação, o que permitiu preencher a diagonal acima da diagonal principal (i.e., acima das células com fundo cinzento).

Tabela 13. Matriz de julgamentos MACBETH dos swings dos critérios da família Risco

	R	CUA	DUI	RR	DUA	CR	ARC	Neutro em todos
R		fraca	moderada	moderada	forte	extrema	extrema	extrema
CUA			fraca	positiva	positiva	positiva	positiva	m. forte
DUI				moderada	positiva	positiva	positiva	m. forte
RR					moderada	positiva	positiva	Forte
DUA						fraca	fraca	moderada
CR								Fraca
ARC								Fraca
Neutro em todos								

Nota: “m. forte” é a abreviatura de “muito forte”

Após o preenchimento da matriz, o software M-MACBETH identificou algumas inconsistências nos julgamentos emitidos, fornecendo sugestões de alterações para os julgamentos ficarem consistentes, tendo os decisores efetuado modificações para resolver essas situações. Posteriormente, o software gerou uma proposta de pesos para os critérios, onde os pesos dos critérios “Capacidade de resposta a reclamações” e “Adequação do tempo de resposta à implementação de ações corretivas e ou preventivas” obtiveram o mesmo peso, pois os *swings* nesses critérios foram considerados indiferentes. Os pesos dos critérios da família Risco estão apresentados na Figura 12.

Estes dois passos foram realizados para as restantes famílias da Consistência e Produtividade, permitindo determinar os pesos dos critérios internos a cada família.

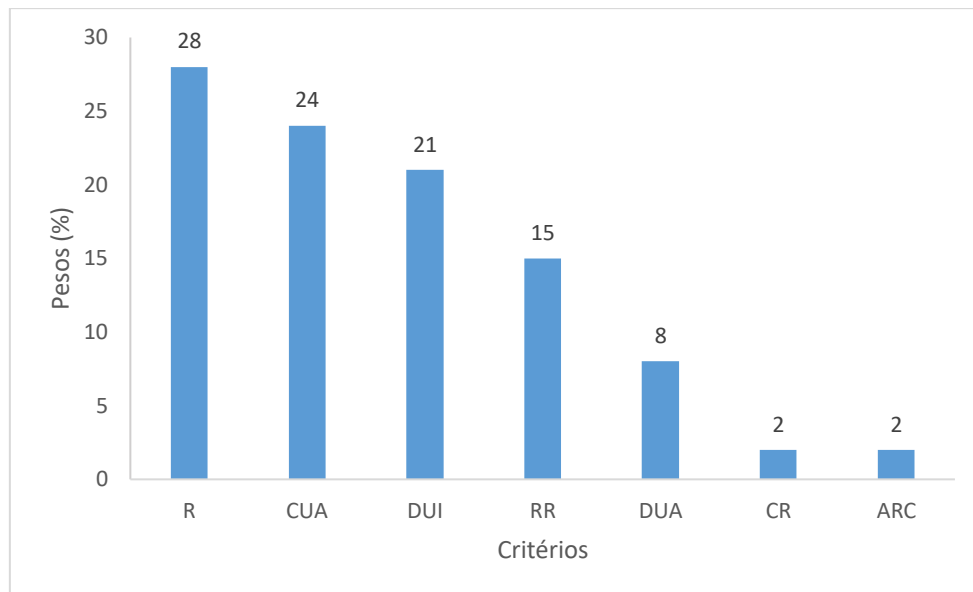


Figura 12. Pesos dos critérios da família Risco

### 5.3.3 Determinação dos pesos das famílias dos critérios

A última fase da avaliação do modelo multicritério consistiu em determinar os pesos das famílias dos critérios através do procedimento *swing weighting*. As famílias dos critérios referem-se às áreas hierarquicamente superiores aos critérios, sendo estas o Risco, a Consistência e a Produtividade.

Considerando um fornecedor hipotético em que o seu desempenho em todos os critérios se encontra no nível neutro, a primeira questão colocada ao grupo de decisores foi: “Se todos os critérios das famílias Risco, Consistência e Produtividade e o critério Dependência de análises externas estivessem no nível neutro, qual desses quatro conjuntos de critérios selecionaria para passar em primeiro lugar para os níveis de referência bom?”, ao qual o grupo de decisores respondeu inicialmente apenas os conjuntos dos critérios da família Risco, mas que mais tarde também considerou os da família Consistência, no momento em que tiveram de quantificar os *swings*. Esta questão foi colocada até estarem todos os *swings* dos conjuntos dos critérios ordenados.

A questão seguinte colocada ao grupo de decisores foi: “Em quanto é que quantificaria o *swing* dos níveis neutro para os níveis bom nos critérios da Produtividade sabendo que aos *swings* equivalentes nos critérios do Risco e Consistência foram atribuídos 100 pontos?”, ao qual responderam que esse *swing* equivalia 50% dos *swings* no critério Risco (ou do critério Consistência). Na quantificação do *swing* da Dependência de análises externas, este foi avaliado como sendo equivalente a 25% dos *swings* nos critérios da família Risco (ou do critério Consistência).

Uma vez quantificados os *swings*, procedeu-se à respetiva normalização. Os coeficientes de ponderação das famílias do Risco, da Consistência e da Produtividade e Dependência de análises externas são iguais a 0,365, 0,365, 0,18 e 0,09, respetivamente. Estes coeficientes de ponderação foram calculados através do quociente entre a pontuação do *swing* da respetiva família e a soma das pontuações dos *swings* de todas as famílias (incluindo o critério Dependência de análises externas, que é único na sua “família”), tendo sido estes cálculos realizados no Simulador, como demonstrado na Figura 13.

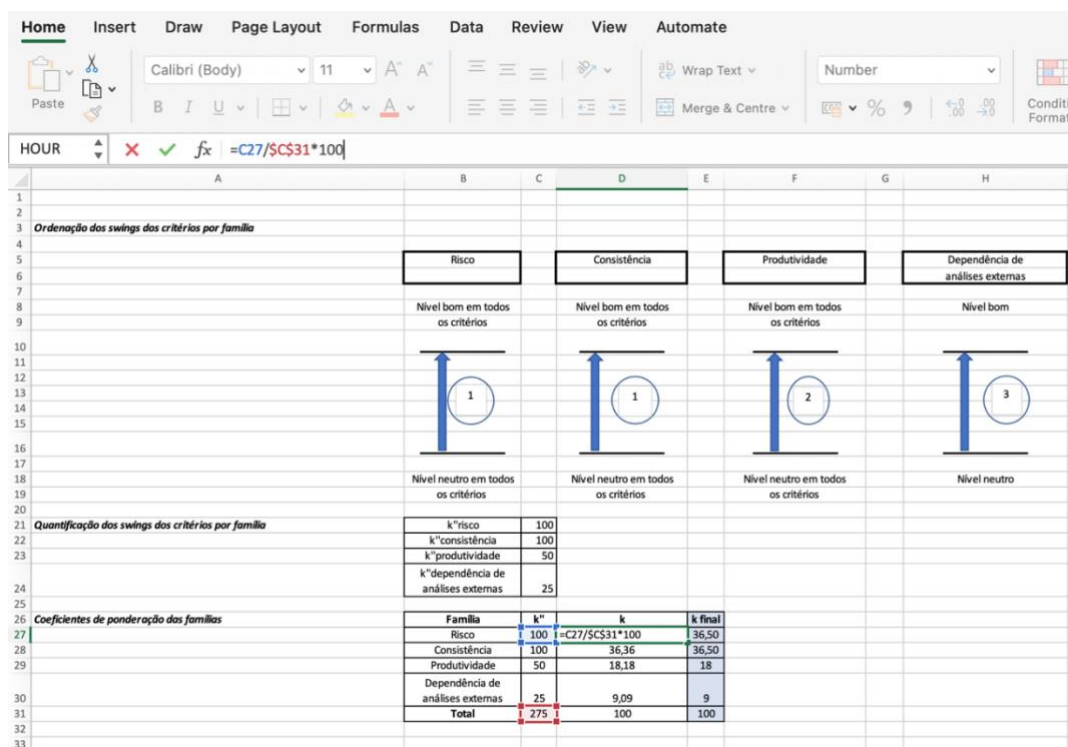


Figura 13. Representação parcial do Simulador - Determinação dos pesos das famílias dos critérios

Na Tabela 14 estão apresentados os pesos das famílias, obtidos pelo procedimento de ponderação *swing weighting* e os pesos internos dos critérios obtidos pelo procedimento MACBETH. (Note-se que os pesos internos dos critérios em cada uma das famílias soma sempre 100%.)

Tabela 14. Pesos das famílias e dos critérios de avaliação

Famílias/Critérios	Pesos (%)
<b>Risco</b>	<b>36,5</b>
Resultado das reclamações	28
Conformidade da última auditoria	24
Data da última inspeção por entidades reguladoras	21
Recorrência das reclamações	15

(contínua)

Tabela 14. Pesos das famílias e dos critérios de avaliação (continuação)

<b>Famílias/Critérios</b>	<b>Pesos (%)</b>
<b>Risco</b>	36,5
Data da última auditoria	8
Capacidade de resposta a reclamações	2
Adequação do tempo de resposta à implementação de ações corretivas e ou preventivas	2
<b>Consistência</b>	36,5
Resultados fora de especificação	75
Resultados fora de tolerância	25
<b>Produtividade</b>	18
Complexidade de análise	53
Adequação do número de lotes	33
Adequação das datas de validade dos lotes	14
Dependência de análises externas	9

#### 5.4 Determinação das categorias de valor

Tal como antes foi referido, os decisores da empresa X além de estarem interessados em obter uma medida do valor global de desempenho dos fornecedores também expressaram o desejo de que fossem criadas categorias de valor.

Para a determinação dessas categorias, o facilitador de processos reuniu-se com o grupo de decisores das fases de estruturação e de avaliação do modelo e utilizou o procedimento *bottom-up* para identificar os respetivos valores limite.

Em primeiro lugar, foi sugerido que o desempenho fosse classificado em cinco categorias Excelente, Satisfatório, Aceitável, Negativo e Muito negativo. Assim, considerando todos os critérios, o facilitador começou por pedir ao grupo de decisores que considerassem um fornecedor hipotético cujo desempenho se caracteriza por ter o nível de desempenho mais negativo em todos os critérios desta família. De seguida, foi pedido que considerasse um fornecedor hipotético que difere do anterior por ter um nível de desempenho mais atrativo, num dado critério. O grupo de decisores foi então questionado com a seguinte pergunta: “O novo fornecedor, com um nível de desempenho mais atrativo, pertence à mesma categoria que o fornecedor considerado anteriormente?”. Quando a resposta a esta pergunta era negativa, encontrava-se o limite para a próxima categoria mais atrativa. Este procedimento, realizado no Simulador como demonstrado na Figura 14, permitiu determinar os seguintes limites das categorias em termos de valor de desempenho:

$$\text{Desempenho} \geq 106 \Rightarrow \text{Excelente}$$

$$100 \leq \text{Desempenho} < 106 \Rightarrow \text{Satisfatório}$$

$0 \leq \text{Desempenho} < 100 \Rightarrow \text{Aceitável}$   
 $-144 \leq \text{Desempenho} < 0 \Rightarrow \text{Negativo}$   
 $\text{Desempenho} < -144 \Rightarrow \text{Muito negativo.}$

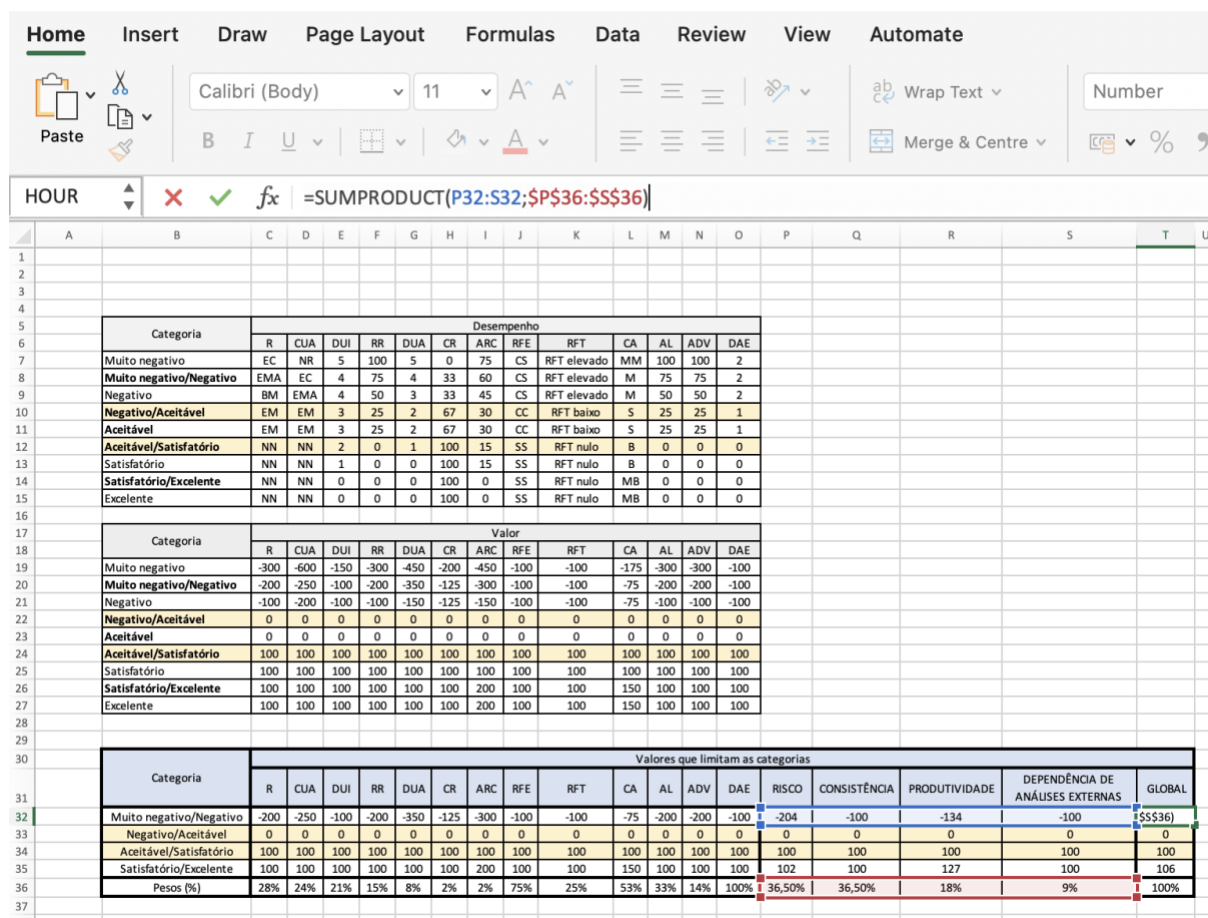


Figura 14. Representação parcial do Simulador - Construção das categorias de valor

## 5.5 Conclusões do capítulo

Na fase de estruturação do modelo, identificaram-se os critérios de avaliação, estando estes agrupados em três famílias, sendo estas o Risco, a Consistência e a Produtividade. Os critérios da família Risco correspondem à Conformidade da última auditoria, Data da última auditoria, Data da última inspeção por entidades reguladoras, Resultado das reclamações, Recorrência das reclamações, Capacidade de resposta a reclamações e Adequação do tempo de resposta à implementação de ações corretivas e ou preventivas. Relativamente aos critérios da família Consistência, estes correspondem aos Resultados fora de especificação e Resultados fora de tolerância. Quanto aos critérios da família Produtividade, estes correspondem à Adequação das datas de validade dos lotes, Adequação do número de lotes e Complexidade de análise.

Ainda na fase da estruturação, associou-se um descritor de desempenho a cada critério de avaliação.

Na fase de avaliação do modelo, construiu-se uma função de valor para cada critério. Neste processo, os decisores participaram em reuniões onde avaliaram qualitativamente a diferença de atratividade entre os níveis de desempenho em cada critério, resultando no preenchimento de matrizes de julgamentos. Ao inserir estes julgamentos no software M-MACBETH, o mesmo devolve uma proposta de função de valor, onde a cada nível de desempenho é associado um valor.

Na segunda etapa desta fase, ponderaram-se os critérios internamente a cada família, através da ordenação dos *swings* neutro-bom dos critérios e da avaliação qualitativa da sua diferença de atratividade. Após ter sido verificada a consistência dos julgamentos, o software M-MACBETH sugeriu um peso para cada critério que foi validado pelos decisores.

Na última etapa, determinaram-se os pesos das famílias, através do procedimento *swing weighting*, onde se atribuiu um maior peso às famílias Risco e Consistência e um menor peso ao critério "Dependência de análises externas " que não integrou nenhuma família por ser único.

Após a fase de estruturação e de avaliação, foram construídas cinco categorias de valor que permitem interpretar o desempenho dos fornecedores numa perspetiva não apenas numérica.

## 6 Resultados e discussão

### 6.1 Introdução

No presente capítulo encontram-se os resultados da aplicação do modelo proposto aos fornecedores definidos a serem avaliados neste caso em estudo, nomeadamente os fornecedores de paracetamol A e B.

### 6.2 Avaliação dos fornecedores

Como referido anteriormente, os fornecedores avaliados são os de paracetamol A e B e o período analisado refere-se ao período entre 1 de Abril de 2021 a 1 de Abril de 2023. Ao aplicar o modelo proposto, as pontuações dos fornecedores foram obtidas para cada família de critérios e a nível global, como demonstrado na Tabela 15.

Tabela 15. Pontuações parciais e globais dos fornecedores

Fornecedor	Família				Pontuação Global
	Risco	Consistência	Produtividade	Dependência de análises externas	
	36,5%	36,5%	18%	9%	
A	-4,36	75	37,17	100	41,47
B	-32,42	50	-50,50	100	6,33

A opção mais atrativa é o fornecedor A com uma pontuação global de 41,47 pontos, seguido do fornecedor B, com uma pontuação global de 6,33 pontos. Dado que as pontuações globais dos fornecedores A e B se encontram entre o intervalo de valores 0 a 100, estes são ambos classificados na categoria de valor Aceitável, como pode ser observado na Figura 15.

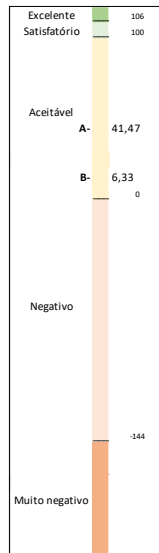


Figura 15. Desempenho dos fornecedores por categorias

O grupo de decisores não ficou surpreendido com os resultados obtidos pois o fornecedor B é o que coloca mais constrangimentos a nível de trabalho no departamento do CQ. De modo a perceber, em que critérios e áreas o fornecedor A apresenta um melhor desempenho relativamente ao fornecedor B, foram realizados perfis de diferenças entre os fornecedores A e B por critério, como observado na Figura 16 e por família, como observado na Figura 17.

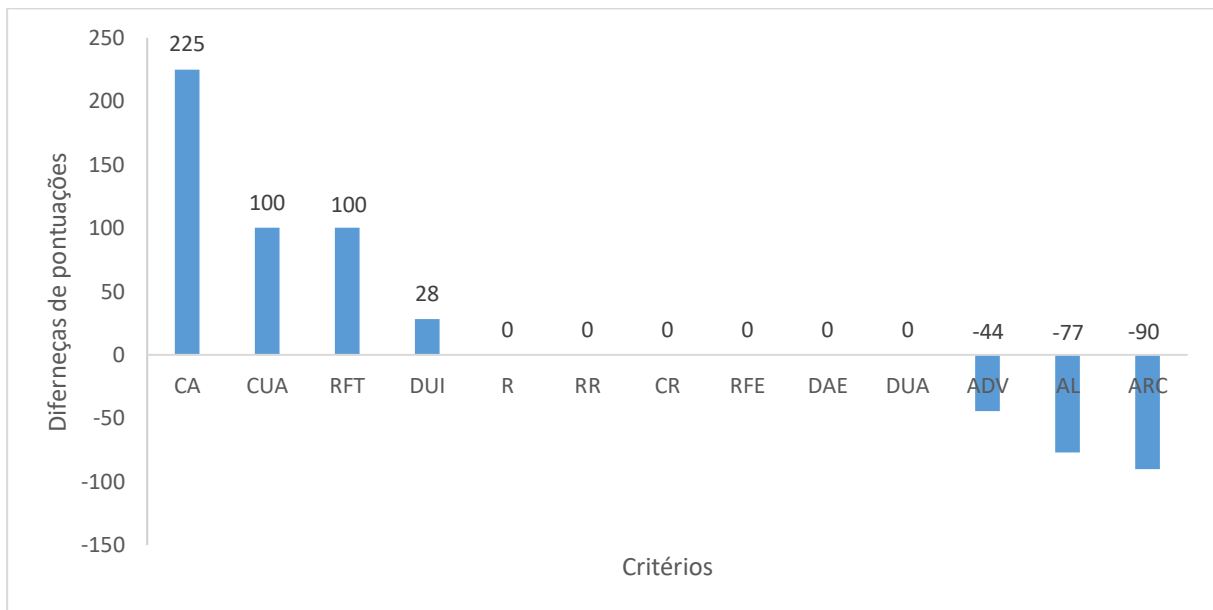


Figura 16. Perfis de diferenças entre fornecedor A e B por critério

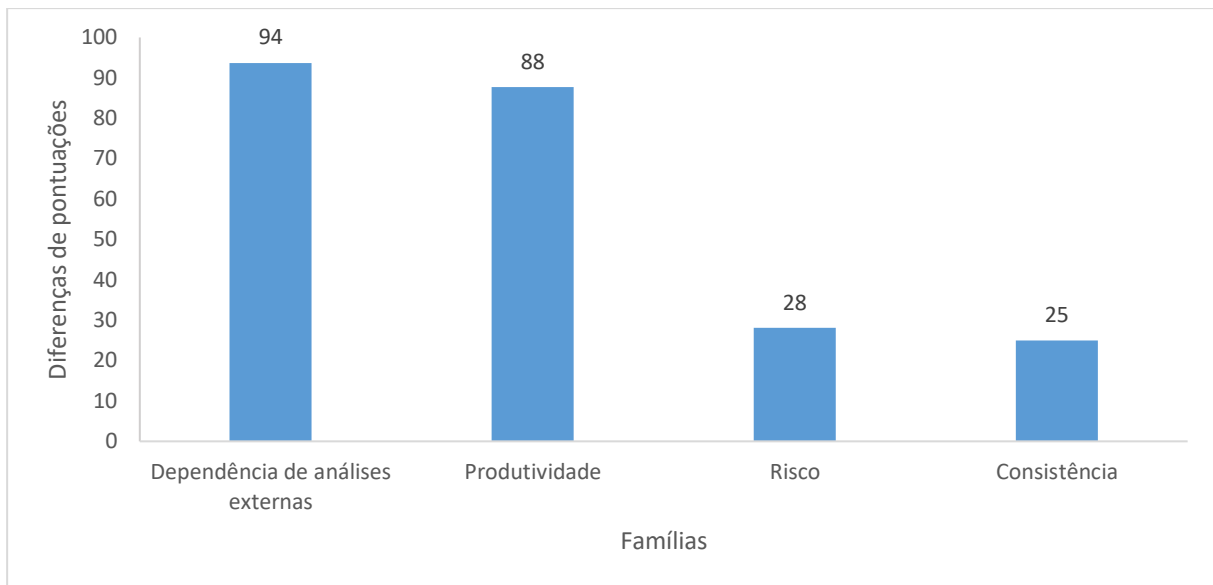


Figura 17. Perfis de diferenças entre fornecedor A e B por famílias

A diferença da pontuação global entre o fornecedor A e B é de 35,15 pontos, o que representa um valor significativo. O fornecedor A apresenta melhor desempenho em todas as famílias e no critério Dependência de análises externas. Na família da Produtividade, a pontuação do fornecedor A foi superior devido ao facto de no critério da Complexidade de análise apresentar um desempenho bastante superior ao fornecedor B, o que já era espectável devido aos níveis de produtividade atual no laboratório do CQ quando a matéria-prima a amostrar e analisar é cedida pelo fornecedor B. No Risco, a pontuação do fornecedor A foi superior devido ao facto de nos critérios Conformidade da última auditoria e Data da última inspeção por entidades reguladoras, o fornecedor A apresentar um desempenho superior. Na Consistência, apesar de o desempenho dos fornecedores ser igual no critério Resultados fora de especificação, o fornecedor A apresenta um melhor desempenho nos Resultados fora de tolerância.

### 6.3 Conclusões do capítulo

Os fornecedores de Paracetamol A e B foram avaliados no período de 1 de Abril de 2021 a 1 de Abril de 2023, através do modelo proposto no capítulo 4. O fornecedor A obteve o melhor desempenho com uma pontuação global de 41,47 pontos, enquanto que o fornecedor B obteve uma pontuação global de 6,33 pontos, fazendo com que ambos pertençam à categoria de valor Aceitável. O fornecedor A supera o fornecedor B nas famílias do Risco, da Produtividade e da Consistência e no critério Dependência de análises externas.

## **7 Conclusões e trabalho futuro**

### **7.1 Introdução**

No presente capítulo encontram-se as principais conclusões do trabalho desenvolvido. A parte remanescente deste capítulo encontra-se dividida em 4 secções. Na secção 7.2 apresenta-se as diferenças entre o modelo atual e o modelo construído, na secção 7.3 descreve-se as limitações do modelo proposto, na secção 7.4 apresenta-se o trabalho futuro a ser desenvolvido e por último, na secção 7.5, encontram-se algumas reflexões sobre o trabalho desenvolvido.

### **7.2 Modelo atual vs. modelo construído**

O modelo atual em vigor pela empresa X avalia os fornecedores com foco na Logística, contrariamente ao modelo construído que tem foco na Qualidade. Apesar de os aspetos a serem avaliados nos fornecedores serem diferentes, ambos os modelos foram construídos utilizando uma metodologia multicritério.

No início da construção do modelo foi discutida a metodologia pela qual a empresa X ponderou os critérios para avaliar os fornecedores a nível logístico. A atribuição dos pesos foi realizada através de uma comparação direta entre a importância dos critérios, não considerando os intervalos das escalas dos descritores de desempenho. A forma como os pesos foram atribuídos através do procedimento descrito apresenta um erro crítico que deve ser corrigido (Keeney, 1992).

Deste modo, a facilitadora de processos e o grupo de decisores concordaram que a metodologia multicritério a ser utilizada no novo modelo seria diferente, onde os pesos dos critérios não iriam ser atribuídos de acordo com a sua importância, mas sim considerando a amplitude das escalas dos descritores de desempenho, definindo âncoras para a ponderação e fazendo juízos apropriados.

Assim, o novo modelo construído combate o erro mencionado acima, sendo uma ferramenta de gestão apta para a análise de decisão. Outra das vantagens que se pode destacar do novo modelo é a sua flexibilidade, pois permitiu integrar critérios quantitativos e qualitativos. O processo de apoio à decisão que foi seguido possibilitou desenvolver um modelo transparente e aceite pelo grupo de decisores, pois teve em consideração as comparações e julgamentos de valor por estes efetuados no momento da construção das funções de valor, na ponderação dos critérios e das famílias de critérios, permitindo ao grupo de decisores entender que o modelo resultou da consideração dos seus pontos de vista e julgamentos.

Para além disso, com a aplicação do método MACBETH na construção do modelo, a consistência dos julgamentos emitidos pelos decisores é verificada, o que torna os resultados válidos. A construção das categorias de valor também permitiu dar uma perspetiva global sobre o valor do desempenho dos fornecedores.

### 7.3 Limitações do modelo proposto

À medida que o modelo de avaliação de fornecedores com foco na Qualidade foi sendo construído, surgiram limitações que importam salientar. Uma das primeiras limitações encontradas surgiu no momento de identificação dos critérios pois, por vezes, o grupo de decisores apresentava dificuldade em distinguir critérios que dependiam da Empresa X e não dos fornecedores. Foi o caso do critério Cumprimento da periodicidade de auditoria. É um critério que permite avaliar o risco e a fiabilidade que existe perante um fornecedor, mas o facto de se cumprir com a periodicidade teórica definida pela empresa X, depende apenas da empresa e nunca dos fornecedores. Assim, a avaliação do fornecedor não deve ser beneficiada ou prejudicada por um fator que não depende do mesmo.

Na fase de estruturação do modelo, existiu uma dificuldade acrescida no momento de construir os descritores de desempenho, principalmente para o critério Resultados fora de tolerância. Idealmente, o descritor deveria ser quantitativo, visto que se trata do número de resultados fora de tolerância. No entanto, como o grupo de decisores quer reutilizar este modelo para avaliar qualquer fornecedor de APIs, verificou-se a impossibilidade de definir os níveis de desempenho quando este descritor é quantitativo pois o desempenho também é dependente do número de testes realizados, o que torna incapaz definir valores fixos para os vários níveis que poderiam ser criados.

Quanto à fase de construção do modelo de avaliação, a facilitadora de processos reuniu-se apenas com a Diretora do CQ para ponderar as famílias dos critérios. A razão de não se ter reunido com o resto do grupo de decisores foi devido a limitações de tempo. No entanto, os pesos foram mostrados posteriormente ao grupo de decisores e todos concordaram com os coeficientes de ponderação atribuídos.

Relativamente à fase da construção das categorias de valor, foi apenas utilizado o procedimento *bottom-up* para determinar as mesmas, devido a limitações de tempo. Idealmente, também deveria ter sido utilizado o procedimento *top-down* para a sua construção.

O modelo construído serve apenas para avaliar o desempenho passado dos fornecedores. Visto que para além da monitorização do desempenho dos mesmos, o objetivo de criar este modelo, é para este ser tido em consideração no momento da tomada da decisão de compras, também deveria ser construído um modelo de afetação de encomendas. Neste segundo modelo, devem ser tidos em conta detalhes adicionais sobre os fornecedores que afetem as decisões das compras das matérias-primas, como por exemplo, capacidade de produção, preços, entre outros.

Como dito acima, o modelo foi construído para casos em que existe um desempenho passado dos fornecedores, o que faz com que novos fornecedores não consigam ser avaliados por este modelo. A facilitadora de processos salientou este aspeto com o grupo de decisores, mas como estes já tinham um modelo para avaliar os mesmos, não pretenderam incluir novos fornecedores neste modelo.

Algumas das limitações referenciadas acima fizeram com que se tivesse de recuar no processo diversas vezes, alongando o período de tempo necessário para construir a versão final do modelo.

#### **7.4 Trabalho futuro**

O modelo de avaliação de fornecedores proposto foi criado com foco apenas na Qualidade, em que o principal objetivo é monitorizar o desempenho dos fornecedores e, num futuro próximo, este poder ser incluído nas decisões de compra das matérias-primas, mais especificamente de APIs. Deste modo, para que este modelo possa ser incluído nas decisões de compra de APIs, é necessário que o modelo seja integrado com o modelo logístico, em que critérios, como o Número de atrasos, possam ser tidos em consideração no momento da avaliação do fornecedor.

#### **7.5 Reflexões**

O modelo construído é flexível na seleção de critérios, abrangendo tanto critérios quantitativos quanto qualitativos. Além disso, é transparente, permitindo que o grupo de decisores compreenda como os seus próprios julgamentos são considerados no processo de avaliação. Com a aplicação do método MACBETH na construção do modelo, a consistência dos julgamentos dos decisores é verificada, garantindo resultados válidos e suficientemente precisos. Para além disso, é um método simples capaz de resolver problemas complexos de tomada de decisão e realiza uma avaliação quantitativa das alternativas. Em resumo, o novo modelo é uma ferramenta de gestão eficaz para a análise de decisões de avaliação de fornecedores com foco na Qualidade.

No entanto, deve ter-se em consideração que durante a construção do modelo, certas limitações foram encontradas. O grupo de decisores teve dificuldade na estruturação do problema e na identificação de critérios, nomeadamente em distinguir os que dependiam deles e não dos fornecedores, o que levou a várias interações até chegar ao conjunto final de critérios que foi utilizado.

Na construção dos descritores de desempenho, especificamente no critério Resultados fora de tolerância, foi difícil determiná-los pois este tem de se adaptar à avaliação de qualquer fornecedor de API. Por esta razão, inicialmente tinham sido construídos dois mapas causais, um para cada fornecedor, devido à dificuldade em encontrar um descritor de desempenho genérico que pudesse ser aplicado a qualquer fornecedor. No entanto, mais tarde, foi construído um único descritor de desempenho, o que fez com que existisse apenas um mapa causal e, conseqüentemente, um único modelo de avaliação de fornecedores de API, como era desejado.

Devido a limitações de tempo, a facilitadora de processos reuniu-se apenas com a Diretora do CQ para ponderar as famílias de critérios e na construção das categorias de valor foi utilizado apenas o procedimento *bottom-up*, enquanto que o procedimento *top-down* também poderia ter sido aplicado para validar os limiares das categorias.

Por último, como o modelo foi concebido apenas para avaliar o desempenho passado dos fornecedores de APIs, será necessário criar um novo modelo de avaliação para fornecedores de Excipientes e de Materiais de embalagem.

Devido às limitações mencionadas, houve diversas reformulações na construção do modelo, prolongando o tempo necessário para sua conclusão.

## Referências

- Abdallah A. (2013). Global Pharmaceutical Supply Chain: A Quality Perspective. *International Journal of Business and Management*, 8(17). <http://dx.doi.org/10.5539/ijbm.v8n17p62>
- Abdillah, Y., Hasibuan, S. (2021). Supplier selection decision making in the pharmaceutical industry based on Kraljic portfolio and MAUT method: A Case Study in Indonesia. *IEOM Society International*. <http://dx.doi.org/10.46254/AN11.20210746>
- Aguinis, H., Joo, H., Gottfredson, R. K. (2011). Why we hate performance management-And why we should love it. *Business Horizons*, 54(6). <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2011.06.001>
- Alencar, L.H., de Almeida, A. T., Morais, D.C. (2010). A multicriteria group decision model aggregating the preferences of decision-makers based on electre methods. *Pesquisa Operacional*, 30(3), 687-702.
- Akarte, M., Surendra, N., Ravi, B., Rangaraj, N. (2001). Web based casting supplier evaluation using analytical hierarchy process. *Journal of the Operational Research Society*, 52(5). <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601124>
- Akyüz, G., Tosun, Ö., Aka, S. (2018). Multi criteria decision-making approach for evaluation of supplier performance with MACBETH method. *Int. J. Information and Decision Sciences*, 10(3).
- Araz, C., Ozkarahan, I. (2007). Supplier evaluation and management system for strategic sourcing based on a new multicriteria sorting procedure. *International Journal of Production Economics*, 106, 585–606.
- Azhar, N. A., Radzi, N. A. M., & Wan Ahmad, W. S. H. M. (2021). Multi-criteria Decision Making: A Systematic Review. *Recent Advances in Electrical & Electronic Engineering (Formerly Recent Patents on Electrical & Electronic Engineering)*, 14(8), 779–801. <https://doi.org/10.2174/2352096514666211029112443>
- Bana e Costa, C. A., Lourenço, J. C., Oliveira, M. D., & Bana e Costa, J. C. (2014). A Socio-technical Approach for Group Decision Support in Public Strategic Planning: The Pernambuco PPA Case. *Group Decision and Negotiation*, 23(1), 5–29. <https://doi.org/10.1007/s10726-012-9326-2>
- Bana e Costa, C., Beinat, E. (2005). Model-structuring in public decision-aiding. *Operational Research working papers* (LSEOR 05.79).
- Bana e Costa, C., Carnero, M., Oliveira, M. (2012a). A multi-criteria model for auditing a Predictive Maintenance Programme. *European Journal of Operational Research*, 217(2). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.019>
- Bana e Costa, C., Chagas, M. (2004). A career choice problem: An example of how to use MACBETH to build a quantitative value model based on qualitative value judgments. *European Journal of Operational Research*, 153(2). [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00155-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00155-3)
- Bana e Costa, C., Lourenço, J., Chagas, M., Bana e Costa, J. (2008). Development of Reusable Bid Evaluation Models for the Portuguese Electric Transmission Company. *Decision Analysis*, 5(1). <https://doi.org/10.1287/deca.1080.0104>

- Bana e Costa, C., Corrêa, E., De Corte, J., Vansnick J. (2002). Facilitating bid evaluation in public call for tenders: a socio-technical approach. *Omega*, 30(3), 227-242. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(02\)00029-4](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(02)00029-4)
- Bana e Costa, C., De Corte, J., Vansnick J. (2012b). MACBETH. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 11(2), 359-387. <https://doi.org/10.1142/S0219622012400068>
- Bana e Costa, C., Oliveira, R. (2002). Assigning priorities for maintenance, repair and refurbishment in managing a municipal housing stock. *European Journal of Operational Research*, 138(2), 380-391. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00253-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00253-3)
- Bana e Costa, C., Vansnick, J. (2008). A critical analysis of the eigenvalue method used to derive priorities in AHP. *European Journal of Operational Research*, 187(3). <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.09.022>
- Behzadian, M., Kazemzadeh, R. B., Albadvi, A., & Aghdasi, M. (2010). PROMETHEE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200(1), 198–215. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.021>
- Behzadian, M., Khanmohammadi Otaghsara, S., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051-13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Brans, J. P. (1982). Lingenierie de la decision. Elaboration dinstruments daide a la decision. Methode PROMETHEE. In: Nadeau, R., Landry, M. (Eds.), *Laide a la Decision: Nature, Instruments et Perspectives Davenir*. Presses de Universite Laval, Quebec, Canada, 183-214.
- Buran, A., Filyukov, A. (2015). Mind Mapping Technique in Language Learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 206, 215–218. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.10.010>
- Chaitanya, M., Chinni, S., Jyothia, M., Reddy, Y. (2018). The Importance of Quality Management System for a Successful Health Care Industry: A Review Based on Case Studies. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 10(8), 143-149.
- Chen, C. T., Lin, C. T., Huang, S. F. (2006). A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. *International Journal of Production Economics*, 102, 289–301.
- de Almeida, S., Morais, D. C., & de Almeida, A. T. (2014). Aggregation of stakeholder viewpoints using the value-focused thinking methodology in association with cognitive maps. *Produção*, 24(1), 144–159. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132013005000037>
- Deenesh, K. B., Kusuma, K., Ananya, T., Alisa, K., Khavinet, L., & Rafiqul, G. (2017). Chapter 3 - A Systematic Approach to Green Solvent Selection, Design, and Verification. *The Application of Green Solvents in Separation Processes*, 57–90.
- Dispas, A., Sacré, P., Ziemons, E., Hubert, P. (2022). Emerging analytical techniques for pharmaceutical quality control: Where are we in 2022?. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 221, 115071. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2022.115071>
- Ensslin, I., Montibeller, G., Noronha, S. (2001). Apoio à Decisão: Metodologias para Estruturação de Problemas e Avaliação Multicritério de Alternativas.

- Govindan, K., & Jepsen, M. B. (2016). ELECTRE: A comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.07.019>
- Gul, M., Celik, E., Aydin, N., Taskin Gumus, A., & Guneri, A. F. (2016). A state of the art literature review of VIKOR and its fuzzy extensions on applications. *Applied Soft Computing Journal*, 46, 60–89. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.04.040>
- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. K. (2010). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16–24. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2009.05.009>
- Hwang, C. L., Masud, A. S. M. (1979). Multiple Objective Decision Making - Methods and Applications. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*, 58-191.
- Karande, P., & Chakraborty, S. (2013). Using MACBETH method for supplier selection in manufacturing environment. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 4(2), 259–272. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2013.01.002>
- Keeney, R. (1992). Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decisionmaking. *Harvard University Press*.
- Kheybari, S., Rezaie, F. M., & Farazmand, H. (2020). Analytic network process: An overview of applications. *Applied Mathematics and Computation*, 367, 124780. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2019.124780>
- Kirytopoulos, K., Leopoulos, V., Voulgaridou, D. (2008). Supplier selection in pharmaceutical industry: An analytic network process approach. *Benchmarking: An International Journal*, 15(4). <https://doi.org/10.1108/14635770810887267>
- León, O. G. (1999). Value-Focused Thinking versus Alternative-Focused Thinking: Effects on Generation of Objectives. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 80(3), 213–227. <https://doi.org/10.1006/obhd.1999.2860>
- Lourenço, J. (2002). Modelo aditivo hierárquico: exemplos de métodos de ponderação e problemas associados. *CEG-IST – Centre for Management Studies of IST*.
- Luzzini, D., Caniato, F., & Spina, G. (2014). Designing vendor evaluation systems: An empirical analysis. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 20(2), 113–129. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2014.03.002>
- Montazer, G. A., Saremi, H. Q., Ramezani, M. (2009). Design a new mixed expert decision aiding system using fuzzy ELECTRE III method for vendor selection. *Expert Systems with Applications*, 36(8), 10837-10847.
- Oliveira, R., Lourenço, J. (2002). A multicriteria model for assigning new orders to service suppliers. *European Journal of Operational Research*, 139(2), 390-399. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(01\)00367-8](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(01)00367-8)
- Pedroso, M. , Nakano, D. (2009). Knowledge and information flows in supply chains: A study on pharmaceutical companies. *International Journal of Production Economics*, 122(1), 376-384. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.06.012>

- Quality, A. (2023). What is a Quality Management System (QMS)?. *American Society for Quality*.  
<https://asq.org/quality-resources/quality-management-system>
- Roy, B. (1991). The outranking approach and the foundations of electre methods. *Theory and Decision*, 31(1), 49-73.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatization of the analytic hierarchy process. *Manage. Sci.*, 32(7), 841-855.
- Shyur, H., Shih, H. (2006). A hybrid MCDM model for strategic vendor selection. *Mathematical and Computer Modelling*, 44, 7–8. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2005.04.018>
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169(1), 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.04.028>
- Zhang, L. J., Liu, R., Liu, H. C., Shi, H., & Sancibrian, R. (2020). Green Supplier Evaluation and Selections: A State-of-the-Art Literature Review of Models, Methods, and Applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2020, 1783421. <https://doi.org/10.1155/2020/1783421>