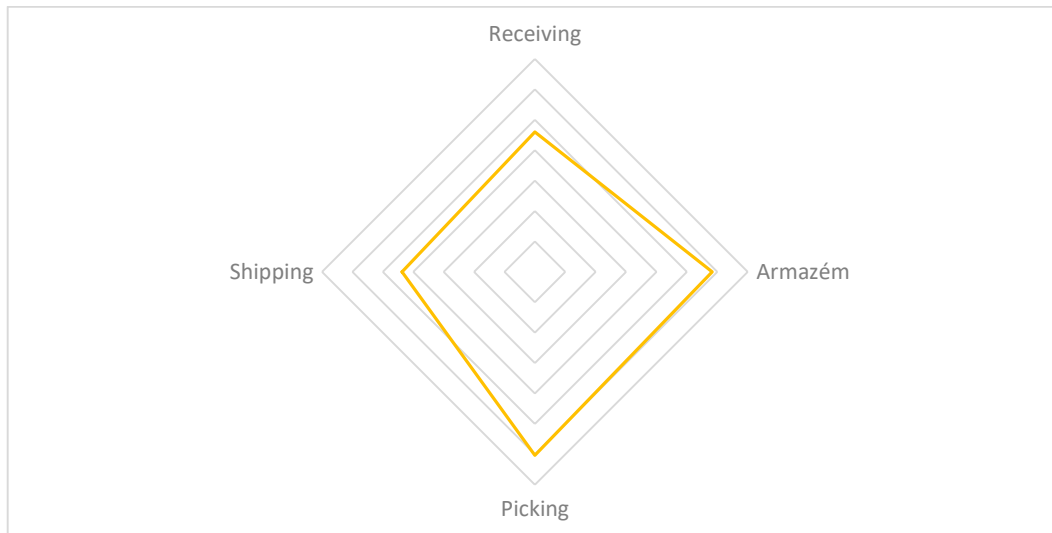




**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia e Mecânica**



**Desenvolvimento de um modelo para avaliar o nível  
*lean* nas operações logísticas**

**Viral Chaganlal**

Licenciado em Gestão da Distribuição e da Logística

Trabalho Final de Mestrado de natureza científica para obtenção  
do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

**Orientador:**

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

**Júri:**

Presidente: Doutor José Manuel Cardoso Igreja

Vogais:

Doutor José Miguel Aragão Celestino Soares

Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

**Maio de 2021**



**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**

**Área Departamental de Engenharia e Mecânica**

# **Desenvolvimento de um modelo para avaliar o nível *lean* nas operações logísticas**

**Viral Chaganlal**

**Licenciado em Gestão da Distribuição e da Logística**

**Trabalho Final de Mestrado de natureza científica para obtenção  
do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial**

**Orientador:**

**Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu**

**Júri:**

**Presidente: Doutor José Manuel Cardoso Igreja**

**Vogais:**

**Doutor José Miguel Aragão Celestino Soares**

**Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu**

**Junho de 2021**

***" Everyone should tackle some great  
project at least once in their life."***

***Sakichi Toyoda***

# Agradecimentos

Em primeiro lugar gostaria de agradecer aos meus dois colegas de turma João Melo e Pedro Dias, por terem sido ótimos companheiros e por me mostrarem que tudo é possível, até quando não acreditamos o contrário.

Gostaria de agradecer à equipa da *Vision-box*, por me terem ajudado e facilitado na obtenção de todos os dados que necessitava, tal como o seu apoio.

Aos meus colegas e amigos de trabalho, nomeadamente João Moreia, João Vrea, Patricia Matos e Domingos Impuque por toda a motivação que me deram para conseguir terminar este documento.

À *supply chain manager*, Karine Charollais, que me demonstrou que o que aprendemos em ambiente de escola tem uma aplicabilidade no nosso dia a dia laboral e também por todo o suporte que me deu até agora.

Ao Doutor António Abreu por me ter sempre encaminhado na direção certa sempre que necessitei, de forma a concluir este trabalho com sucesso.

A minha família, nomeadamente, aos meus pais e à minha irmã que me possibilitaram frequentar o mestrado, apoiando me sempre desde o início.

Por fim, à minha noiva, Jéssica Amaidas, por me ter apoiado sempre desde o início e me ter acompanhado em todas as horas necessárias para desenvolver o presente documento, contribuindo sempre ativamente para o nosso sucesso providenciando sempre a motivação que muitas vezes começava a desaparecer.

Um muito obrigado!

## Resumo

Cada vez mais, existe uma maior competitividade entre organizações, surgindo novos concorrentes diariamente a um nível nunca visto. Para que as organizações consigam sobreviver face a estas condições, necessitam de agir continuamente na redução de custos e em simultâneo aumentar o seu nível de eficiência e eficácia, no entanto nem sempre esta tarefa é fácil de se realizar. O conhecimento da filosofia *Lean* e a sua aplicação nas empresas, tem-se revelado uma grande ajuda nesta tarefa, uma vez que permite às organizações, reduzirem o seu nível de desperdício, conseguindo desta forma reduzir custos aumentando em simultâneo a sua eficiência. No entanto, antes da aplicação de qualquer ferramenta *Lean*, é necessário perceber em que patamar as empresas se encontram, ou seja, deve-se primeiro medir, para que depois se possa atuar. O presente documento, apresenta a construção de um modelo que tem como objetivo, medir o nível *Lean* de uma organização, permitindo, segmentar a mesma em várias partes, conseguindo perceber em simultâneo quais os departamentos dentro da organização com níveis *Lean* inferiores ao desejado. A ferramenta apresentada, tem por base a utilização do modelo *fuzzy logic*, ou lógica difusa, uma vez que o *Lean* é um tema muito subjetivo. Para a construção do modelo utilizou-se a ferramenta *Matlab* e o seu módulo “*fuzzy*”. O caso de estudo foi realizado na empresa *Vision-box*, podendo se ter concluído que a mesma atingiu um nível *lean*.

Palavras chave: *Lean*, *fuzzy logic*, Melhoria contínua, Logística

# Abstract

Increasingly, there is greater competition between organizations, with new competitors appearing daily at a level never seen before. In order for organizations to survive in the face of these conditions, they need to act continuously to reduce costs and at the same time increase their level of efficiency and effectiveness, however this task is not always easy to accomplish. The knowledge of *Lean* philosophy and its application in companies, has proved to be a great help in this task, since it allows organizations to reduce their level of waste, thus managing to reduce costs while simultaneously increasing their efficiency. However, before applying any *Lean* tool, it is necessary to understand what level the companies are at, that is, one must first measure, so that one can then act. This document presents the construction of a model that aims to measure the *Lean* level of an organization, allowing it to be segmented into several parts, being able to simultaneously perceive which departments within the organization have *Lean* levels below the desired. The presented tool is based on the use of the *fuzzy logic* model, since *Lean* is a very subjective theme. To build the model, *Matlab* tool was used, and its “*fuzzy*” module. The case study was carried out in the company *Vision-box*, and it can be concluded that it reached a lean level.

Keywords: *Lean*, *fuzzy logic*, continuous improvement, Logistics

# Siglas e Abreviaturas

3PL - Prestadores de serviços - *Third party logistics*

3M's - *Muda, Muri e Mura*

AHP - Analytic Hierarchy Process

BOM's – Bill of materials

EDI- Electronic Data Interchange

JIT - Just-in-time

KPI's - Key performance indicators

LAT - *Lean* Assessment Tool

LOM - Maior dos máximos

MOM - Média dos máximos

PO - Purchase Order

RFID – Radio Frequency Identification

SOM - Menor dos máximos

TPS – Toyota Production System

VMI- Vendor Managed Inventory

VSM - Value Stream Mapping

# Índice

Agradecimentos .....	I
Resumo .....	II
Abstract .....	III
Siglas e Abreviaturas .....	IV
Índice .....	V
Índice de Figuras .....	VII
Índice de Tabelas .....	IX
<b>1. Introdução .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivos da dissertação .....	1
1.2. Estrutura da dissertação .....	1
<b>2. A filosofia <i>lean</i> e a logística .....</b>	<b>3</b>
2.1. Logística.....	3
2.1.1. Cadeia de Abastecimento .....	4
2.1.2. Fluxo físico, informacional e financeiro .....	4
2.1.3. Dimensões da Logística .....	5
2.1.4. Principais áreas da Logística .....	7
2.1.5. Indicadores de desempenho ( <i>Key performance indicators</i> ).....	10
2.2. <i>Lean Thinking</i> ou Pensamento <i>Lean</i> .....	13
2.2.1. A Origem do <i>Lean</i> .....	14
2.2.2. Sistema Toyota de Produção (STP ou TPS) .....	15
2.2.3. Heijunka .....	16
2.2.4. Kaizen.....	16
2.2.5. Just-in-time .....	17
2.2.6. Jidoka.....	17
2.2.7. Os 3M's do TPS – Muda, Muri e Mura .....	17
2.2.8. Princípios <i>Lean</i> .....	19
<b>3. Lógica <i>Fuzzy</i> .....</b>	<b>31</b>
3.1. Lógica booleana vs. Lógica fuzzy.....	32
3.2. Fuzzy Sets ou conjuntos Fuzzy .....	34
3.3. Fuzzificação .....	36
3.4. Inferência fuzzy .....	38
3.5. Desfuzzificação.....	39
3.5.1. Método do Centro de Massa ou Centroide .....	40
3.5.2. Método da média, menor e maior dos máximos .....	40
<b>4. Ferramenta para medição do nível <i>lean</i> organizacional .....</b>	<b>41</b>
4.1. Definição do tipo de modelo a utilizar .....	42
4.2. Atividades do modelo a analisar .....	43
4.3. Variáveis do modelo .....	43
4.4. Critérios do modelo.....	44

4.5.	Definição dos conjuntos difusos para cada critério .....	45
4.6.	Definição das funções de pertinência e das regras para cada variável .....	46
4.7.	Resultados obtidos .....	48
<b>5.</b>	<b>Caso de estudo .....</b>	<b>51</b>
5.1.	Descrição do fluxo da fábrica .....	51
5.2.	Aplicação Ferramenta de medição do nível <i>lean</i> organizacional .....	53
5.3.	Variáveis a aplicar no modelo .....	54
5.4.	Definição dos critérios por variável a utilizar .....	56
5.5.	Definição dos conjuntos difusos .....	59
5.6.	Definição das regras de inferência .....	60
5.7.	Processo de inferência fuzzy .....	61
5.8.	Cálculo do nível <i>lean</i> por atividade .....	64
5.9.	Cálculo do nível <i>lean</i> da área .....	65
5.10.	Representação dos resultados num gráfico radar .....	66
5.11.	Análise dos resultados obtidos .....	67
5.12.	Propostas de melhoria .....	71
5.12.1.	Receção .....	71
5.12.2.	Expedição .....	72
5.12.3.	Picking .....	74
5.12.4.	Armazém .....	75
<b>6.</b>	<b>Conclusões, limitações e trabalhos futuros .....</b>	<b>79</b>
	<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>81</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>89</b>
	Anexo 1 – Conjuntos difusos.....	90
	Anexo 2 – Auxiliar criado para definição de regras do sistema fuzzy .....	92
	Anexo 3 - Resultados recolhidos durante os meses de Abril, Maio e Junho .....	98
	Anexo 4 - Regras de inferência (Variável Tempo - Receção).....	102
	Anexo 5 – Resultados obtidos do modelo por atividade.....	115

# Índice de Figuras

Figura 1 - Exemplo de uma rede Logística.....	3
Figura 2 - Estrutura de uma cadeia de abastecimento .....	4
Figura 3 - Fluxos da Logística.....	5
Figura 4 - Trinómio da Logística.....	6
Figura 5 – Principais custos das atividades logísticas .....	6
Figura 6 – Componentes principais da Logística .....	7
Figura 7 - Vantagens e desvantagens das modalidades de transporte.....	8
Figura 8 - Operações básicas de armazenagem .....	8
Figura 9 - Efeito chicote na cadeia de abastecimento.....	9
Figura 10 - Definição de KPI's .....	11
Figura 11 - Casa do TPM .....	16
Figura 12 - Modelo da cadeia de valor .....	20
Figura 13 - Produção em lotes "grandes" vs lotes de uma unidade .....	21
Figura 14 - Gráfico radar utilizado no estudo de Almomani .....	24
Figura 15 – Exemplo de um VSM.....	27
Figura 16 - Dimensões aplicadas no estudo de Pakdil e Leonard.....	28
Figura 17 - Esquema lógica Fuzzy .....	31
Figura 18 - Exemplo da teoria booleana.....	32
Figura 19 - Exemplo de lógica difusa.....	33
Figura 20 - Exemplos de funções de pertença .....	35
Figura 21 - Representação gráfica de uma função de pertença triangular .....	35
Figura 22 - Representação gráfica do exemplo de um gráfico triangular .....	36
Figura 23 - Conjuntos fuzzy e graus de pertença.....	36
Figura 24 - Conjuntos fuzzy individuais .....	37
Figura 25 - Agregação dos conjuntos fuzzy .....	37
Figura 26 - Processo de fuzzificação .....	38
Figura 27 - Exemplo de desfuzzificação .....	39
Figura 28- Exemplo do método da média, menor e maior dos máximos .....	40
Figura 29 - Conceção gráfica do modelo de avaliação .....	42
Figura 30 - Módulo Fuzzy Matlab.....	43
Figura 31 - Definição das atividades a avaliar.....	43
Figura 32 - Escolha das variáveis a estudar.....	44
Figura 33 - Definição dos critérios a utilizar .....	45
Figura 34 - Definição dos conjuntos de pertença .....	45
Figura 35 - Resumo do modelo .....	48
Figura 36 - Gráfico radar (exemplo).....	49
Figura 37 - Resumo do modelo .....	50
Figura 38 - Percurso dos materiais até produto acabado na fábrica.....	52

Figura 39 - Constituição do painel de Delphi .....	53
Figura 40 - Aplicação inicial do modelo .....	56
Figura 41 - Critérios a utilizar por variável .....	56
Figura 42 - Critérios definidos para a Expedição, variável – Custo .....	57
Figura 43 - Critérios por variável por atividade .....	58
Figura 44 - Criação do modelo Fuzzy em Matlab .....	61
Figura 45 - Matlab ("Rules").....	63
Figura 46 - Gráfico radar obtido.....	66
Figura 47 - Níveis <i>lean</i> por atividade .....	67
Figura 48 - Gráfico de superfície para a atividade Receção .....	71
Figura 49 - Gráfico de superfície para a atividade Expedição (Variável Custo) .....	72
Figura 50 - Gráfico de superfície para a atividade Expedição (Variável qualidade) .....	74
Figura 51 - Gráfico de superfície para a atividade Picking .....	74
Figura 52 - Gráfico de superfície para a atividade Armazém (Variável Tempo) .....	76
Figura 53 - Gráfico de superfície para a atividade Armazém (Variável Qualidade) .....	77

# Índice de Tabelas

Tabela 1 - Métricas de performance .....	25
Tabela 2 - Indicador de performance do nível <i>lean</i> .....	26
Tabela 3 - Output gerado (Sistema Fuzzy) .....	46
Tabela 4 - Excerto de todas as combinações de regras possíveis .....	47
Tabela 5 - Definição dos conjuntos difusos .....	59
Tabela 6 - Definição dos conjuntos difusos .....	59
Tabela 7 - Conjuntos difusos adaptados .....	60
Tabela 8 - Definição das regras de inferência .....	60
Tabela 9 - Output gerado pela desfuzzificação .....	60
Tabela 10 - Resultados da recolha de dados .....	62
Tabela 11 - Conversão dos resultados obtidos .....	62
Tabela 12 - Output gerado pelo processo de desfuzzificação .....	63
Tabela 13 - Conversão dos outputs em % .....	64
Tabela 14 - Níveis <i>lean</i> por atividade .....	65
Tabela 15 - Classificação dos níveis <i>lean</i> por atividade .....	65
Tabela 16 - Resultados da avaliação da atividade "Picking" .....	67
Tabela 17 - Resultados da avaliação da atividade "Receção" .....	68
Tabela 18 - Resultados da avaliação da atividade "Armazém" e "Expedição" .....	69

# 1. Introdução

A redução do desperdício nas organizações, é cada vez mais um ponto diferenciador quanto à sua competitividade. Com o aparecimento de novos concorrentes, tal como a evolução das novas tecnologias, as empresas têm de ser mais eficientes e eficazes ao executarem as suas tarefas, conseguindo por sua vez, diminuir custos.

De forma que seja possível perceber qual o impacto, que a redução do desperdício tem numa organização e antes da aplicação de qualquer ferramenta *lean*, as organizações devem tentar perceber qual o seu nível *lean* atual. Conseguindo obter esta perceção, as organizações têm uma forte probabilidade de definirem planos de ação que vão ao encontro com as suas metas e objetivos, conseguindo atingir o nível *lean* desejado.

## 1.1. Objetivos da dissertação

A presente dissertação, tem por objetivo, a criação de uma ferramenta que auxilie as empresas quanto à medição do seu nível *lean*. Entende-se por nível *lean*, o nível que a organização apresenta face a esta filosofia. Uma vez que a filosofia *lean* tem por base a eliminação e redução do desperdício, o objetivo será medir o grau ou nível de desperdício existente na organização. Faz parte dos objetivos desta dissertação, perceber como chegar a este resultado, a sua interpretação e como melhorar o mesmo posteriormente. Para a criação do modelo, foram utilizados dados reais, que foram recolhidos na organização, num período de três meses, através da observação, e recolha de dados.

## 1.2. Estrutura da dissertação

O primeiro capítulo, é constituído pela introdução, onde é descrito o âmbito da dissertação, os seus objetivos, e possui também uma breve apresentação da empresa.

O segundo capítulo, aborda o tema da logística, uma vez que o caso de estudo será aplicado na área da logística. Neste tema também será abordado o tema do *Lean*, uma vez que o objetivo da dissertação será a construção de um modelo para proceder a avaliação *lean*.

No terceiro capítulo faz-se uma abordagem ao tema do *Fuzzy Logic*, sendo esta uma ferramenta muito eficaz para se medir perceções humanas. Sendo o *Lean* um tema que tem por base a

percepção humana e a sua ambiguidade, é abordado este tema afim da construção do modelo de avaliação.

O quarto capítulo consiste no desenvolvimento de um modelo com o objetivo de medir o nível de desperdício existente na empresa, nomeadamente na área da logística.

O quinto capítulo, consiste na aplicação do modelo desenvolvido no capítulo anterior, numa empresa, tal como a análise dos resultados obtidos do capítulo e eventuais propostas de melhorias que possam existir. Este capítulo servirá como validação do modelo proposto.

Por fim no último capítulo, serão feitas as conclusões do trabalho e finalização do mesmo.

## 2. A filosofia *lean* e a logística

Neste capítulo, são abordadas várias temáticas subdivididos em vários pontos, com o objetivo de clarificar e enquadrar o leitor quanto aos conceitos trabalhados e desenvolvidos ao longo da dissertação.

Nos capítulos seguintes são abordados dois temas principais, nomeadamente, a logística e o *Lean*, uma vez que a aplicação final do modelo definido será na área da logística.

### 2.1. Logística

A logística é a disciplina que estuda as atividades que determinam o fluxo de materiais de uma empresa, desde a sua origem até à entrega do produto acabado aos clientes. A logística tem origem militar, uma vez que era utilizada para estudar metodologias que garantiam a distribuição eficiente e eficaz de tropas, munições e outros recursos, possibilitando às tropas, a continuidade de se moverem e ganharem batalhas nas melhores condições possíveis. Só após a 2ª Guerra mundial é que a logística começou a ser relevante fora da envolvente militar, tendo-se expandido para empresas com ambientes de produção e até serviços como, as redes de gás, água e eletricidade, serviços de correio e serviços pós-venda. (Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R., 2013).

Segundo o *Council of Supply Chain Management Professionals* (2013), Logística ou gestão Logística, corresponde à parte da cadeia de abastecimento cuja responsabilidade é planear, implementar e controlar de forma eficiente e eficaz, o fluxo (físico, informacional e monetário) a jusante e a montante, tal como as operações inerentes à armazenagem de bens e serviços, entre a origem e o ponto de consumo, de forma a ir de encontro com as necessidades dos cliente.

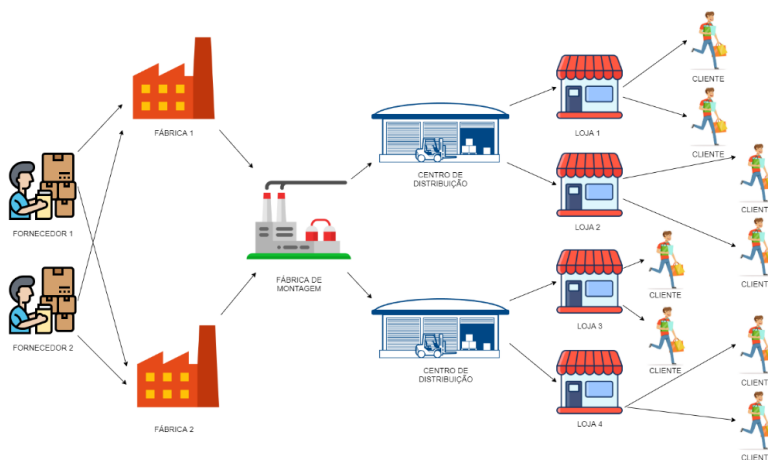


Figura 1 - Exemplo de uma rede Logística  
Fonte: Ghiani *et al.*, (2013)

### 2.1.1. Cadeia de Abastecimento

A cadeia de abastecimento é um sistema de organizações, pessoas, atividade, informação e recursos, que têm como objetivo disponibilizar determinado bem ou serviço, ao cliente a partir do fornecedor. Desta forma todas as atividades, desde a transformação de matérias primas em produtos finais, até à entrega do produto final ao cliente, fazem parte da cadeia de abastecimento (Christopher, 2016).

Outra definição de cadeia de abastecimento, segundo Mentzer *et al.*, (2001), é um conjunto de três ou mais entidades, que se envolvem diretamente a jusante a montante, garantindo o fluxo físico, informacional e financeiro desde a origem até ao cliente.

A cadeia de abastecimento engloba o planeamento e gestão de todas as atividades que envolvem o fornecimento e aquisição, conversão e todas as atividades de gestão de logística. Inclui, também, a coordenação e colaboração com parceiros, que podem ser fornecedores, intermediários, prestadores de serviços (3PL) e clientes. Em essência, a gestão da cadeia de abastecimento integra a gestão da oferta e da procura dentro e através das empresas (*Council of Supply Chain Management Professionals*, 2013).



Figura 2 - Estrutura de uma cadeia de abastecimento

Fonte: adaptado de Kain e Verma, (2018)

### 2.1.2. Fluxo físico, informacional e financeiro

Entende-se por fluxo como um conjunto de pessoas ou coisas em deslocação numa dada direção. Em ambiente empresarial, fluxo corresponde à movimentação de produtos e clientes, por um processo em que se requer o mínimo de tempo de espera, mínimo tempo de processamento e o mínimo de atividade sem valor acrescentado (Hill, 2012).

O fluxo físico trata a movimentação ao longo da cadeia de abastecimento de matérias primas, produtos não acabados e produtos acabados. Este fluxo desloca-se ao longo da cadeia de abastecimento a jusante e a montante, uma vez que se desloca do fornecedor até ao cliente, mas também do cliente para o fornecedor no caso da logística inversa.

O fluxo informacional, é o fluxo mais importante de todos os fluxos, uma vez que é responsável por acionar o funcionamento de toda a cadeia de abastecimento. Geralmente este fluxo bidirecional tem início no cliente e desloca-se ao longo da cadeia de abastecimento. Seguindo uma lógica *pull*, o cliente faz o pedido e o mesmo é “deslocado” ao longo da cadeia de abastecimento até chegar ao fornecedor, que irá despoletar a ordem de encomenda e dar início ao pedido.

Por fim o fluxo financeiro, trata as movimentações financeiras ao longo da cadeia de abastecimento, tal como o pagamento aos fornecedores.

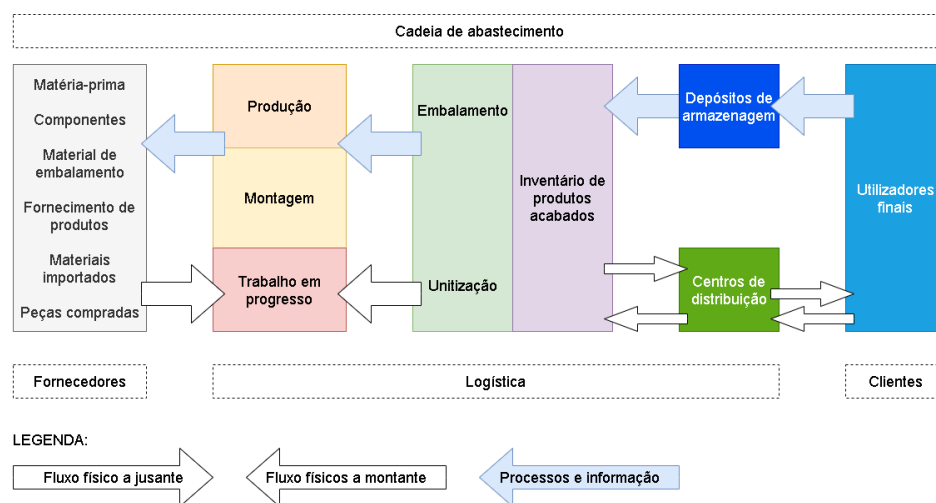


Figura 3 - Fluxos da Logística  
Fonte: adaptado de Rushton *et al.*, (2010)

### 2.1.3. Dimensões da Logística

A logística tem três variáveis principais, o qual necessita de fazer constantemente *trade-off* entre os mesmos, de forma a promover raciocínio e tomadas de decisão. Estas relações de *trade-off* são realizados entre o seguinte trinómio: Custo, tempo e Qualidade de serviço, sendo o objetivo da Logística, maximizar as três variáveis em simultâneo (Carvalho, 2017).

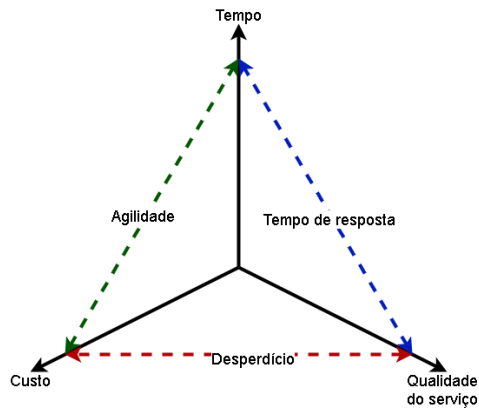


Figura 4 - Trinómio da Logística  
Fonte: Carvalho, (2017)

No seguimento do trinómio apresentado acima, a Logística tem três objetivos, nomeadamente, o controlo de custos, a maximização de lucro e por fim garantir o serviço ao cliente necessário. Os custos das atividades logísticas, podem ser subdivididos em cinco categorias principais conforme o quadro abaixo:

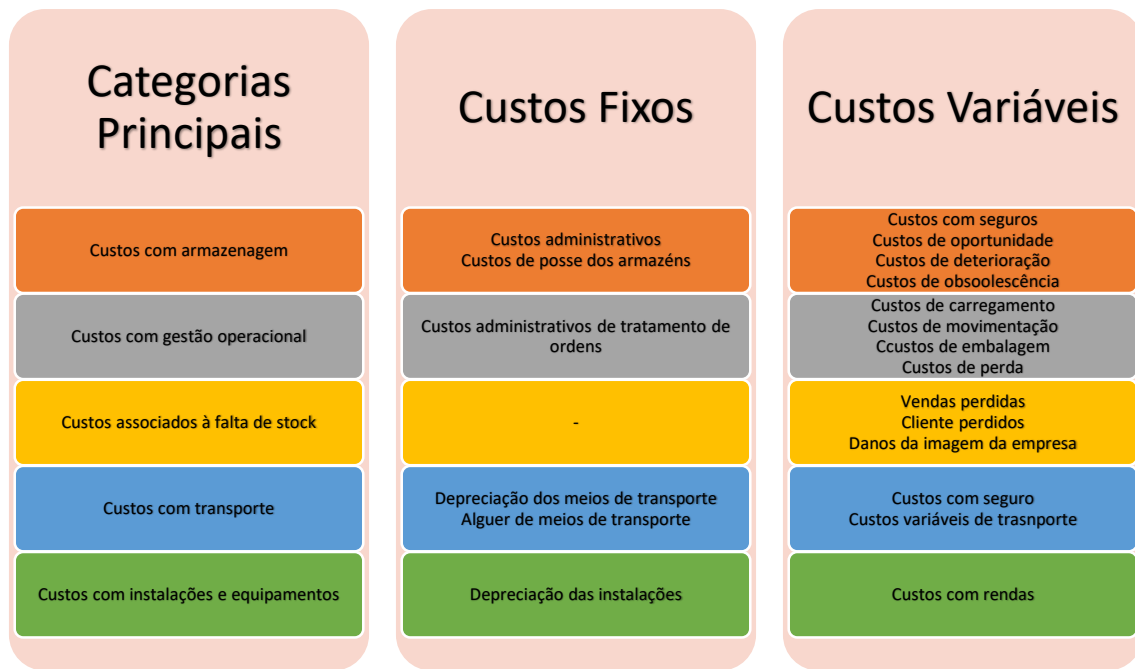


Figura 5 – Principais custos das atividades logísticas  
Fonte: (Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P., 2010).

Todas as atividades logísticas afetam o lucro de uma organização, no entanto, ao contrário dos custos, que são fáceis de identificar e quantificar, os lucros são difíceis de medir e quantificar. Desta forma, a logística nunca deverá ter como objetivo principal a maximização do lucro.

Por fim, o nível de serviço da logística, afeta o nível de satisfação de cliente, e este depende de vários fatores interligados com o *marketing mix* da empresa, nomeadamente, as características do produto, o preço, a distribuição e a comunicação (Ghiani *et al.*, 2013)

#### 2.1.4. Principais áreas da Logística

A área da Logística, é responsável por coordenar, desempenhar e controlar atividades como o transporte, armazenagem, embalagem (industrial), controlo e gestão de stocks, gestão dos ciclos de encomendas, previsão de vendas, planeamento ou programação da produção, *procurement* e *purchasing*, serviço ao cliente, localização de instalações, manuseamento de materiais e por fim a eliminação, recuperação e reaproveitamento de materiais provenientes da logística inversa (Carvalho, 2017; Kain & Verma, 2018).

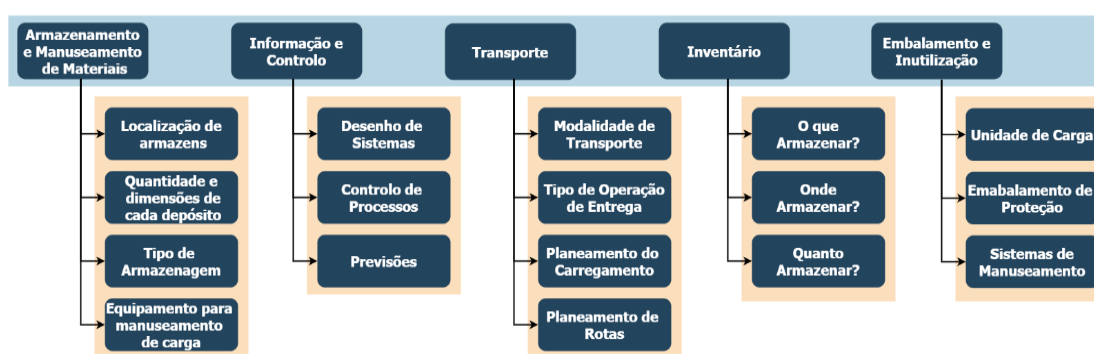


Figura 6 – Componentes principais da Logística  
Fonte: Rushton *et al.*, (2010)

A área dos transportes, é uma das áreas fundamentais da cadeia de abastecimento. Esta área permite criar e assegurar a ligação entre as várias partes de abastecimento, permitindo a movimentação do fluxo físico ao longo da mesma. Esta área é fundamental, no que toca à questão do serviço ao cliente uma vez que cria utilidades de tempo e lugar, deslocando produtos e matérias primas, para o local certo, à hora certa e nas condições certas (Carvalho, 2017). Esta atividade é crucial para o bom funcionamento das redes logísticas, uma vez que representa cerca de um terço a dois terços dos custos logísticos das empresas (Ballou, 2006).

Existem 6 modalidades de transporte, nomeadamente o marítimo, rodoviário, aéreo, ferroviário, fluvial e transporte por *pipeline* ou conduta. A escolha do modo de transporte depende de várias condicionantes, nomeadamente, se o transporte é ou não internacional, características do produto, do ambiente, do cliente e da empresa, características dos modos de transporte, ponderação entre o nível de serviço e tempo de resposta *versus* custo e financiamento (Carvalho, 2017). Podemos verificar na figura abaixo, as vantagens e desvantagens das modalidades acima mencionadas.

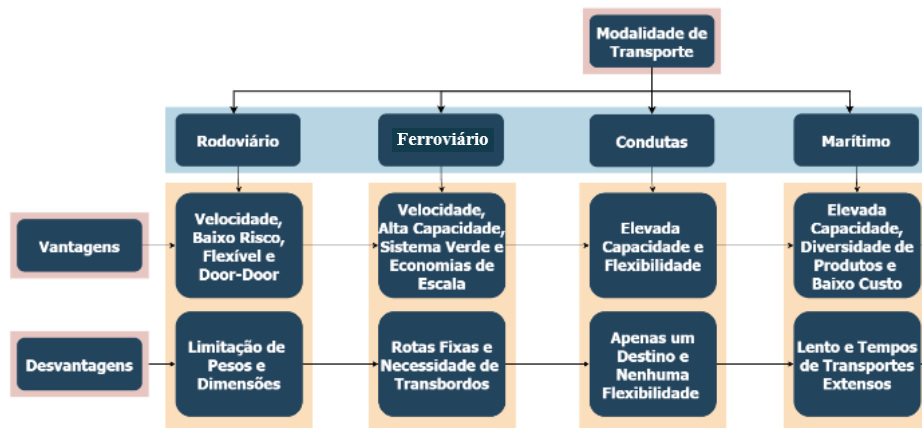


Figura 7 - Vantagens e desvantagens das modalidades de transporte  
 Fonte: *Elaboração Própria*

Outra área relevante da logística é a armazenagem. O processo de armazenagem abrange várias atividades desde a entrada até à saída da mercadoria do armazém. Como operações básicas num armazém temos: a Receção, a conferência e a arrumação sempre que há chegada de novos produtos. Posteriormente existe a atividade de *picking*, preparação e expedição que se realizam quando existe uma encomenda a satisfazer (Gwynne, 2011).



Figura 8 - Operações básicas de armazenagem  
 Fonte: Carvalho, (2017)

A Receção da mercadoria, consiste no processo de chegada de mercadoria e de todas as subactividades que garantem a correta Receção de mercadoria. Nesta atividade é importante garantir que a mercadoria recebida, vem nas quantidades corretas, nas condições corretas e por fim no momento correto.

O processo de conferência da mercadoria é muito importante, uma vez que consiste na verificação do material recebido. Este processo, consiste em verificar se a mercadoria recebida, está de acordo com a mercadoria encomendada, desta forma, deve-se verificar as quantidades recebidas, as *labels* dos volumes recebidos, códigos de barra, etc. É também necessário verificar se os pedidos de serviço de valor acrescentado, tais como etiquetas de preços, estão a ser cumpridos (Gwynne, 2011).

A arrumação da mercadoria recebida ou *put-away*, consiste no processo de arrumação da mercadoria recebida em armazém. A armazenagem da mercadoria depende de vários fatores,

como as dimensões e peso da mercadoria, a tipologia de embalagem, o tempo de permanência em armazém, tipologia de armazenagem adotada, entre outros.

Na tarefa de *picking*, o objetivo será retirar das localizações do armazém, as mercadorias que irão dar saída do armazém, satisfazendo os pedidos dos clientes. Esta atividade é considerada uma das atividades de armazenagem que acarreta mais custos operacionais, sendo que o mesmo que representa cerca de 50% destes custos (Glock, C. H., Grosse, E. H., Elbert, R. M., & Franzke, T., 2017).

Dois dos componentes mais importantes e relevantes da logística são as áreas de planeamento e compras. Estas áreas têm por objetivo, gerir, controlar e coordenar os sistemas *push* e *pull* das empresas, ou seja, elaborar um planeamento de compras de acordo com a procura de determinado produto (sistema *pull*) e efetuar compras em que vão contra as expectativas da procura (sistema *push*). Isto acontece, de forma a controlar imprevistos que podem existir ao longo da cadeia de abastecimento e desta forma afetar o *lead time* final de entrega do produto. O ideal, seria trabalhar numa filosofia *Just-in-time*, de forma a que não existam stocks de segurança, e desta forma evitar alguns dos desperdícios do pensamento *Lean* (Rushton *et al.*, 2010).

Esta área tem como função principal de controlar o efeito de chicote ao longo da cadeia de abastecimento. O efeito de chicote ou *bullwhip effect*, de acordo com Lee, Padmanabhan, e Whang, (2004), refere-se a um efeito que acontece ao longo da cadeia de abastecimento onde as ordens de compra a fornecedores são superiores às ordens de encomendas recebidas pelos clientes.

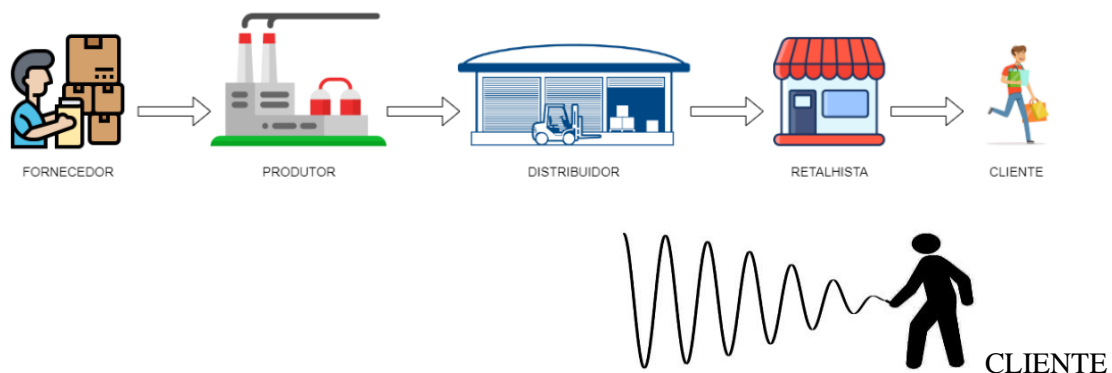


Figura 9 - Efeito chicote na cadeia de abastecimento  
Fonte: Amandine, (2019)

Por fim temos a área da logística dedicada ao fluxo informacional, nomeadamente os sistemas de informação. Segundo Lacerda, (2002) os sistemas de informação levam a uma melhoria na capacidade de tratamento de retornos, desde o controlo do tempo, ao desempenho dos fornecedores, obtendo assim mais informação que poderá ajudar em diversos aspetos.

Desta forma é crucial que na base da cadeia de abastecimento tanto a jusante como para montante, existam sistemas de informação e de comunicação que permitam o normal funcionamento dos fluxos da cadeia de abastecimento. Sem este suporte, seria muito difícil para as organizações, conseguirem coordenar processos e otimizá-los, tornando-os eficientes.

Exemplos destes sistemas de informação são:

- EDI- Electronic Data Interchange,
- RFID – Radio Frequency Identification,
- VMI- Vendor Managed Inventory,
- Quick response Delivery Systems,
- Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment

Muitos destes sistemas exigem bons relacionamentos entre fornecedores e clientes, uma vez que obrigam partilha de informação interna organizacional.

### 2.1.5. Indicadores de desempenho (*Key performance indicators*)

A utilização de *Key Performance Indicators* ou indicadores de desempenho, também conhecidos por KPI's tem um impacto significativo nos sistemas *Lean* das empresas, uma vez que permitem manter um espírito de melhoria contínua, permitindo monitorizar pequenas melhorias. A escolha dos KPI's a utilizar, deve ser feita de forma a ir de encontro com as necessidades e objetivos de cada empresa (Arora & Kaur, 2015, Pág. 218). Os KPI's são muito importantes para entender e melhorar o desempenho da produção e de processos, tanto numa perspetiva de produção *Lean*, como por uma perspetiva corporativa de alcançar objetivos estratégicos (ISO 22400-2, 2014).

Kelvin define KPI's da seguinte forma, “Quando conseguimos medir o que estamos a falar, e o conseguimos fazer através de números, sabemos algo acerca do mesmo, quando não o conseguimos exprimir em números, o nosso conhecimento sobre o mesmo é escasso e insatisfatório” (Arora & Kaur, 2015). Segundo a ISO 22400-2:2014, os KPI's são definidos como medidas quantificáveis que refletem os fatores críticos de sucesso de uma empresa.

De forma a escolher as métricas adequadas a utilizar, podemos adotar o modelo *SMART*:

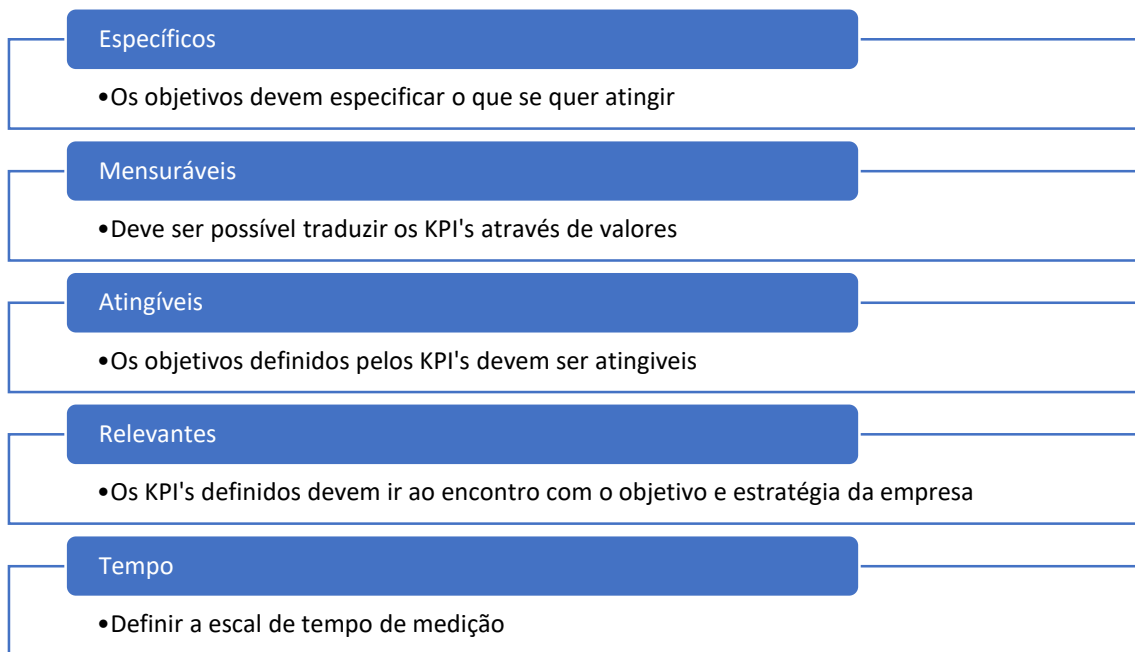


Figura 10 - Definição de KPI's  
 Fonte: Martins, (2017)

Existem diversos tipos de KPI's de forma a que possamos medir várias performances dentro dos vários departamentos e várias tarefas, nomeadamente, estes podem estar relacionados com a qualidade, o cliente, a capacidade, com os funcionários, com as operações e com as finanças (Martins, 2017).

Os KPI's relacionados com o cliente, tal como o nome indica, tem por objetivo medir a *performance* da organização face ao cliente, utilizando para isto indicadores, tais como o envio a horas (*on time shipment*). Este indicador tem por objetivo, medir a quantidade de envios feitos conforme o planeado. A sua fórmula é a seguinte:

$$\text{Envio a horas} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de envios a tempo}}{\text{Total de envios}} \quad (1)$$

Por sua vez, nos KPI's da qualidade, o objetivo será medir o nível de qualidade o qual a empresa está a praticar, de acordo com os requisitos do cliente tal como os próprios requisitos da empresa. Podemos por exemplo, utilizar como KPI da qualidade a precisão de *picking* (*Order Picking Accuracy*) e a precisão do inventário (*Inventory Count Accuracy*). O primeiro tem como objetivo medir o número de erros de picking detetados antes do envio dos materiais. Já o segundo tem como objetivo, medir o *stock* físico face ao *stock* reportado pelo sistema, verificando a percentagem de discrepâncias.

$$\text{Exatidão de pickings} = \frac{\text{Quantidade de pickings corretos à primeira}}{\text{Total de pickings feitos}} \quad (2)$$

$$\text{Exatidão do inventário} = \frac{\text{Somatório das referências físicas}}{\text{Somatório das referências em sistema}} \quad (3)$$

Os KPI's que têm como objetivo medir a capacidade organização, permitem saber qual o nível da sua capacidade, ou seja, permite perceber se a empresa está a trabalhar “perto ou longe” da sua capacidade máxima. KPI's como a Capacidade média de armazenagem (*Average Warehouse Capacity*), que permite perceber a percentagem de armazém a ser utilizada.

$$\text{Capacidade média de armazenagem} = \frac{\text{Espaço médio utilizado}}{\text{Espaço médio total disponível}} \quad (4)$$

Para se medir a performance da empresa face aos seus recursos laborais, ou funcionários, as empresas podem contar como KPI's como a rotatividade anual dos trabalhadores (*Annual Workforce Turnover*). Este KPI permite perceber qual a taxa de rotação dos seus funcionários, num dado período temporal.

$$\text{Rotatividade anual} = \frac{\text{Nº de funcionários no início do periodo}}{\text{Total de funcionários}} \quad (5)$$

A medição das operações, é uma das categorias de KPI's mais importantes, uma vez que mede a performance das operações da empresa. Uma vez que empresa existe devido a estas operações, o ideal será obter o máximo possível das mesmas. Podemos considerar KPI's relacionados com as operações, o KPI envios prontos a horas (*On-Time Ready to Ship*) e a taxa de ordens satisfeitas (*Fill Rate*). O primeiro KPI tem por objetivo, medir a percentagem de encomendas prontas a tempo, de forma a satisfazer as necessidades temporais do cliente. O segundo KPI, tem por objetivo, perceber a percentagem de ordens satisfeitas, face ao pedido do cliente.

$$\text{Envios prontos a horas} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de encomendas prontas a tempo}}{\text{Total de encomendas enviadas}} \quad (7)$$

$$\text{Taxa de ordens satisfeitas (Fill Rate)} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de ordens satisfeitas do cliente}}{\text{Total de ordens de uma encomenda do cliente}} \quad (6)$$

Por último, temos os KPI's relacionado com a parte financeira de uma organização. Estes KPI's são muito importantes e relevantes, uma vez que permitem perceber se a empresa se encontra financeiramente bem posicionada ou não, face aos objetivos estipulados. KPI's simples como o *Net Profit* (Lucro líquido) ou o *Net Profit Margin* (Margem de lucro líquido). O primeiro KPI, tem como objetivo perceber o lucro gerado pela empresa. Já o segundo perceber a margem de lucro ganha pela empresa.

$$\text{Lucro Líquido (Net Profit)} = \text{Receita das vendas} - \text{Custos totais} \quad (8)$$

$$\text{Margem de lucro líquido (Net Profit Margin)} = \frac{\text{Net Profit}}{\text{Receitas}} \times 100 \quad (9)$$

A utilização de KPI's é crucial e vital para que os *managers* possam gerir de forma correta, conseguindo perceber se a organização se encontra acima dos objetivos propostos, ou pelo contrário ir ao desencontro dos mesmos. A utilização dos indicadores corretos para determinada organização é muito importante para que possa existir esta visibilidade sobre a empresa e desta forma, trabalhar com objetivo a atingir os seus objetivos (Marr, 2012).

## 2.2. *Lean Thinking* ou Pensamento *Lean*

O termo *Lean Production*, está associado à eliminação do desperdício, de forma a controlar a variabilidade que existe ao longo de toda a cadeia de abastecimento. Este termo teve origem no Sistema de Produção da Toyota (TPS – *Toyota Production System*), sendo o resultado de várias experiências de Taiichi Ohno na fábrica da Toyota (Shah & Ward, 2007). Esta filosofia tem como objetivo a eliminação do desperdício em toda a cadeia produtiva (Womack, J., Jones, D., & Roos, D., 2007).

*Lean* é uma abordagem de gestão de operações que considera qualquer recurso gasto que não agregue valor ao cliente final para ser desperdiçado (Durward & Art, 2008). Esta designação corresponde a uma filosofia e práticas desenvolvidas originalmente pela Toyota cujo objetivo é a

eliminação do desperdício. O objetivo do *Lean* é tornar os processos simples e visuais. Uma vez atingido este objetivo, as pessoas inseridas no “*Gemba*”<sup>1</sup> devem ser treinadas para que não aconteçam erros e desta forma eliminar o desperdício (Hill, 2012).

Esta filosofia, tem por objetivo organizar e gerir de forma eficaz e eficiente, todas a partes da cadeia de abastecimento, nomeadamente o relacionamento com cliente, cadeia de fornecedores e o desenvolvimento de produtos e processos, de forma a produzir as quantidades necessária com o menor desperdício possível (Womack & Jones, 2003). A filosofia *Lean Thinking*, pode ser aplicada a qualquer área de negócio, desde que seja possível mapear os processos, medir objetivos e gerir recursos (Soares & Teixeira, 2014).

Uma das componentes fundamentais desta filosofia, consiste na passagem de comunicação e informação entre todo o canal de distribuição. Outro dos objetivos *Lean*, é aumentar e melhorar a comunicação entre os vários processos de uma organização e respetiva cadeia de abastecimento (Hölttä, V., Mahlamäki, K., Eisto, T., & Ström, M., 2010).

### 2.2.1. A Origem do *Lean*

O conceito de *Lean* descende do termo *Lean Production*. Este conceito foi introduzido pelo engenheiro Taiichi Ohno na fábrica da Toyota, após a 2ª guerra mundial. Em período de pós-guerra, uma vez que os recursos eram limitados, os japoneses tiveram de procurar formas de minimizar custos (Ghinato, 1995). Existia uma grande diferença entre a Toyota e a Ford, em termos da quantidade de veículos produzidos diariamente. Enquanto a Ford produzia cerca de 7000 veículos por dia, a Toyota apenas produzia 2658 veículos/dia. (Womack *et al.*, 2007).

Desta forma o trabalho de Taiichi Ohno teve como foco a eliminação do desperdício, da linha de produção da Toyota, desde o trabalho “artesanal” até às máquinas de produção em massa, dando origem ao Sistema Toyota de Produção (Ohno & Bodek, 1988).

Após visitar as fábricas da Ford e estudar o livro de Henry Ford, *Today and Tomorrow (1926)*, Ohno e os líderes da Toyota verificaram que os processos da Ford tinham por base volumes de produção em massa, o que criava interrupções entre processos, obrigando a criar stocks. Verificaram ainda que a Ford recompensava os gestores que conseguiam produzir mais, mantendo os colaboradores e máquinas em constante atividade, tendo como resultado uma produção excessiva, desnecessária e com muitos defeitos. Esta produção em excesso criava um ambiente de trabalho desorganizado, sem qualquer controlo e com um fluxo disruptivo. Ao contrário da Ford, que estavam posicionados a nível nacional e internacional, tinha recursos monetários, um

---

<sup>1</sup> Termo Japonês que significa o local onde o trabalho “real” acontece (Hill, 2012).

sistema de fornecimento e a possibilidade de ter uma linha de produção para apenas um tipo de carro, nomeadamente o Model T, a Toyota era limitada a nível de recursos monetários e operava num país de menor dimensão devastado pela guerra, o que quebrava também o seu sistema de fornecimento. Para além destas limitações, a Toyota tinha de produzir uma maior variedade de veículos utilizando a mesma linha de produção, pois a procura no mercado automóvel onde a Toyota operava não permitia criar linhas de produção dedicadas a um tipo de veículo, conseguindo reduzir custos através de economias de escala. No entanto a Toyota apercebeu-se que o que o cliente realmente queria era uma maior variedade de veículos (Liker, 2003).

De forma a satisfazer esta procura a Toyota conseguiu perceber que se tivessem *lead times* curtos e mantendo as linhas de produção flexíveis, conseguiam obter uma qualidade melhor, melhor produtividade, melhor utilização do tempo e espaço e por fim uma resposta melhor por parte do cliente. Nasce assim o TPS, *Toyota Production System*, um sistema de produção de fluxo contínuo, de pequenos lotes, com flexibilidade e eficiência suficientes para responder às necessidades dos clientes.

### 2.2.2. Sistema Toyota de Produção (STP ou TPS)

O Sistema Toyota de Produção (STP), tem como objetivo a redução e eliminação completa do desperdício nos processos de produção das organizações, e desta forma otimizar os mesmos (Moraes, Arpini, & Scardua, 2011).

É necessário compreender que o sistema Toyota de Produção não é apenas um conjunto de ferramentas que tem como objetivo a redução dos desperdícios. Para que seja possível implementá-lo, é preciso compreender a sua essência de forma a maximizar os efeitos da aplicação dos seus métodos e ferramentas (Ghinato, 1995). Outro aspeto importante para se alcançar os benefícios do TPS, é a gestão eficiente e eficaz dos materiais, equipamentos e das pessoas (Kehr & Proctor, 2017).

O TPS, está assente sob dois princípios fundamentais, nomeadamente o *Just-in-time*, uma das características mais importantes do TPS, e o *Jidoka*, que tem como objetivo não deixar passar defeitos para o processo seguinte. No entanto para que estes pilares estejam firmes, é ainda necessário que a base do sistema esteja estável. A base do TPS é constituída pelo *Kaizen*, ou melhoria contínua e pelo conceito de *Heijunka*, que tem por objetivo manter processos estáveis, fiáveis e estandardizados (Liker, 2003).

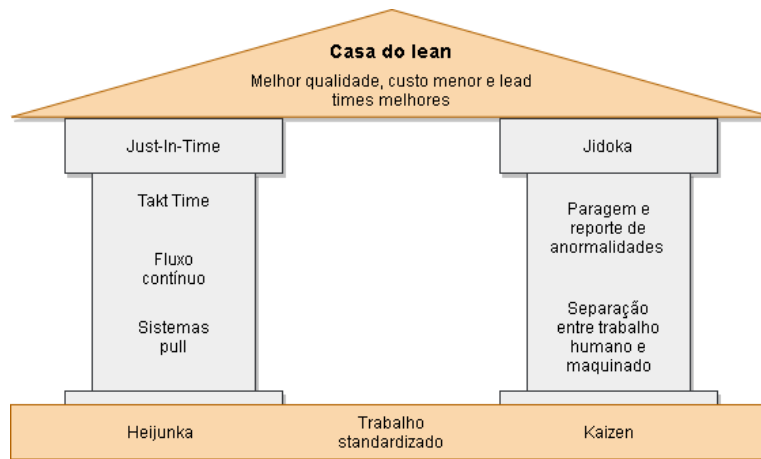


Figura 11 - Casa do TPM

Fonte: Adaptado de Adler, P. S., Goldoftas, B., e Levine, D. I. (1997).

### 2.2.3. Heijunka

O *Heijunka* é utilizado para estabelecer períodos e sequências de produção de determinados produtos, de forma a harmonizar todo o processo de produção (Runkler, 2011).

A produção de uma sequência de tarefas, no qual existe uma agenda de produção durante um determinado período de tempo, para uma determinada sequência de produtos é denominada de *Heijunka*. Este conceito permite que o produtor possa segmentar a produção de acordo com a especificidade de cada pedido, e desta forma programar a produção de forma a alisar a variabilidade dos pedidos. O objetivo do *Heijunka*, é evitar que existam picos e depressões de produção (Hüttmeir, A., Treville, S. de, Ackere, A. V., Monnier, L., & Prenninger, J., 2009).

### 2.2.4. Kaizen

Uma das bases do TPS, consiste no *Kaizen*, ou melhoria contínua. O *Kaizen* consiste no planeamento eficiente e eficaz de todos os processos, no qual todos os colaboradores devem seguir o mesmo rigorosamente. Quando os colaboradores tiverem sugestões, os mesmos devem reportá-los de forma a verificar se a sugestão poderá acrescentar valor e tornar as tarefas mais eficientes, garantindo um ambiente de melhoria contínua (Biscontini, 2019).

Um dos aspetos mais importantes deste sistema, consiste na integração de todo o capital humano da organização, uma vez que permite que todos os colaboradores tenham a possibilidade de contribuir para a melhoria do sistema. Ao desenvolverem capacidades de resolução de problemas, garantem que a organização está em constante melhoria e ao mesmo tempo garante que existe uma evolução própria quanto às suas capacidades. Independentemente de as ideias circularem num sentido *top-down* ou *down-top*, o foco deverá ser sempre acrescentar valor ao cliente e ao mesmo tempo eliminar desperdício (Masai, P., Parrend, P., & Zanni-Merk, C., 2015).

### 2.2.5. Just-in-time

O *Just-in-time* (JIT) não é uma ciência, uma vez que não tem por objetivo estabelecer hipóteses, teorias ou leis sobre a realidade (Motta, 1996). *Just-in-Time* é uma filosofia desenvolvida pela Toyota, que enfatiza a produção e entrega no momento exato em que é necessário (Hill, 2012).

A filosofia *Just-in-time*, tem como objetivo a entrega dos produtos corretos, no tempo certo e na quantidade certa. Em suma, o JIT consiste num conjunto de ferramentas e técnicas que permitem às empresas produzir e entregar produtos quantidades inferiores, satisfazendo os requisitos e necessidades dos clientes, possibilitando em simultâneo a redução dos seus stocks, o que representa uma diminuição de custos (Ribeiro, 2011).

O *Just-in-Time*, é uma técnica de gestão, composta por várias normas e regras para modificar o ambiente de produção, podendo ser aplicada a outras áreas das empresas, sendo o seu objetivo a eliminação de custos e consequentemente o aumento de lucros (Ghinato, 1995; Motta, 1996).

### 2.2.6. Jidoka

*Jidoka*, também descrito como “automação com um toque humano”, consiste em facultar ao operador ou máquina, a autonomia de parar o processo sempre que seja detetada qualquer anomalia (Ohno & Bodek, 1988).

Este pilar, consiste em redesenhar processos, no qual se dá poder aos colaboradores de parar processos sempre que se verifique uma anomalia. Este sistema, permite identificar causas raízes de problemas, possibilitando desta forma estar em constante ambiente de melhoria contínua, o que por sua vez incrementa a qualidade dos produtos/processos (Hill, 2012).

Também se refere o *Jidoka*, quanto à prática de desenhar operações e equipamentos de forma a que os trabalhadores não permaneçam a tempo inteiro nas máquinas, libertando-os para outras atividades que acrescentam valor (Liker, 2003).

### 2.2.7. Os 3M's do TPS – Muda, Muri e Mura

Os 3M's do TPS correspondem aos três tipos de desperdícios que podemos encontrar nas organizações (Ribeiro, 2011). Apesar do “*Muda*” corresponder às sete fontes de desperdício principais, existe a necessidade de controlar os tipos de desperdício “*Mura*” e “*Muri*”, uma vez que “*Mura*” cria “*Muri*”, que por sua vez irá afetar “*Muda*” (Womack, 2006).

## Muda

O conceito de desperdício não deve apenas incluir as atividades humanas como também qualquer outro tipo de atividades e recursos usados indevidamente e que contribuem para o aumento de custos, de tempo e da não satisfação do cliente ou das demais partes interessadas no negócio (Pinto, 2014). Desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não agregue valor, ou seja, que não contribua para o fluxo do sistema (Shingo & Dillon, 1989).

Segundo os autores Ohno e Bodek, (1988) e Womack e Jones, (2003), existem sete desperdícios principais, que devem ser identificados, nomeadamente, o excesso de produção, os tempos de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimentação desnecessária e por fim os defeitos.

O excesso de produção, é classificado como o pior de todos os desperdícios, uma vez que dá origem a todos os outros. Este desperdício acontece sempre que existe a produção de determinado produto sem que o mesmo seja solicitado, o que faz com que exista a utilização de recursos de forma desnecessária, que poderiam estar a ser utilizados para outras atividades (Hill, 2012; Womack & Jones, 2003).

O desperdício proveniente dos tempos de espera, ocorre sempre que existem quebras no fluxo contínuo entre processos, ou seja, sempre que existem tempos de espera por ferramentas, partes, bens terminados, embalagens, pessoas, etc. (Hill, 2012).

O transporte é um desperdício que existe nas várias atividades, no entanto pode ser classificado como um desperdício que não agrega valor, mas que é necessário. Esta forma de desperdício pode ser evitada, através da otimização de rotas e reduzindo o manuseamento desnecessário dos materiais (Hill, 2012).

O excesso de processamento verifica-se sempre que “faz-se mais do que o que é exigido”, como por exemplo, providenciar mais qualidade num produto que a necessária. Outro exemplo é a complicação de tarefas simples, o que acaba por trazer erros e gerar desperdício desnecessário (Hill, 2012).

O inventário, é um dos desperdícios gerados diretamente pelo primeiro desperdício mencionado, o excesso de produção. O inventário representa capital “parado”, o que pode provocar custos de oportunidade, ou seja, este dinheiro poderia estar a ser investido para outras coisas (Hill, 2012).

A movimentação desnecessária e ergonomicamente incorreta, também é considerada um desperdício. Exemplos como deslocamentos até determinados locais para obter ferramentas e

levantar caixas do solo que poderá trazer cansaço aos colaboradores, são exemplos de desperdícios deste tipo (Hill, 2012; Womack & Jones, 2003).

Por fim, temos o desperdício proveniente de defeitos, que vai gerar custos desnecessários à produção, uma vez que irá requerer a utilização mais recursos de forma a compensar estes defeitos. Quando os defeitos chegam ao cliente final, poderá trazer um custo maior, uma vez que afeta diretamente a reputação da empresa. Em suma, sempre que um trabalho não é bem feito à primeira, estamos perante este desperdício (Hill, 2012; Womack & Jones, 2003).

## Mura

Segundo Womack (2006), *Mura* corresponde à falta de regularidade ou estandardização nos processos. Exemplos deste problema são verificados quando por exemplo, operadores de determinado processo, trabalham a um ritmo diferente, o que vai gerar pressões e depressões nos processos seguintes (Hill, 2012).

## Muri

*Muri* refere-se a um dos 7 desperdícios do TPS referidos no ponto acima, nomeadamente o desperdício da sobrecarga. O que se entende por sobrecarga, é que as pessoas e processos estão sobrecarregados e com um nível de stress elevado, o que não permite maximizar os potenciais de determinado sistema (Smith, 2014). Ao estarem sobrecarregados e “stressados”, a probabilidade de ocorrerem erros aumenta. No entanto também se pode sentir o efeito deste conceito nos equipamentos, como por exemplo, sempre que se prolonga a manutenção de determinado equipamento, o mesmo encontra-se em “*Muri*” (Southworth, 2010).

### 2.2.8. Princípios *Lean*

Segundo Womack e Jones (2003), existem cinco princípios fundamentais que estão por trás do conceito *Lean Thinking*, nomeadamente, valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, sistema pull e por fim a perfeição.

## Valor

Segundo Womack e Jones (2003), este é o ponto crítico inicial do pensamento *Lean*. Este princípio apenas pode ser definido pelo cliente. Para que o cliente possa definir o valor de determinado produto/serviço, é necessário que exista um produto que possua várias especificações que devem ir de encontro com as necessidades dos clientes. Desta forma pode-se

definir valor, como o conjunto de características ou especificações de determinado produto que têm a capacidade de satisfazer as necessidades dos seus clientes.

De forma a perceber este conceito, é necessário olhar para os processos produtivos na perspetiva do cliente e desta forma tentar perceber a seguinte questão: o que é que o cliente espera obter deste processo? A resposta a esta questão irá determinar o valor, e desta forma, permitir separar processos de valor acrescentado de processos que não acrescentam valor (Liker, 2003).

## Cadeia de valor

Segundo Hill (2012), a cadeia de valor corresponde a um modelo desenvolvido por Michael Porter<sup>2</sup>, cujo objetivo, é descrever as atividades praticadas numa organização, que acrescentam valor a um determinado mercado. Segundo Porter (1985), as atividades podem ser divididas em atividades primárias e de suporte. As atividades primárias são todas as atividades que vão desde a produção até à entrega de um produto o cliente. Já as atividades de suporte, são atividades que não estão envolvidas diretamente com a produção. Para melhor compreendermos este conceito, podemos verificar a Figura 12.

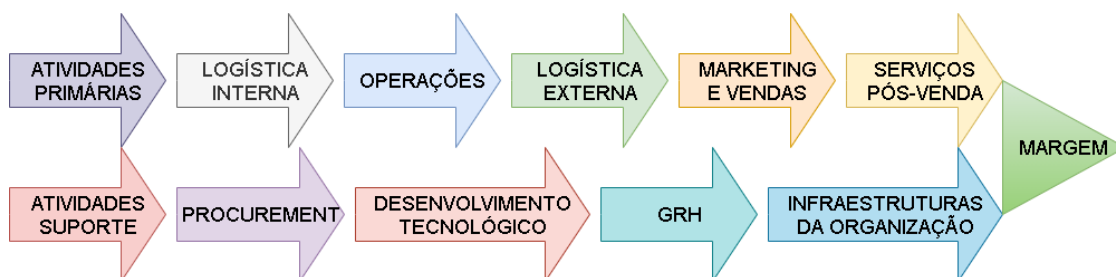


Figura 12 - Modelo da cadeia de valor  
Fonte: Porter, (1985)

## Fluxo Contínuo

Produção e movimentação de lotes de uma unidade, através dos vários processos numa linha de produção, conseguindo desta forma reduzir o *lead-time* entre operações e a quantidade de stock armazenada (Womack & Jones, 2003). Imaginemos a seguinte experiência elaborada pelos autores, existem 100 cartas para dobrar, inserir as moradas, selar os envelopes e por fim colocar os selos. Existem duas opções para processar esta “produção”, a primeira opção, seria dobrar as 100 cartas, enviar ao departamento seguinte para processar da mesma forma a inserção das 100 moradas e assim sucessivamente. Na segunda opção, é dobrada apenas uma carta, enviada para a marcação da morada e assim consecutivamente até que as 100 cartas estejam prontas.

---

<sup>2</sup> Michael Porter é o fundador do campo da estratégia moderna e um dos pensadores mais influentes do mundo da gestão e competitividade (Institute for Strategy & Competitiveness, 2012).

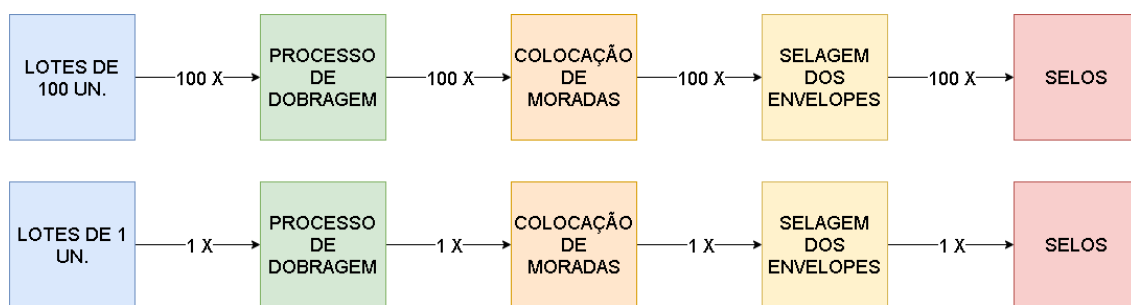


Figura 13 - Produção em lotes "grandes" vs lotes de uma unidade  
 Fonte: Womack & Jones, (2003)

A primeira situação iria obrigar, que os departamentos ficassem à espera de que o departamento anterior tivesse processado as 100 cartas. Já na segunda opção, apenas é elaborada uma carta de cada vez, no entanto os *lead-time* são inferiores, o que torna a operação mais eficiente.

## Sistema Pull

Um sistema *pull*, é um dos fundamentos principais do *Lean*, tendo como característica principal, a não produção de produto ou serviço por parte de um agente *upstream* da cadeia de abastecimento até que um cliente *downstream* o solicite (Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S., 2014; Womack & Jones, 2003). Um sistema *pull*, controla o fluxo físico através da produção de pequenos lotes, controlando o *takt time*<sup>3</sup>, utilizando técnicas como o *Kanban* e por fim monitorizando o mix de produtos e quantidades dos mesmos ao longo do tempo (Sundar *et al.*, 2014).

## Perfeição

A procura pela perfeição, ocorre através da eliminação sistemática de desperdícios, contribuindo assim para o aumento de eficiência e eficácia dos processos. A perfeição é o resultado da aplicação de todos os princípios anteriores mencionados (Vargas, 2016).

### 2.3. Modelos de avaliação da filosofia *Lean*

A utilização da filosofia *Lean*, já demonstrou que tem valor a nível internacional em muitas empresas, devido à sua capacidade de melhoria produtiva das empresas, tal como na sua habilidade de melhorar a eficiência dos vários processos existentes (Yang, L., Jiang, G., Chen,

<sup>3</sup> *Takt-time* corresponde à taxa de procura do cliente, expressa em tempo, como unidade de medida para nivelar a produção (Hill, 2012).

X., Li, G., & Ju, Z., 2018). No entanto surgem algumas questões aquando da utilização desta filosofia, nomeadamente como se deve implementar a mesma? E após a sua implementação como vamos medir a performance da mesma? O primeiro passo para que possa ocorrer alguma melhoria, será medir. Segundo Mahfouz, (2011) só conseguimos melhorar, aquilo que conseguimos medir. Só após terminado o processo de medição é que será possível passar ao processo de avaliação.

Existem vários estudos que propõem métodos de avaliação da filosofia *Lean*, sendo que estes modelos têm todos em geral, o objetivo de simplificar a tarefa de avaliação, tendo como premissas a análise do estado atual de uma organização ou processo, a diminuição do desperdício existente e a melhoria da sua performance ou eficiência. Em suma, os instrumentos de avaliação desta filosofia, permitem aferir o estado atual do sistema e após análise da mesma a criação de planos de ação.

Foram realizadas várias pesquisas, a fim de se perceber mais sobre o tema, nomeadamente *Lean* com as palavras-chave: *Evaluation model*, *Lean Maturity Model*, *Lean assessment Review*, *degree of leanness*, *lean performance*, nas bases de dados *B-on*, *Google Scholar* e *ReserchGate*.

Para se avaliar o nível *Lean*, é necessário dividir as práticas *Lean* em oito dimensões, nomeadamente, planeamento estratégico, qualidade na fonte, processos e ferramentas, resolução de problemas, pessoas, melhoria contínua, integração de fornecedores e foco no cliente (Pakdil & Leonard, 2014).

O planeamento estratégico consiste na estratégia da empresa sendo que esta deve estar dirigida para uma qualidade orientada para o cliente, conseguindo em simultâneo obter um desempenho operacional de excelência. O planeamento estratégico, compreende as metas a longo prazo, onde a empresa se encontra e quais serão as estratégias a adotar para que possa atingir essas metas a longo prazo.

A qualidade na fonte consiste nas ações tomadas pela empresa com objetivo de obter qualidade perfeita na fonte, ou seja, caso ocorra um erro, o mesmo deverá ser detetado e corrigido no ponto e hora de sua criação.

A dimensão que diz respeito aos processos e ferramentas, tem por objetivo, gerir de forma eficiente e eficaz os processos de fabrico sem que exista falta de material, equipamentos, etc.

A resolução de problemas, consiste nas ações tomadas pela empresa que garantem que as causas dos problemas que sejam identificadas não se repitam. Os problemas devem ser analisados com base em fatos e dados, com objetivo de uma solução definitiva.

A dimensão que diz respeito às pessoas pode ser verificada de várias formas na empresa. Uma destas formas é o nível de integração dos líderes dentro da empresa. Os líderes são modelos para os níveis abaixo na empresa, devendo os mesmos demonstrar valores, ações e crenças que “querem” que a empresa tenha. Existem outras formas tais como, a utilização de equipas multifuncionais e o trabalho em equipa.

Para que a dimensão da melhoria contínua seja vista, é necessário que todas as pessoas na empresa trabalhem em conjunto e ativamente para contribuir na melhoria da empresa.

A integração de fornecedores, supõem a utilização de fornecedores “fortes” e que cresçam em simultâneo com a empresa, contribuindo ativamente para a mesma. Esta integração, pressupõem que o fornecedor acompanhe todo o processo desde o desenvolvimento do produto até a entrega do mesmo ao cliente final.

A orientação para o cliente, determina a forma como a empresa responde aos requisitos do cliente, tal como às suas expectativas presentes e futuras (Santos Bento & Tontini, 2018).

A avaliação *lean* representa a primeira etapa de todas as estruturas de implementação *lean* propostas, tendo como principal objetivo, a definição do nível *lean* atual de uma organização. Não existe uma ferramenta que se adeque a todas as empresas, mas sim vários estudos e estudos de casos aplicáveis. O primeiro passo para se obter o nível *lean* correto de uma organização será a escolha da ferramenta de avaliação *lean* a aplicar (Almomani, 2014).

Almomani (2014), propôs um algoritmo constituído por 2 fases, nomeadamente uma fase inicial focada na avaliação *lean*, ou seja, avaliação do estado atual da empresa, e uma segunda fase que constitui a aplicação do modelo *Analytic Hierarchy Process*, também conhecido por AHP. Numa primeira fase, existiu a segmentação de uma empresa e a preparação de um questionário. Ao fazer esta segmentação é possível perceber o nível de desperdício em cada ponto da empresa e desta forma focá-lo melhor. O questionário é constituído por várias questões de acordo, sendo as mesmas classificadas de 1 a 5, representando o nível 1 o pior nível e o nível 5 o melhor.

Após a partilha e recolha dos dados obtidos pelo questionário, faz-se o apuramento dos dados obtendo um score total, sendo o mesmo posteriormente colocado num gráfico radar, conforme a Figura 14.

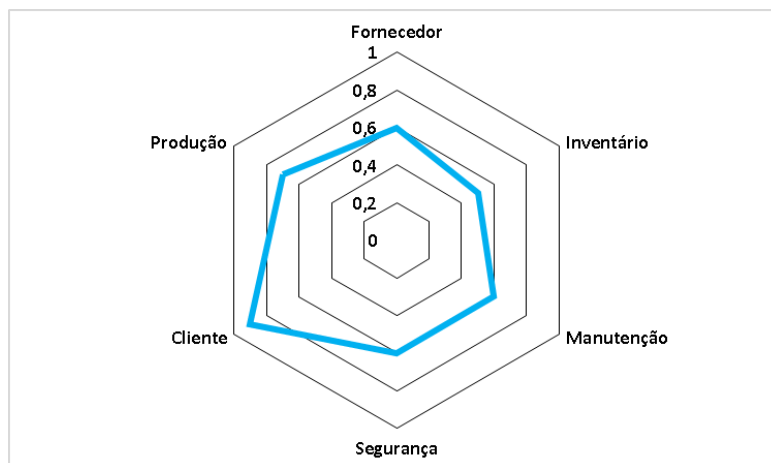


Figura 14 - Gráfico radar utilizado no estudo de Almomani  
 Fonte: Adaptado de Almomani, (2014)

Neste gráfico podemos verificar o resultado obtido na aplicação deste modelo por parte de Almomani, no entanto encontra-se em falta uma outra linha, nomeadamente correspondente ao nível que se é esperado atingir. Após a elaboração do gráfico radar, aplicou-se o modelo AHP de forma a escolher a melhor alternativa para se melhorar o nível *lean* presente. O método AHP é utilizado para auxiliar a tomada de decisão relativamente a múltiplos critérios onde estão envolvidas perceções humanas (Emrouznejad & Marra, 2017).

A aplicação deste modelo, permite traçar uma rota para a implementação de uma estratégia *lean* consistente, permitindo focar os pontos que mais necessitam de intervenção, de forma a obter o nível *lean* desejado. A ausência deste tipo de modelos, aumenta a utilização de recursos e tempo disponíveis, uma vez que não existe um *target* a atingir. O modelo de Almomani orienta a empresa para um ou mais objetivos concretos.

O modelo de medição proposto por Behrouzi e Wong, (2011) é constituído por 4 etapas, nomeadamente: determinação dos atributos de desempenho *lean*, identificação do desempenho das categorias e métricas para cada atributo *lean* determinado no primeiro passo, definição das áreas para aplicação do *fuzzy logic* para cada atributo da métrica e por fim o cálculo dos valores do *fuzzy logic* e o valor médio aritmético.

O primeiro passo é composto pela definição dos atributos. Os atributos devem ser escolhidos com base na filosofia *lean*, uma vez que a mesma leva a criar mais valor para os clientes finais. De acordo com (Behrouzi & Wong, 2011), a eliminação do desperdício e o JIT são identificados como as componentes mais importantes do desempenho *lean* uma vez que receberam mais atenção na literatura.

Cada atributo *lean* de nível um, é conectado a uma categoria de desempenho de modo a calcular o desempenho relacionado à eliminação de desperdício. Ao projetar um sistema de medição de desempenho, é fundamental escolher um número eficiente de categorias e métricas de desempenho. Deste modo, Behrouzi e Wong propõem um estudo baseado em duas métricas para cada categoria de desempenho. Podemos verificar na Tabela 1 - Métricas de performance, um quadro resumo com as métricas propostas.

Tabela 1 - Métricas de performance (Behrouzi & Wong, 2011a)  
 Fonte: adaptado de (Behrouzi & Wong, 2011a)

Atributo Lean	Categoria de performance	Índice
Eliminação de desperdício	Qualidade	% Equipamentos danificados
		Qt. de reclamações por ano
	Custo	% Custo do inventário sobre as vendas
		% Valor gasto em transportes sobre as vendas
	Tempo	%Tempo sem valor acrescentado
		%Tempo gasto com o setup
JIT	Entrega	% Entregas com atraso
		Tempo gasto desde a sua origem até a entrega

Após a definição das métricas, dá-se início à aplicação da lógica difusa, ou *fuzzy logic*. Comparativamente à lógica clássica de conjuntos ou lógica booleana, em que um determinado elemento pertence ou não a esse conjunto, a lógica *fuzzy* pelo contrário admite um grau de pertença que não necessariamente um estado 0 ou 1, ou seja admite um estado intermédio que representa uma pertença parcial e que é representado por  $\chi(x)$ , que varia entre 0 e 1, conseguindo-se assim através de um conjunto de princípios matemáticos representar um determinado acontecimento com base nos graus de pertença dos critérios analisados (Zadeh, 1965). Este modelo será abordado com maior detalhe nos capítulos seguintes.

Em primeiro lugar, é feita a fuzzificação das métricas de *performance*. A fuzzificação, em linguagem comum, significa a conversão de valores numéricos em valores linguísticos. Em simultâneo define-se os valores de pertença, onde existe um valor que representa o pior *score* (b) e o melhor *score* (a).

$$\mu_F(Mi) = \begin{cases} 1, & \text{se } Mi \leq a \\ 1 - \left[ \frac{(Mi - a)}{(b - a)} \right], & \text{se } a < Mi < b \\ 0, & \text{se } Mi \geq b \end{cases} \quad (10)$$

Por fim, calcula-se os valores *fuzzy* e faz-se a média entre todos os valores obtidos para as métricas. O valor obtido para esta média, pode ser utilizado facilmente como um indicador de *performance* do nível *lean* e direcionar a empresa para melhorias futuras.

Tabela 2 - Indicador de performance do nível *lean* (Behrouzi & Wong, 2011)  
Fonte: adaptado de (Behrouzi & Wong, 2011a)

Métrica (Mi)	Valor hipotético	Ponto a	Ponto b	$\mu F (Mi)$
m1	2%	0%	4%	0.5
m2	5	0	4	0
m3	7%	0%	10%	0.3
m4	3%	0%	5%	0.4
m5	22%	0%	20%	0
m6	4%	0%	5%	0.2
m7	6%	0%	2%	0
m8	12	0	14	0.14
Resultado lean	$\sum_{i=1}^8 \frac{\mu F (Mi)}{8} \times 100 = 19$			

A tabela acima representa um exemplo, apresentado pelo autor, para ilustrar este método de medição, onde podemos verificar o seguinte:

- Os valores de M2, M5 e M7 encontram-se no seu pior estado possível, permitindo a sua melhoria no futuro.
- M3, M6 e M8, apresentam valores baixos, abaixo dos 50%, apresentando também capacidade de melhoria dos mesmos.
- M1 apresenta o melhor score entre todos, conseguindo obter um score de 50 em 100 (50%)

Em suma, melhorando estes valores, o “valor *lean*” irá por sua vez melhorar, no entanto é necessário perceber que o *score* final é unitário e não tem qualquer unidade. Este método, permite verificar o nível *lean* a nível global de um sistema. Uma vez que o resultado final é obtido pela média de todos os sub-resultados, isto permite melhorar cada um dos sub-resultados, conseguindo melhorar a *performance* geral deste indicador (Behrouzi & Wong, 2011). Este modelo, é de fácil interpretação e de leitura, no entanto está muito vocacionado para a área da produção/produtos sendo de difícil aplicação a áreas de serviço.

O *Value Stream Mapping* (VSM), também conhecido por Fluxo de Valor, é uma ferramenta que tem sido amplamente utilizada nas empresas industriais e de serviço (Singh, B., Garg, S. K., Sharma, S. K., & Grewal, C., 2010). O VSM é uma metodologia de lápis e papel, que é criada usando um conjunto ícones predefinidos e auxilia na visualização de todo o processo de produção, representando o fluxo de material e informações, permitindo identificar e desenhar fluxos de informação, de processos e materiais. O objetivo desta ferramenta é identificar todos os tipos de desperdícios no fluxo de valor de modo a eliminá-los (Rother, M., Shook, J., Womack, J., & Jones, D., 1999).

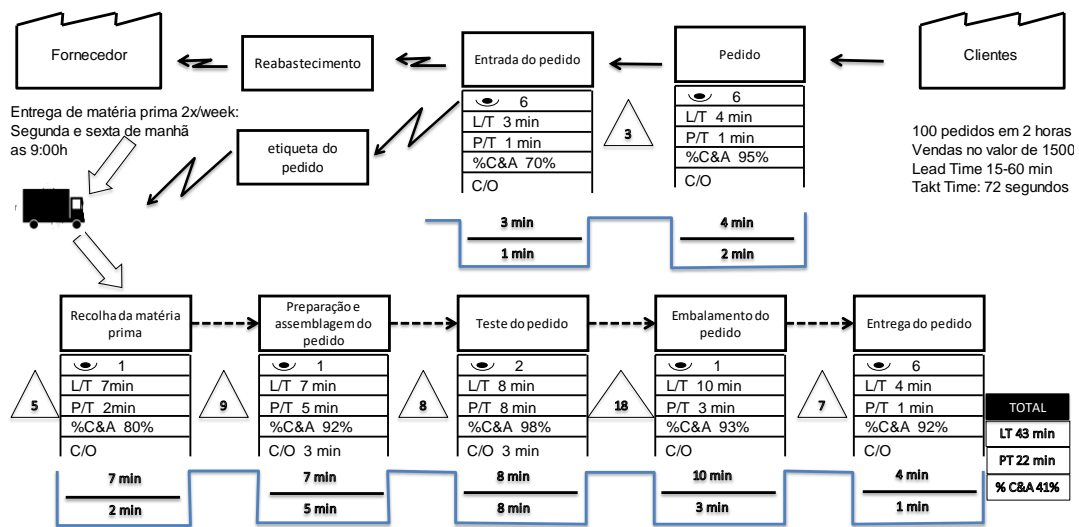


Figura 15 – Exemplo de um VSM  
Fonte: Elaboração própria

O primeiro passo no VSM é identificar a família do produto ou serviço como alvo para melhoria, a identificação de uma família de produtos pode ser feita usando a matriz de produto Ansoff<sup>4</sup>. A próxima etapa será esquematizar a situação atual da empresa de modo a saber qual o processo mais comum por parte dos clientes. O fluxo de material é desenhado na parte inferior do mapa e deve sempre começar com o processo que está mais vinculado ao cliente. Em cada processo, todas as informações críticas, incluindo tempo de processamento, tempo de ciclo, tempo de troca, níveis de stock, etc. são detalhadas. Na parte superior do mapa desenha-se o fluxo de informações que indica quanto cada processo irá incrementar valor ao produto final. O fluxo de informações é desenhado da direita para a esquerda no mapa e está conectado ao fluxo de materiais desenhado anteriormente. De seguida é desenhada uma linha de tempo por baixo do mapa, de modo a indicar o tempo de produção. O tempo de espera é calculado através do tempo que cada componente irá esperar em cada máquina, deste modo, o tempo de espera total durante todo o processo fará o tempo de espera. Por fim esquematiza-se a situação pretendida a fim de estabelecer um esquema

<sup>4</sup> Matriz desenvolvida por Igor Ansoff no século XX, que tem por objetivo ajudar os gestores a definir as opções estratégicas da organização (Bernardo, 2019).

que elimine o desperdício e que seja focado no cliente (Singh *et al.*, 2010). Este método, facilita a identificação de processos significativos do setor e da empresa e reduz desperdícios que comprometem o processo, no entanto está limitada a uma família de produtos.

Com a evolução destas ferramentas, (Pakdil & Leonard, 2014) desenvolveram uma ferramenta com uma envolvente qualitativa, mas também quantitativa. Qualitativa porque utiliza a percepção de indivíduos para avaliar 5 dimensões qualitativas, tais como, a qualidade, o processo, o cliente, os recursos humanos e também a entrega. Por outro lado, a envolvente quantitativa foca-se em oito dimensões mensuráveis relacionadas com o *lean*, nomeadamente, o tempo efetivo, a qualidade, o processo, o custo, os recursos humanos, a entrega, o cliente e por fim o inventário. Para cada uma destas dimensões foram atribuídos um conjunto de indicadores, tais como o *takt time*, tempo de ciclo, tempo de retrabalho, permitindo assim validar de forma quantitativa, o nível *lean*. Podemos verificar na figura abaixo as dimensões aplicadas ao estudo dos autores.

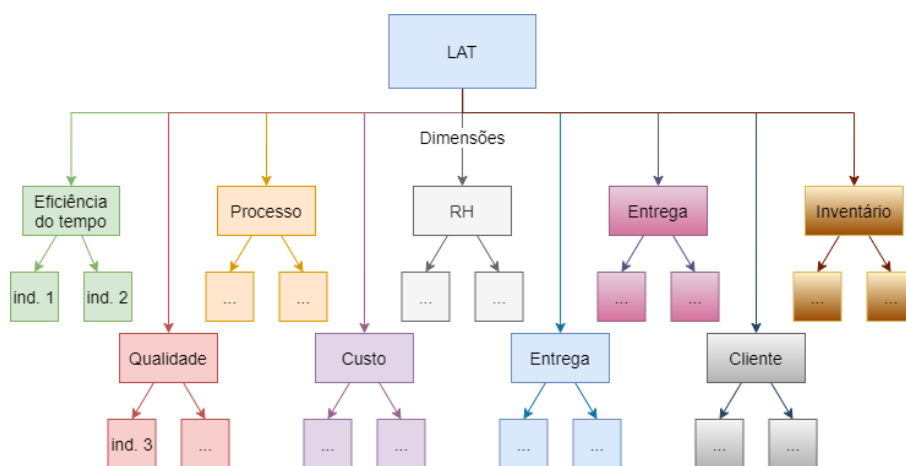


Figura 16 - Dimensões aplicadas no estudo de Pakdil e Leonard  
 Fonte: adaptado de Pakdil e Leonard, (2014)

Esta ferramenta baseia-se nos sete tipos de desperdícios mencionados por Ohno e Bodek e por Womack e Jones, nomeadamente, o excesso de stock, excesso de produção, movimentação, manipulação e processamento, tempo de espera e por fim a correção de defeitos.

Esta metodologia deverá ser aplicada e integrada num contexto de resolução de problemas. Segundo Mast, (2011), um processo de resolução de problemas consiste na formulação do problema, diagnóstico da sua causa raiz e desenvolvimento de soluções.

A maioria das empresas que implementam uma metodologia *lean*, não alcançam uma verdadeira percepção do sistema, uma vez que decidem implementar partes do sistema, em vez de todo o sistema. Nesta metodologia, aplica-se o mesmo método aplicado por Behrouzi e Wong, calculado através da utilização do *Fuzzy Logic*, para a obtenção do nível *lean* atual, utilizando a média dos resultados obtidos dos indicadores medidos. Estes indicadores são depois colocados num gráfico

radar à semelhança do método aplicado por (Behrouzi & Wong, 2011). Por fim o nível *lean* pode ser categorizado em três níveis, nomeadamente *lean*, *leaner* e *leanest* (Bayou & de Korvin, 2008).

Como método de cálculo, a função de associação difusa destaca os sucessos e as necessidades de melhoria na implementação *lean*, e o uso de lógica *fuzzy* e gráficos de radar permite uma visão imediata e abrangente das áreas fortes e daquelas que precisam de melhorias dentro das oito dimensões (Pakdil & Leonard, 2014). Na prática, o *Lean Assessment Tool* (LAT) pode ajudar as organizações a avaliar a implementação *lean* de uma forma sistemática e, eventualmente, desenvolver sistemas *leans* mais fortes, criando uma enorme vantagem competitiva (Womack & Jones, 2003). Este método, é de fácil leitura e interpretação e possui critérios de classificação de fácil aplicação (*lean*, *leaner* e *leanest*).



### 3. Lógica *Fuzzy*

A lógica *fuzzy* ou lógica difusa, embora já utilizada anteriormente por alguns filósofos, foi formalmente reconhecida em 1965 com um artigo de Lofti Zadeh intitulado *Fuzzy Sets* (conjuntos *fuzzy*), e tem como objetivo a modelação numérica do raciocínio humano, ou seja, tem por base o funcionamento neural dos humanos e na sua capacidade para executar as várias tarefas do dia a dia, contando apenas com as várias perceções que tem, como o tempo e a força (Zadeh, 1965).

Comparativamente à lógica clássica de conjuntos ou lógica booleana, em que um determinado elemento pertence ou não a esse conjunto, a lógica *fuzzy* pelo contrário admite um grau de pertença que não necessariamente um estado 0 ou 1, ou seja admite um estado intermédio que representa uma pertença parcial e que é representado por  $\chi(x)$ , que varia entre 0 e 1, conseguindo-se assim através de um conjunto de princípios matemáticos representar um determinado acontecimento com base nos graus de pertença dos critérios analisados (Zadeh, 1965) e desta forma aproximar-se da perceção do mundo real. Podemos de uma forma simplificada representar um sistema de lógica *fuzzy* de acordo com a Figura 17.

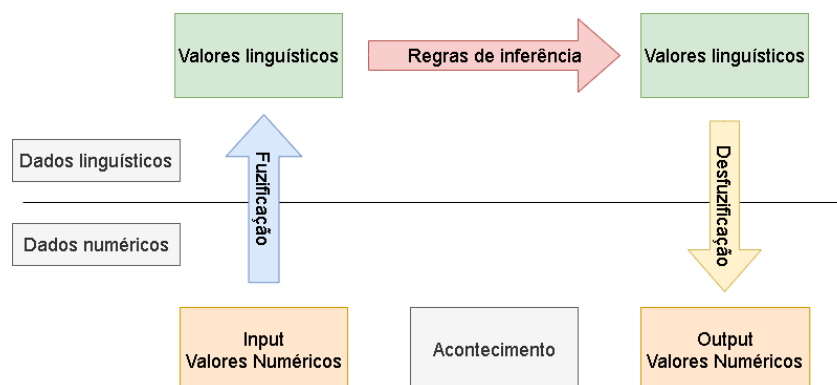


Figura 17 - Esquema lógica Fuzzy  
Fonte: Adaptado de Zadeh, (1965)

O *fuzzy logic* ou lógica difusa, permite assim ajudar na medição de raciocínios imprecisos e ambíguos, utilizando para isto graus de pertença entre os valores 0 e 1, sendo estes os dois limites mínimos e máximos da escala. Desta forma este método tem não só a capacidade de analisar dados quantitativos, mas também dados qualitativos, sendo capaz de fazer uma avaliação qualitativo-quantitativo, através da conversão de dados de linguagem natural em dados numéricos, conseguindo-o fazer num só algoritmo.

Em suma a lógica difusa baseia-se em palavras e não em números, utilizando para isso, modificadores de predicado (muito, mais, pouco, bastante, etc.) e quantificadores (poucos, usualmente, etc.). Ao se trabalhar com informações vagas e incertas, o *fuzzy logic*, torna-se uma

ferramenta muito eficaz uma vez que aproxima as decisões tomadas por um algoritmo em decisões mais parecidas com as tomadas pelos humanos.

Mais especificamente, a lógica *fuzzy* pode ser vista como uma tentativa de formalização de duas notáveis capacidades humanas. Primeiro, a capacidade de conversar, raciocinar e tomar decisões racionais num ambiente de imprecisão, incerteza, informações incompletas, informações conflitantes, integralidade da verdade e parcialidade da possibilidade. Em segundo lugar, a capacidade de realizar uma ampla variedade de tarefas físicas e mentais sem quaisquer medidas e cálculos.

Esta ferramenta tem uma alta capacidade de medir precisão do impreciso. Esta capacidade da lógica *fuzzy* sugere, como foi notado anteriormente, que ela pode encontrar aplicações importantes em domínios como a economia, linguística, direito e outros campos centrados no ser humano (Lotfi A. Zadeh, 2008).

### 3.1. Lógica booleana vs. Lógica fuzzy

A lógica booleana ou teoria clássica, ao contrário da lógica *fuzzy*, baseia-se nos valores de 0 e 1, ou seja, no valor zero a sua correspondência seria um “não” e o valor 1 num “sim”. Entende-se por isto que a lógica booleana tem como variáveis fixas 0 e 1, podendo apenas assumir estes 2 valores não contendo nenhum valor intermédio.

Na lógica booleana, os conjuntos são denominados "*crisp*", ou seja, entende-se por um valor "*crisp*", como um valor inteiro, tal como 0, 1, 2, etc... Dado um elemento do universo em discurso (conjunto), qualquer objeto pertence ou não pertence a esse conjunto, ou seja, os objetos ou membros não poderão pertencer ao conjunto se os mesmos forem intermédios, ou fora do conjunto. Em linguagem comum ou é (pertence) ou não é (não pertence).

De forma a simplificar a explicação acima mencionada relativa a conjuntos da teoria clássica, note o exemplo abaixo:

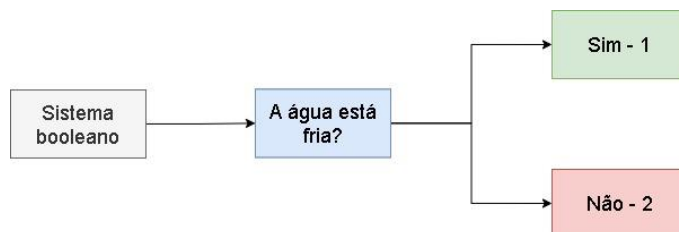


Figura 18 - Exemplo da teoria booleana  
Fonte: Elaboração própria

No exemplo acima (Figura 18), a água poderá ter duas formas possíveis, ou estará fria, e assume o valor 1, ou pelo contrário a água não estará fria e assume o valor 0.

Na teoria de conjuntos clássica, um elemento pertence ou não a um dado conjunto. Dado um universo  $U$  e um elemento particular  $x \in U$ , o grau de pertença  $\chi_A(x)$  com respeito a um conjunto  $A \subseteq U$  é dado por:

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (11)$$

A função  $\chi_A(x): U \rightarrow \{0,1\}$  é denominada de função característica na teoria clássica de conjuntos.

O grau de pertença é um valor representado por um valor real entre de 0 e 1, que determina o grau em que um determinado elemento pertence a um conjunto, permitindo uma transição gradual da falsidade para a verdade. Ou seja, 1 significa que o objeto pertence absolutamente ao conjunto e 0 significa que o objeto não pertence de facto ao conjunto. Dito de outra forma, um grau de pertença com valor contínuo entre 0 e 1 generaliza o conceito clássico de pertença.

Intuitivamente, a afirmação "A altura de João é cerca de 190 cm" é mais clara do que "João é alto". Assim, consideramos que um valor nítido, como "João tem apenas 185 cm," é o mais claro e um valor nulo é o mais ambíguo. Usando a lógica *fuzzy*, podemos comprimir o intervalo de valores difusos e tornar esses valores difusos mais "claros" (Liao, S. Y., Wang, H. Q., & Liu, W. Y., 1999). Para clarificar esta ideia, podemos por exemplo pegar no exemplo da

Figura 19 e utilizá-lo para descrever a lógica *fuzzy* com o mesmo exemplo:

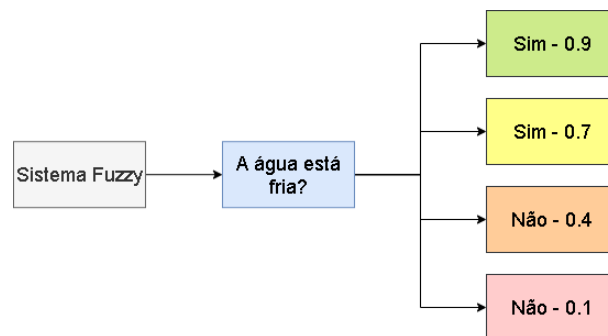


Figura 19 - Exemplo de lógica difusa  
Fonte: Elaboração própria

Ao contrário da lógica booleana que pode apenas tomar valores absolutos, nomeadamente 0 e 1, na lógica *fuzzy*, existe a possibilidade de explorar os vários estados entre o 0 e 1, o que permite aproximar esta perceção, à perceção humana.

Na aplicação do *lean*, a lógica booleana tem algumas limitações, uma vez que não permite explorar a subjetividade do *lean*, ou seja, admite apenas valores verdadeiros ou falsos e nunca os seus valores intermédios sendo que estes estão mais próximas da idealização da percepção humana.

### 3.2. Fuzzy Sets ou conjuntos Fuzzy

Um conjunto *fuzzy*, estabelece o ponto de partida para a construção de uma estrutura conceptual, que possibilita a resolução de problemas de uma forma mais geral e natural. Os conjuntos *fuzzy* foram introduzidos pelo facto de não possuírem fronteiras bem definidas, ao contrário dos conjuntos clássicos que apresentavam restrições para lidar com problemas onde as transições de uma classe para outra acontecem de forma suave.

Segundo Zadeh, 1965, alguns dos elementos são mais membros de um conjunto do que outros, sendo esta uma caracterização mais ampla. O fator de pertença pode então assumir qualquer valor entre 0 e 1, sendo que o valor 0 indica uma completa exclusão e um valor 1 representa completa pertença (Ross, 2010).

O poder de expressão da função característica é aumentado devido a esta generalização. Por exemplo, para se expressar a ideia de que uma temperatura é de 25°, pode-se utilizar uma função de pertença triangular com o pico em 25°, para sugerir a ideia de que quanto mais perto o número 25, mais ele se identifica com o conceito representado. Formalmente, seja U uma coleção de objetos designados genericamente por {u}.

U é designado de universo de discurso, podendo ser contínuo ou discreto. Um conjunto *fuzzy* A num universo de discurso U é definido por uma função de pertença  $\chi_A$  que assume valores num intervalo [0,1].

$$\chi_A: U \rightarrow [0,1] \tag{12}$$

O conjunto *fuzzy* A em U é, então, um conjunto de pares ordenados.

$$A = \{\chi_A(u)/u\}, u \in U \tag{13}$$

O conjunto suporte de um conjunto *fuzzy* A é o subconjunto dos pontos u de U tal que  $\chi_A(u) > 0$ . Um conjunto *fuzzy* cujo conjunto de suporte é um único ponto de U com  $\chi_A = 1$  é designado um conjunto unitário *fuzzy* (Gomide, F., Gudwin, R., & Tanscheit, R., 1995).

As funções de pertinência, podem apresentar-se de diversas formas, nomeadamente, triangulares, com formato trapezoidal, em formato sino, etc...

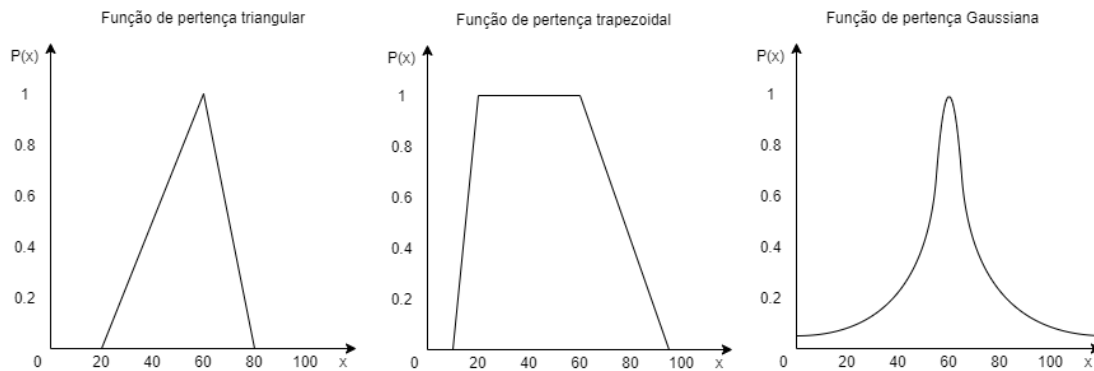


Figura 20 - Exemplos de funções de pertinência  
Fonte: Elaboração própria

Para este trabalho serão aplicadas as funções triangulares, uma vez que se adequam melhor ao contexto do trabalho, nomeadamente ao caso de estudo.

Uma função de pertinência triangular é definida da seguinte forma, sendo que x, a, b, c pertencem a R e encontram-se no intervalo [0,1]:

$$trimf(X; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x - a}{b - a}, \frac{c - x}{c - b}\right), 0\right) \quad (14)$$

Seendo  $A=(b1, b2, b3,)$ , a letra “b1”, irá corresponder ao limite inferior da função e a letra “b3” ao limite superior. Por sua vez a letra “b2” irá corresponder ao valor máximo da função. De modo a facilitar a compreensão deste modelo segue abaixo uma representação gráfica desta função:

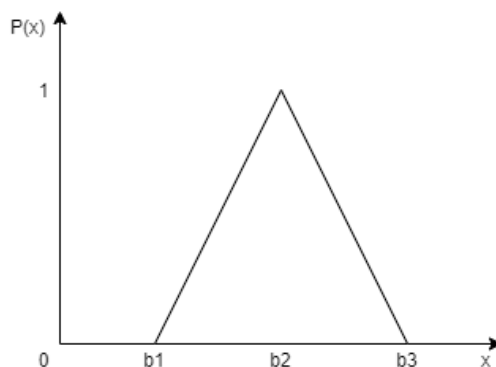


Figura 21 - Representação gráfica de uma função de pertinência triangular  
Fonte: Elaboração própria

A título de exemplo, consideremos o conjunto  $A = (15, 25, 30, 40)$ , sendo os dados do conjunto temperaturas, teríamos o seguinte gráfico:

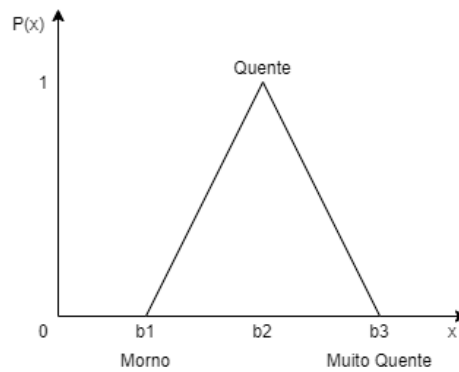


Figura 22 - Representação gráfica do exemplo de um gráfico triangular  
 Fonte: Elaboração própria

No gráfico acima podemos verificar que para temperaturas entre os 15° e abaixo de 25°, é considerada uma temperatura “morna”, já para o ponto máximo 25°, é considerada uma temperatura “quente” e por fim entre as temperaturas acima de 25° a 40° a temperatura é considerada “muito quente”.

### 3.3. Fuzzificação

O processo de fuzzificação consiste em obter o grau de pertença para cada entrada pertencente a cada conjunto *fuzzy*. Contudo, cada uma das entradas foi anteriormente limitada no universo de discurso em questão, e associada a um grau de pertença em cada conjunto *fuzzy* através do conhecimento do especialista. Assim, para se obter o grau de pertença de uma determinada entrada basta procurar esse valor na base de conhecimento do sistema *fuzzy*. Na Figura 23 podemos observar um exemplo de fuzzificação.

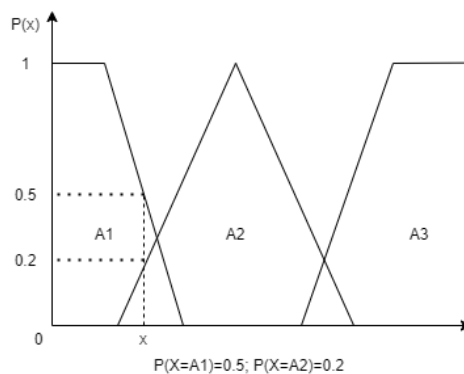


Figura 23 - Conjuntos fuzzy e graus de pertença  
 Fonte: AssiMarro, A., Souza, A., Cavalcante, E., Bezerra, G., e Nunes, R. (2016).

Após a obtenção das entradas fuzzificadas, aplica-se nos antecedentes os operadores “e” e “ou” que são utilizados para obter apenas um resultado. No entanto, no operador “ou” é utilizado a operação de união, tendo um maior grau de pertinência.

Por fim, são agregadas todas as funções membro dos consequentes de cada regra num único conjunto *fuzzy*, tal como podemos verificar nas Figura 24 e 25. (AssiMarro *et al.*, 2016)

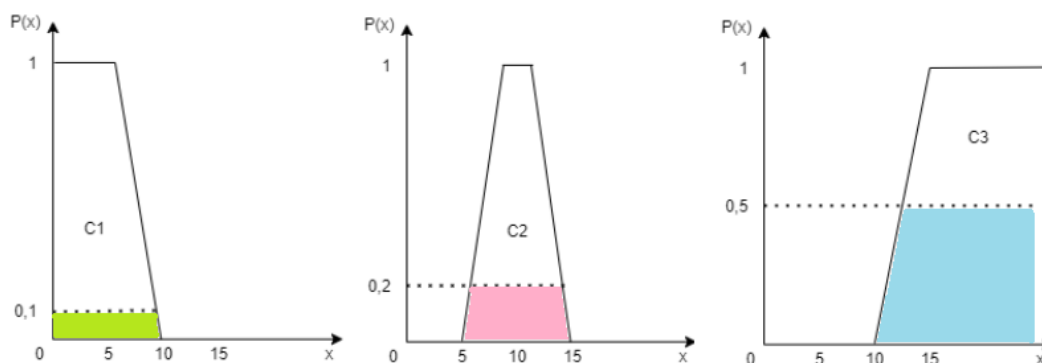


Figura 24 - Conjuntos fuzzy individuais  
 Fonte: Elaboração própria

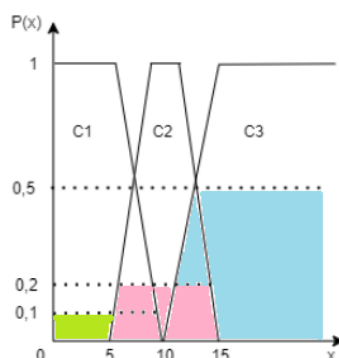


Figura 25 - Agregação dos conjuntos fuzzy  
 Fonte: Elaboração própria

Em suma, o processo de fuzzificação, consiste na utilização de um processo matemático para a transformação de um valor *crisp* de uma variável de entrada é convertido num valor de pertinência (Lima, H., Abreu, U., Santos, S., & Massruhá, S., 2012). Para facilitar toda a explicação acima mencionada, podemos verificar através da análise da Figura 26, que para variável de entrada de valor 370, temos o seguinte grau de pertinência, nomeadamente, 0.25 (Mau) e 0.75 (Normal).

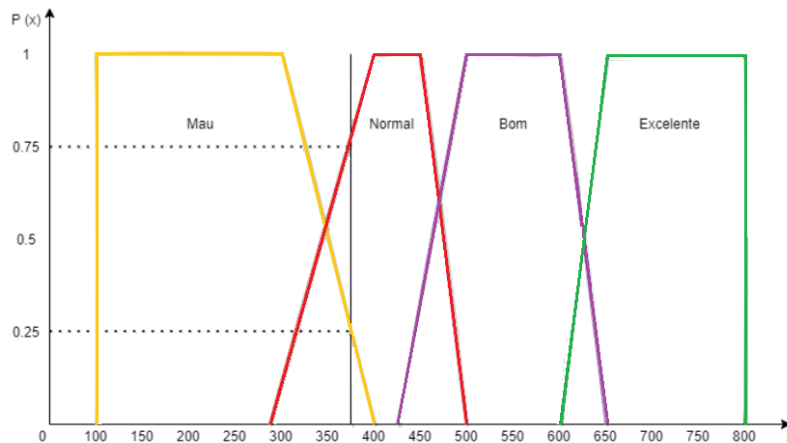


Figura 26 - Processo de fuzzição  
 Fonte: Adaptado de Lima *et al.*, (2012)

### 3.4. Inferência fuzzy

Após a fuzzição inicia-se a inferência *fuzzy* que é um processo de avaliação de entradas com a finalidade de obter conclusões, através das regras e das entradas definidas, utilizando a teoria de conjuntos de *fuzzy*. Além disso, associa-se as combinações possíveis entre as pertencas e conjuntos da variável de saída (Kridi, D., Alves, A., Lemos, M., & Rabelo, R., 2011).

No entanto, este módulo pode ser realizado com base nos modelos de inferência, que irá associar os conjuntos atingidos na fuzzição da entrada aos conjuntos correspondentes na saída, tendo sempre em consideração o tipo de problema que se vai resolver, obtendo-se o melhor processamento possível (AssiMarro *et al.*, 2016). Iremos analisar dois modelos de inferência nos subcapítulos abaixo, nomeadamente o modelo de inferência de Mamdani e o modelo de inferência de Takagi-Sugeno.

Mamdani, propõe um método com base na regra de composição de inferência max-min, que agrega as regras por meio do operador lógico “ou” que é modelado pelo máximo ( $\vee$ ). Para cada regra o operador lógico utilizado é o “e” e “então”, utilizando para isso a aplicação do mínimo ( $\wedge$ ).

Sendo  $r$  o número de regras que compõem a base de regras,  $A_j$  e  $B_j$  são os subconjuntos *fuzzy* da regra  $j$  e  $R$  a regra correspondente.

- $R_1$ : Se  $x_1$  é  $A_{11}$  e  $x_2$  é  $A_{22}$  então  $\mu$  é  $B_1$ ;
- $R_2$ : Se  $x_1$  é  $A_{21}$  e  $x_2$  é  $A_{22}$  então  $\mu$  é  $B_1$

Conforme representado no exemplo acima, o modelo de inferência de Mamdani, fornece uma resposta posterior também em conjunto *fuzzy* (B), no entanto muitas vezes é necessário obter um

resultado em formato clássico. Para se transformar estes resultados sob a forma de conjunto *fuzzy* em resultados clássicos, temos de recorrer ao processo de desfuzzificação que será detalhado nos subcapítulos seguintes.

Pelo contrário, o modelo proposto por Takagi-Sugeno, é muito semelhante ao modelo de Mamdani, no entanto o seu resultado final já é apresentado sob a forma clássica, não sendo necessário o processo de desfuzzificação (AssiMarro et al., 2016).

### 3.5. Desfuzzificação

Após se descobrir com que grau de pertença os conjuntos da variável de saída foram acionados, durante a inferência, inicia-se o processo de desfuzzificação.

O processo de desfuzzificação, consiste no processo de obter um único valor proveniente do output obtido através do processo de inferência *fuzzy*, ou seja, consiste na transformação de um conjunto *fuzzy* num valor *crisp*. Em suma, o processo de desfuzzificação, tem como objetivo a escolha do melhor resultado *crisp* dentro do conjunto *fuzzy*, através de um algoritmo de tomada de decisão (Masoum & Fuchs, 2015).

Os métodos mais comuns para o processo de desfuzzificação são o método do centro de massa ou método centroide, método da média ponderada dos máximos, bissetor, média dos máximos, menor dos máximos, e o mínimo dos máximos (*Defuzzification Methods - MATLAB & Simulink*, 2020).

O grande objetivo desta fase é descobrir o valor preciso associado ao grau de pertença de um dado conjunto, como podemos ver na Figura 27 (Kridi et al., 2011).

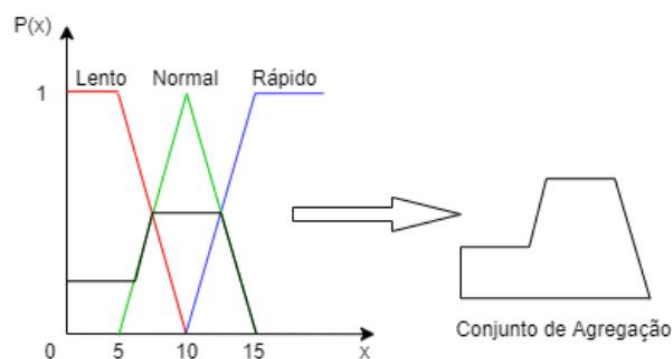


Figura 27 - Exemplo de desfuzzificação  
Fonte: Kridi et al., (2011)

Conforme verificado acima, existem vários métodos para se executar o processo de desfuzzificação. Nos pontos seguintes serão explicados sucintamente cada um desses métodos.

### 3.5.1. Método do Centro de Massa ou Centróide

O método de desfuzzificação mais utilizado é o método do centróide. Neste método o valor obtido representa o centro de gravidade da distribuição de possibilidade de saída do sistema *fuzzy*, ou seja, este método fornece um valor nítido com base no centro de gravidade do conjunto *fuzzy*. A área total da distribuição da função de pertinência usada para representar a ação de controle combinada é dividida em várias subáreas. A área e o centro de gravidade ou centróide de cada subárea são calculados e, de seguida, a soma de todas essas subáreas é feita para encontrar o valor desfuzzificado para um conjunto difuso discreto. A fórmula matemática que obtém esse ponto é expresso de acordo com a equação abaixo (Debasis, 2019):

$$\text{COG} = \frac{\sum_{x=a}^b \mu(x).x}{\sum_{x=a}^b \mu(x)} \quad (15)$$

Este método é composto por três etapas:

1. Determinar a abcissa do ponto centróide para cada saída ativada na inferência.
2. Calcular a área entre o grau de pertinência e o eixo x para cada saída ativa.
3. Calcular a média ponderada dos pontos centróides pelas respectivas áreas.

### 3.5.2. Método da média, menor e maior dos máximos

MOM (média dos máximos), SOM (menor dos máximos) e LOM (maior dos máximos) representam o meio, menor e o maior dos máximos. No exemplo da Figura 28, podemos verificar que os resultados máximos *fuzzy* encontram-se entre o intervalo de 2 até 8, no entanto de acordo com este método, os resultados de desfuzzificação MOM, SOM e LOM têm valores distintos. Se o conjunto *fuzzy* agregado tiver um máximo exclusivo, função de pertinência triangular, então MOM, SOM e LOM produzem o mesmo valor.

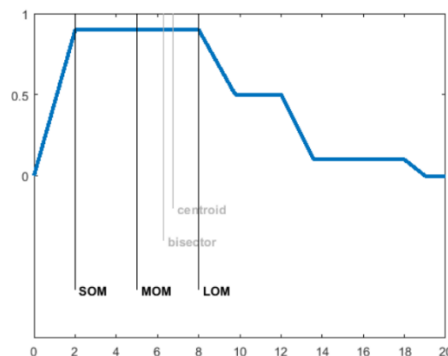


Figura 28- Exemplo do método da média, menor e maior dos máximos  
Fonte: Defuzzification Methods - MATLAB e Simulink, (2020)

## **4. Ferramenta para medição do nível *lean* organizacional**

Com o crescimento da população mundial, mais escassos são os recursos naturais e por sua vez menores são as margens ganhas pelas empresas, o que obriga a que as empresas “façam mais com menos”. As empresas são obrigadas a seguir esta prática, de forma a conseguir manter-se competitiva e sustentável, tentando garantir o seu longo prazo de sobrevivência (Tasdemir, C., Gazo, R., & Quesada, H. J., 2020). Fazer mais com menos, obriga que as empresas consigam eliminar os seus desperdícios de forma eficaz e eficiente, nomeadamente os sete desperdícios mencionados por (Ohno & Bodek, 1988).

O crescente nível de competição entre empresas, as alterações do que o cliente procura, o avanço da tecnologia e a alteração de fatores ambientais do mercado, são pontos críticos hoje em dia, que obrigam as empresas a rever as suas estratégias, de forma a maximizar a sua flexibilidade face a estes entraves (Lin *et al.*, 2006).

Inicialmente é necessário, compreender com que base se vai trabalhar, isto é, será necessário definir se a ferramenta utilizará dados quantitativos, qualitativos ou um misto dos dois.

As ferramentas com base quantitativa, têm como finalidade auxiliar as ciências exatas, tendo como foco a medição com base em dados numéricos de forma objetiva e concisa. Por outro lado, os métodos qualitativos, não têm por base dados reais numéricos, mas funcionam melhor quando se pretende medir certas ideias ou perspetivas, sendo este um método subjetivo. A união de ambos os métodos será o ideal para o estudo da quantificação do nível *lean*, uma vez que o mesmo se baseia na subjetividade, no entanto para se obter este mesmo nível é necessário a utilização de dados numéricos (Severo & Sousa, 2016).

Após a definição do tipo de método a utilizar, devemos perceber as nossas variáveis ou inputs a estudar. Perceber os inputs e outputs desejados é muito importante pois irá permitir a criação de um modelo robusto.

## 4.1. Definição do tipo de modelo a utilizar

A decisão do tipo de modelo a utilizar depende dos dados que dispomos e que irão ser analisados. Para o estudo em questão, optou-se por definir um modelo quantitativo e ao mesmo tempo qualitativo, uma vez que o tema a trabalhar é o *lean*. Sendo o *lean*, uma filosofia que depende da percepção dos humanos, existe a necessidade de utilizar um método qualitativo, no entanto o cruzamento de dados com o método quantitativo irá dar robustez aos dados obtidos.

Para a conceção do modelo e uma vez que o mesmo se irá incidir sobre a área da logística na empresa em questão, optou-se por fazer um estudo individual de cada atividade dentro da área da logística, conseguindo no final medir o nível *lean* geral da Logística. Podemos verificar uma breve conceção do modelo a utilizar na Figura 29.

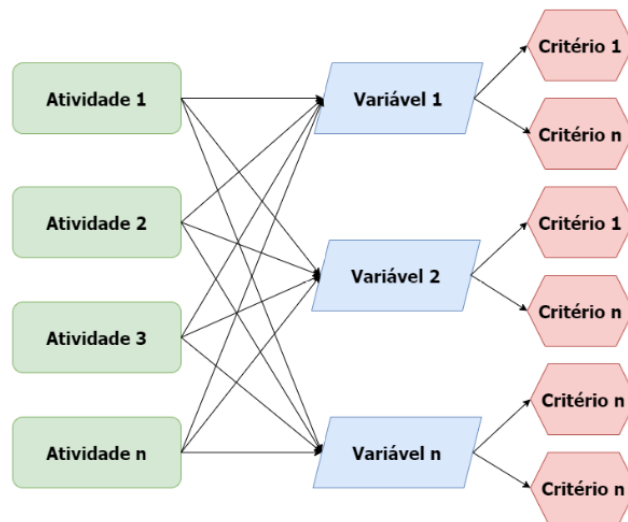


Figura 29 - Conceção gráfica do modelo de avaliação  
Fonte: Elaboração Própria

Para a definição das atividades, variáveis a estudar e por fim os critérios a avaliar, será definido um painel de Delphi, composto por especialistas nas suas áreas e atividades, de forma que o modelo vá ao encontro o mais possível com a realidade vivida nas empresas.

Após a obtenção de todos os inputs necessários, que derivam de uma análise qualitativa, como as variáveis avaliadas e por fim os critérios de avaliação para cada variável, será utilizada a ferramenta *Matlab*. O *Matlab* é um software que permite realizar tarefas relacionada com todo o tipo de cálculo numérico. Para a construção deste modelo, foi utilizado o módulo “*fuzzy*” disponível no software *Matlab*. Ver Figura 30.

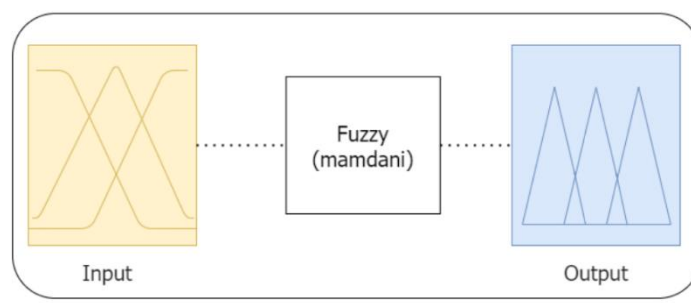


Figura 30 - Módulo Fuzzy Matlab  
Fonte: Elaboração própria

## 4.2. Atividades do modelo a analisar

Após a criação do painel de Delphi, o primeiro passo deste modelo será definir quais as atividades a analisar que poderão ou não fazer a diferença quanto ao nível *lean* que uma organização apresenta. Com isto quer-se dizer que o painel deverá ter em conta vários aspetos, uma vez que a área de um negócio a estudar é composto por várias atividades chave, que deverão ser ou não incluídas (dependendo do seu impacto e relevância) no estudo do nível *lean* de determinada área.

Com a definição da área a abranger nesta avaliação, deverão ser escolhidas as várias atividades que compõem a área em estudo. Por exemplo, para uma *supply chain* ou cadeia de abastecimento, o painel poderia definir as seguintes atividades a estudar: produção, compras, logística e vendas. De forma a simplificar o primeiro passo do modelo, podemos verificar a Figura 31.

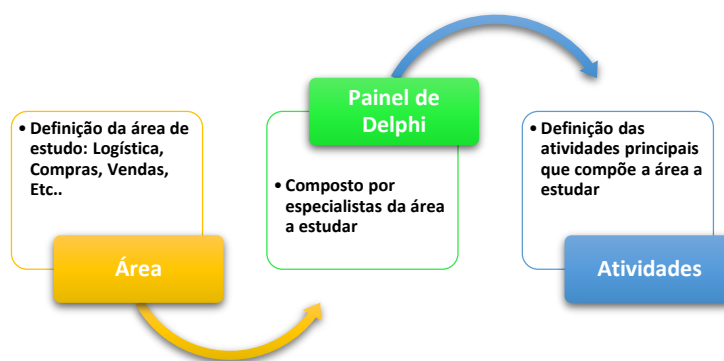


Figura 31 - Definição das atividades a avaliar  
Fonte: Elaboração própria

## 4.3. Variáveis do modelo

Uma vez que o modelo deverá estar correlacionado com a filosofia *lean*, as variáveis devem ir ao encontro com os sete desperdícios, mencionados na literatura da filosofia *lean*, nomeadamente, o excesso de produção, os tempos de espera, transporte, excesso de processamento, excesso de stock, movimentação desnecessária e por fim os defeitos.

Assim o painel de Delphi deverá escolher entre um até sete desperdícios a estudar, sendo que quanto maior for o número de variáveis a estudar (desperdícios), maior será a complexidade do modelo, uma vez que existem mais critérios de estudo, no entanto a utilização de mais variáveis, deve ter uma aproximação com a realidade da organização em estudo.

As variáveis devem ir ao encontro com os sete desperdícios mencionados na literatura, no entanto, não terão de ser exatamente iguais aos que se encontram mencionados na literatura. É importante que exista alguma adaptabilidade na aplicação deste modelo a cada tipo diferente de negócio, sendo que o mesmo tem como objetivo conseguir incluir a avaliação do nível *lean*, não só na indústria, mas a qualquer outro negócio. De forma a conseguir simplificar este passo do modelo podemos verificar a Figura 32.

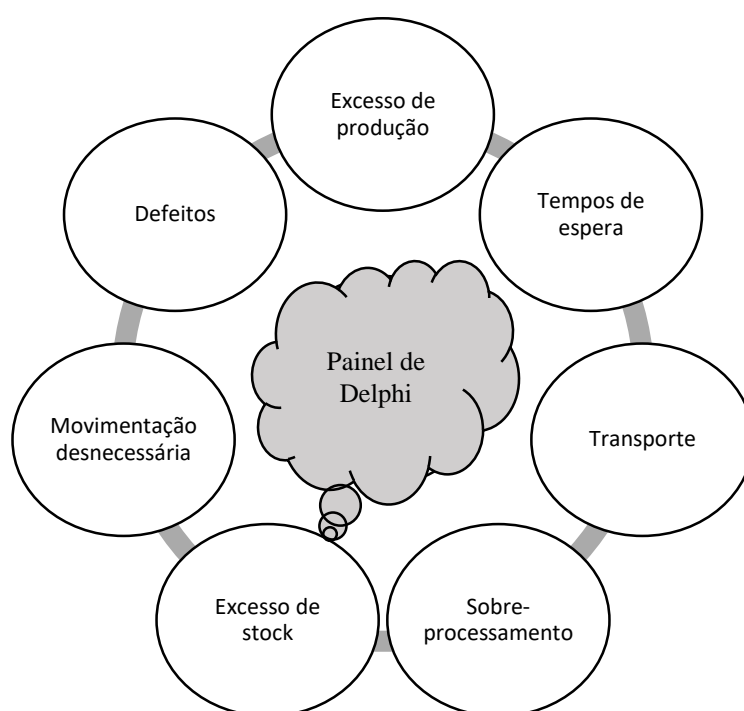


Figura 32 - Escolha das variáveis a estudar  
Fonte: Elaboração própria

#### 4.4. Critérios do modelo

Uma vez definidas as variáveis "*lean*" a estudar, o modelo pressupõe a criação de vários critérios que têm como objetivo, servir de inputs para medição do nível de cada variável, ou seja, são indicadores de performance que permitem monitorizar o desempenho de cada variável dentro de cada organização. Quanto maiores ou menores (dependendo da escala de avaliação) os resultados dos indicadores, melhor ou pior será o resultado da variável estudada. Em suma, o resultado dos critérios irá possibilitar medir e perceber qual o nível *lean* associado a determinada variável.

É importante definir critérios, possíveis de medir, com um período de tempo finito, alcançáveis, relevantes e específicos para cada variável. De forma a facilitar a compreensão deste passo, podemos verificar o esquema elaborado na Figura 33.

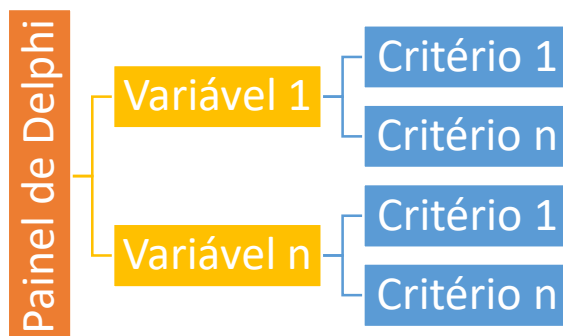


Figura 33 - Definição dos critérios a utilizar  
Fonte: Elaboração própria

#### 4.5. Definição dos conjuntos difusos para cada critério

Após estabelecidas as variáveis a estudar e os critérios a utilizar para avaliar o estado de cada variável, é necessário criar os conjuntos difusos, que correspondem aos limites dos resultados, de forma a conseguir perceber em que nível *lean* se encontra cada critério. Em suma, este passo consiste em criar uma escala de avaliação para cada critério e pressupõem a criação de um limite superior, intermédio e inferior. O resultado obtido de cada critério deverá estar compreendido entre estes limites e desta forma será possível perceber em que limiar se encontra cada critério. Estes valores irão permitir, estabelecer o intervalo, para o processo de avaliação dos resultados apresentados, face aos limites estabelecidos, podendo no final, perceber nível *lean* se encontra a empresa.

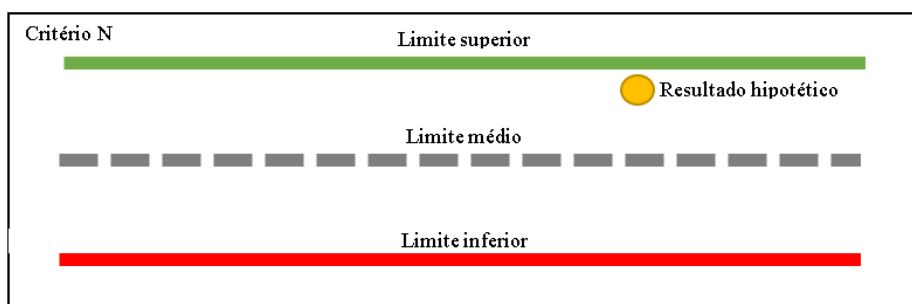


Figura 34 - Definição dos conjuntos de pertença  
Fonte: Elaboração própria

A definição destes limites, irá possibilitar numa fase posterior do modelo, converter o resultado obtido, em variáveis linguísticas, uma vez que esta é uma das premissas de se trabalhar com o *fuzzy logic*. Para este modelo, irá optar-se pela caracterização linguística da seguinte forma, o resultado ou *performance* pode ser alto, médio ou baixo, sendo o valor alto correspondente ao

resultado mais próximo do limite superior e o valor baixo correspondente a um resultado mais próximo do limite inferior, conforme podemos verificar na Figura 34.

Estes limites devem de ser os mais próximos da realidade vivida na organização, sendo que a sua definição deverá ser feita pelos especialistas do Painel de Delphi.

## 4.6. Definição das funções de pertença e das regras para cada variável

Conforme verificámos nos pontos anteriores, o modelo utiliza variáveis, sendo que cada variável utiliza critérios para o cálculo do seu nível. Cada critério poderá ter 3 resultados possíveis, nomeadamente baixo, médio ou alto.

Após definição dos conjuntos difusos, será necessário criar as funções de pertença, que devem compreender o grau de pertença entre 0 e 1 para cada objeto, e também as regras que irão originar estes resultados, o que irá permitir obter o nível *lean* para cada variável, que por sua vez irá dar origem ao nível *lean* por atividade. Estas regras utilizam o conceito de *IF-THEN* do fuzzy logic, ou seja:

- Se Critério 1 é igual a A e critério 2 é igual B, então o resultado será Y

O output definido para o nosso sistema, será composto por quatro resultados possíveis, nomeadamente:

Tabela 3 - Output gerado (Sistema Fuzzy)  
Fonte: Elaboração própria

Grau de pertença	Output Fuzzy
0 – 2.5	Nada <i>Lean</i>
2.6 – 5	Pouco <i>Lean</i>
5.1 – 7.5	<i>Lean</i>
7.6 - 10	Muito <i>Lean</i>

Um resultado “nada *lean*”, indica que o resultado obtido dos critérios deverá ser melhorado e verificado, a fim de subirmos de patamar para um nível *lean* superior.

Para um resultado “pouco *lean*”, a variável, não é ainda “*lean*”, no entanto está perto de o conseguir ser, sendo desta forma monitorizado e deve-se tentar perceber o que se pode fazer, para transitar de estado.

Num resultado “lean”, indica que a variável está relativamente com um nível *lean* desejado, sendo que o mesmo deverá ser mantido da mesma forma com o passar do tempo ou se a organização o desejar, tentar transitar de estado para um nível superior.

Por fim, para um resultado “muito lean”, a organização obtém um resultado que está acima das suas expectativas, devendo manter as suas práticas iguais.

A definição destes outputs, tem por base as variáveis aplicadas no estudo de Pakdil e Leonard, que utilizaram para o seu modelo a escala *Lean*, *Leaner* e *Leanest*. Segundo os autores, a utilização deste tipo de escalas, torna o modelo de fácil interpretação.

A obtenção destes outputs, depende das regras formadas para o conjunto *fuzzy*. Quanto mais critérios de avaliação das variáveis existirem, mais regras existirão. Por exemplo para 5 critérios por variável, teriam de ser verificadas duzentas e quarenta e três regras, por variável. Cada regra é definida da seguinte forma:

- Se critério 1 = A e critério 2 = B e ... critério 5 = E, então a variável 1 = X

Para se obter o total das 243 regras por função, foi utilizado uma função em linguagem *Python*, que permite chegar a este resultado de forma facilitada e com maior precisão, o que trouxe como vantagem o facto de não ficar nenhuma regra esquecida. Para isto foi utilizada a seguinte função:

```
“import itertools from pprint import pprint inputdata = [ ['a', 'b', 'c'], ['d'], ['e', 'f'], ] result = list(itertools.product(*inputdata)) pprint(result)”
```

Com o resultado obtido, colocaram-se todas as possibilidades numa folha de Excel, sendo as mesmas posteriormente analisadas uma a uma, de forma a criar um modelo robusto. Podemos verificar um exemplo destas regras através da Tabela 4 (notar que os valores são melhores quanto menor o resultado do critério).

Tabela 4 - Excerto de todas as combinações de regras possíveis  
Fonte: Elaboração própria

Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Nível <i>lean</i> da variável
Alto	Alto	Alto	Baixo	Médio	Nada <i>Lean</i>
Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Pouco <i>Lean</i>
Alto	Alto	Médio	Alto	Baixo	Nada <i>Lean</i>
Alto	Alto	Médio	Baixo	Médio	Pouco <i>Lean</i>
Alto	Alto	Médio	Baixo	Baixo	<i>Lean</i>

## 4.7. Resultados obtidos

A obtenção do nível *lean*, deriva dos resultados reais obtidos para cada critério da organização em estudo. De forma a simplificar os passos do modelo, até aqui explicados, podemos verificar a Figura 35.

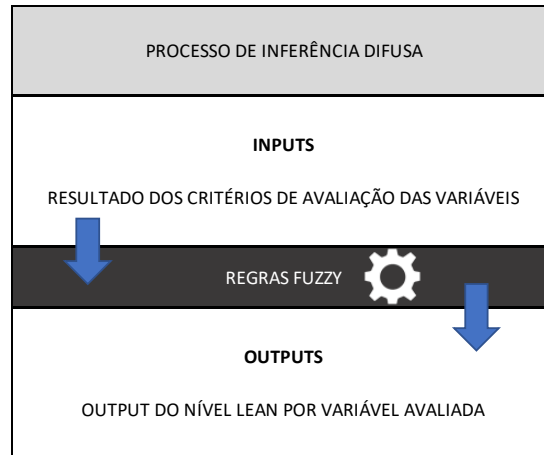


Figura 35 - Resumo do modelo  
Fonte: Elaboração própria

Após se obter os outputs por variável, e para se perceber qual o nível *lean* da área, optou-se por proceder-se à média dos outputs gerados para as várias variáveis em estudo de forma a obter o nível *lean* das atividades da área estudada. Optou-se por adotar este método, à semelhança dos modelos mencionados nos capítulos anteriores. Ao nível *lean*, denominou-se de *score*, sendo este o valor numérico obtido pelo modelo *fuzzy logic*, após o processo de desfuzzificação.

$$Score_{Atividade\ n} = \frac{Score_{Variável\ 1} + Score_{Variável\ 2} + Score_{Variável\ N}}{Total} \quad (16)$$

Após a obtenção do nível *lean* para cada atividade, procede-se ao cálculo da média dos *scores* das atividades totais, obtendo-se um único valor que irá representar o nível *lean* global da Área estudada ( $Score_{Área}$ ).

$$Score_{Área} = \frac{Score_{Atividade\ 1} + Score_{Atividade\ 2} + Score_{...} + Score_{Atividade\ n}}{Total\ de\ atividades} \quad (17)$$

A utilização da média aritmética dos vários valores utilizados, para a obtenção de um único *score*, deriva do modelo de Behrouzi e Wong, que utiliza este método para obter um único grau *lean* para o seu modelo.

A fase final do modelo, consiste na utilização do mesmo esquema de apresentação do nível *lean* para cada atividade através de um gráfico radar, tal como aplicado pelos vários autores mencionados nos modelos apresentados do capítulo 3. Após a obtenção de todos os *scores* por atividade, ou nível *lean* por atividade, procede-se à colocação dos mesmos, num gráfico em radar, permitindo uma análise visual dos departamentos com níveis *lean* superiores e inferiores. Desta forma, e numa fase posterior, poderá se priorizar, atividades com *scores* inferiores, conseguindo ou não aumentando o nível *lean* destes, numa tentativa de melhorar o nível *lean* global da área em estudo. No entanto para uma possível melhoria do nível *lean* global da organização, é necessário, perceber quais os departamentos com possibilidade de crescimento, através do estudo da possibilidade de incrementar o nível dos critérios dentro de cada variável. Este estudo deverá ser feito cautelosamente, uma vez que o incremento de um estado de determinado critério, poderá envolver custos para a organização. Podemos verificar na Figura 36, um gráfico radar, que serve apenas para visualização da aplicação do modelo no capítulo seguinte, sendo que os dados nele contidos, não representam a realidade, mas apenas a título de exemplo.

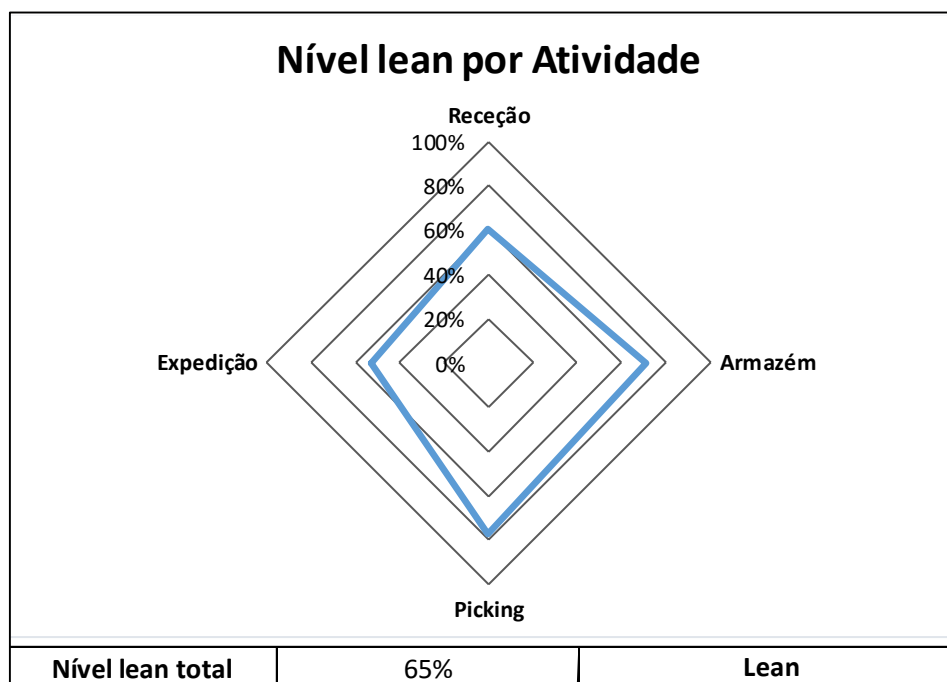


Figura 36 - Gráfico radar (exemplo)  
Fonte: Elaboração própria

O modelo criado, tem por base a utilização de um método qualitativo, na perspetiva em que é necessária ter alguma sensibilidade quanto ao dia a dia laboral de algumas atividades e também uma componente quantitativa, uma vez que procura utilizar dados reais que a organização tenha para calcular o nível *lean* da organização. Podemos verificar através da Figura 37 um resumo do modelo descrito nos pontos acima.

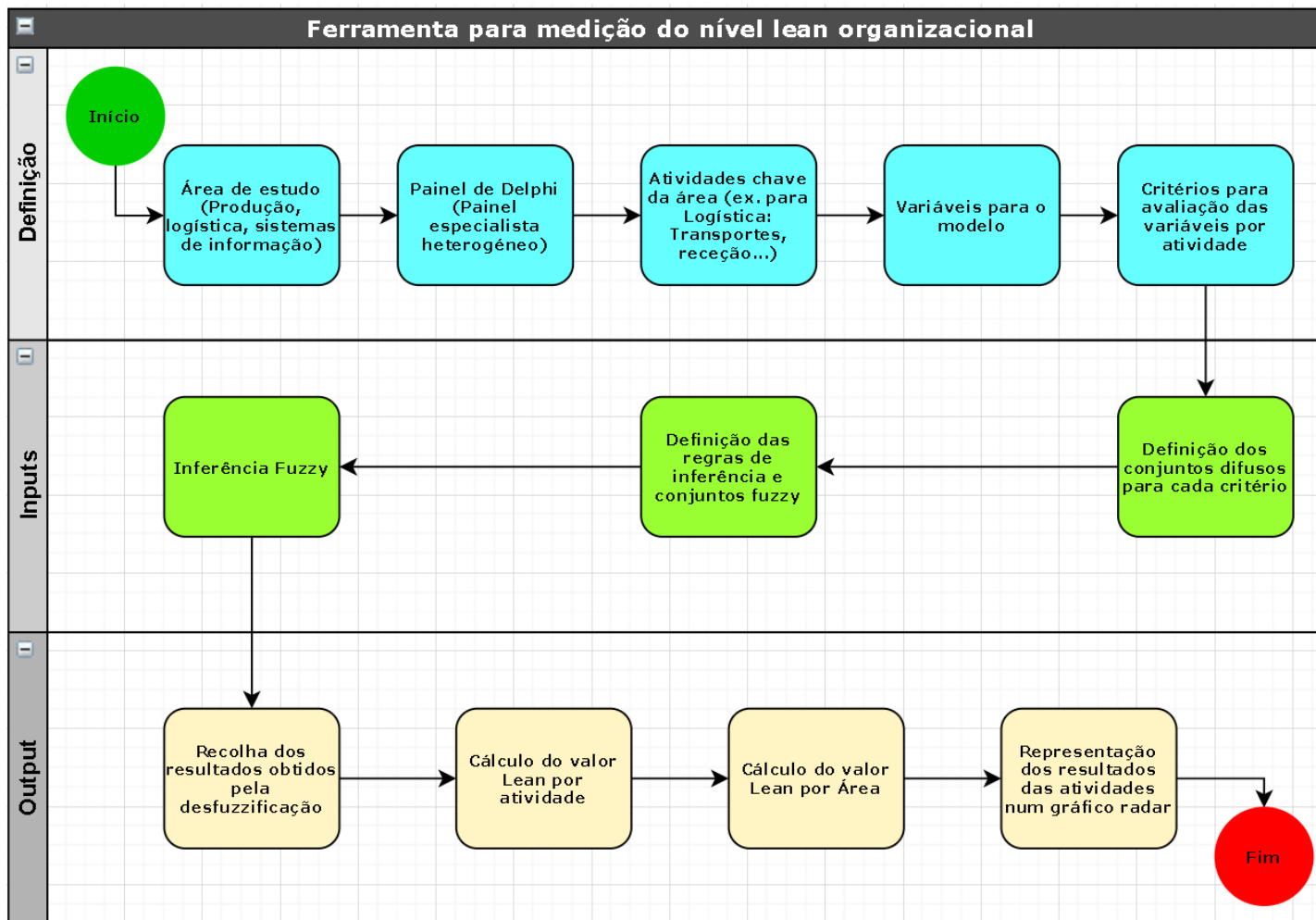


Figura 37 - Resumo do modelo  
Fonte: Elaboração própria

## 5. Caso de estudo

A aplicação do modelo criado, foi realizado na empresa *Vision-box*<sup>®</sup>. A *Vision-box*<sup>®</sup> encontra-se sediada em Lisboa, Portugal. Foi fundada em 2005, por Bento Correia e Miguel Leitmann, tendo nascido como uma organização de soluções de vigilância através da análise inteligente de dados de vídeo. A *Vision-box*<sup>®</sup> é uma empresa multinacional dedicada atualmente em melhorar a qualidade, conveniência, eficiência e segurança em serviços do governo, aeroportos, controlo de fronteiras e instalações inteligentes. Atualmente é um parceiro com elevado nível de confiança e lealdade à marca, servindo os mais prestigiados aeroportos, companhias aéreas, governos e outras entidades privadas.

A empresa detém duas localizações, nomeadamente a sede que se encontra localizada em Alfragide, com um espaço de cerca de 1890 m<sup>2</sup> e a fábrica que se localiza em São Domingos de Rana com um espaço de cerca de 6100 m<sup>2</sup>.

A realização do modelo foi feita na fábrica da *Vision-box*<sup>®</sup>, localizada em São Domingos de Rana. A fábrica está distribuída maioritariamente em duas partes, nomeadamente a parte da logística e da produção. O modelo foi somente aplicado a área da logística uma vez que se dispunha de mais dados para a realização do mesmo.

### 5.1. Descrição do fluxo da fábrica

O ciclo de produção tem início a partir do momento em que a mercadoria entra no armazém através da zona do “*Receiving*” ou Receção. Neste local, é dada entrada aos produtos recebidos, sendo os mesmos, sempre que necessário, avaliados por uma equipa de qualidade para garantir a conformidade da matéria-prima recebida do fornecedor. Caso a matéria-prima se encontre em conformidade, passa para a próxima etapa do processo, já para a matéria-prima que não esteja em conformidade, a mesma permanece numa zona específica perto do “*Receiving*”, até que sejam levantados ou devolvidos ao fornecedor.

Para os produtos em conformidade, o próximo local que estes irão ocupar será o armazém. Uma equipa do armazém irá responsabilizar-se em tratar de localizar estes materiais em sistema e fisicamente em “*locators*” ou localização específica. Após a colocação destes produtos em sistema e nos *locators* designados, os mesmos poderão ser consultados pela equipa de planeamento que irá gerar as listas de “*picking*” dos mesmos, para a produção de projetos.

Após a criação e lançamento dos *jobs* que contêm as listas de matéria-prima para separação por parte da equipa de *picking*, esta imprime os mesmos e dá início ao processo de separação das

peças necessárias. A equipa de *picking* é responsável por realizar a separação dos materiais solicitados nas listas de *picking* (ou *Job*) e posteriormente transferi-los fisicamente e informaticamente a zona de produção. Os *Jobs* são ordens de produção para os produtos que constituem o projeto.

Quando a produção recebe os materiais abastecidos pela equipa de *picking*, dá-se o início da conversão das matérias-primas no produto final. Em simultâneo com a finalização da produção dos produtos, a equipa de produção irá fechar os *jobs* lançados pela equipa de planeamento, sendo que estes produtos irão passar posteriormente para uma fase de testes.

Após o fecho dos *jobs* e finalização da produção, os equipamentos são testados por uma equipa de inspetores que irá passar ou reprovar o produto. Para esta avaliação, o produto terá de obedecer a uma série de requisitos internos (da empresa) como externos (por parte do cliente) e caso passe, então os inspetores, irão finalizar o processo de produção, através de um passo em sistema que irá disponibilizar os produtos acabados em sistema, ou seja, a indústria irá ter visibilidade não da matéria-prima, mas sim do produto acabado.

Quando este passo é feito, a equipa de expedição, dá início ao seu processo, para isso verifica os números de série dos equipamentos dos produtos acabados do sistema face aos disponibilizados fisicamente. Após verificação dos números de série, dão procedimento à fase de embalamento que deverá ir ao encontro com o pedido de envio elaborado pelo *project manager*. Após a preparação do envio, embalamento e preparação de toda a documentação, procede-se ao envio do produto acabado para o cliente, terminando assim o ciclo de produção da *Vision-box*®. Podemos verificar na Figura 38, um esquema do processo simplificado para melhor perceção do processo desde a Receção até a expedição.

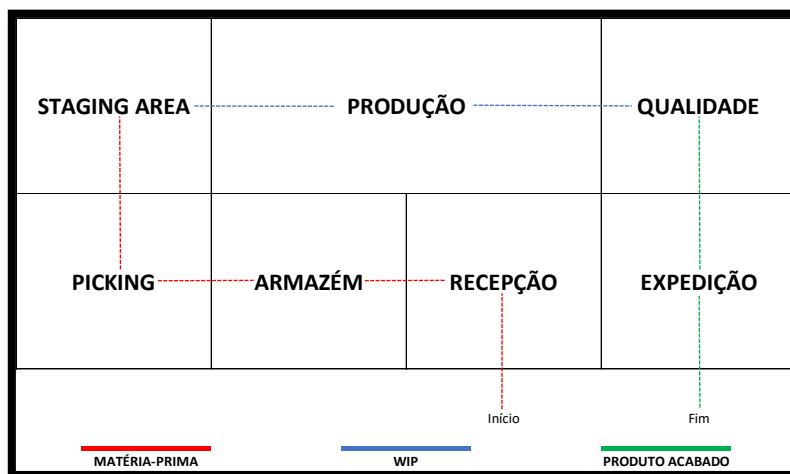


Figura 38 - Percurso dos materiais até produto acabado na fábrica  
 Fonte: Elaboração própria

## 5.2. Aplicação Ferramenta de medição do nível *lean* organizacional

A ferramenta de medição do nível *lean* organizacional, foi aplicada na área da logística da *Vision-box*<sup>®</sup>. A escolha da área a estudar foi debatida com alguns membros da gestão, que pretendiam também incrementar o processo de melhoria contínua na área da logística. Recentemente a empresa mudou de instalações devido ao crescente fluxo de produção e às condições onde a mesma operava, o que levou a concluir que a organização se encontra numa fase de crescimento. De forma a corrigir todos os entraves que sofriam nas instalações anteriores, melhoraram-se os processos e fluxos, no entanto, constatou-se que a área da logística, não tenha sofrido as mesmas alterações que a área da produção.

Uma vez decidida a área a estudar, formou-se o Painel de Delphi para a aplicação do modelo, tendo a mesma sido composta por sete membros, nomeadamente, a gestora da área da logística, os supervisores de expedição e de armazém e os *team* líderes de cada atividade de logística da área, conforme Figura 39

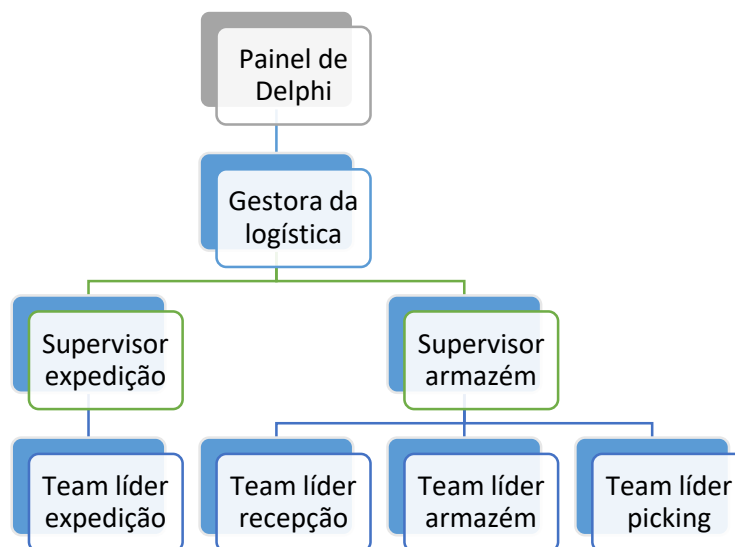


Figura 39 - Constituição do painel de Delphi  
Fonte: Elaboração própria

Uma vez que as atividades nesta empresa já se encontram subdivididas conforme a designação dos *team* líderes, optou-se por estudar as atividades da receção, armazenagem, picking e por fim a expedição.

A área da logística é uma área com bastantes atividades e o bom funcionamento das mesmas é crucial para o bom funcionamento da empresa no geral. Processos como, a entrada do material

em armazém, a sua validação, o envio de materiais e produtos acabados para outros locais, a passagem de material entre departamentos, etc... Todas estas funções são a logística, noutras palavras a logística é responsável pela gestão de fluxos. Em ambiente de serviços, também existe a aplicação da logística, no entanto, esta gestão de fluxos estará mais relacionada com a gestão da informação. Uma vez que a aplicação deste modelo, será feita numa indústria, deu-se um maior ênfase a fluxos com intervenção física.

A receção é responsável por várias funções, nomeadamente, a receção dos materiais em questão, a sua validação e encaminhamento para o departamento seguinte. O processo da receção de materiais, engloba tarefas como validação de quantidades de material recebido, remoção da embalagem, validação de números de série, posterior entrada em sistema, tratamento de processos relacionados com logística inversa, especialmente devolução de materiais danificados a fornecedores.

Já a atividade de armazenagem, consiste em todo o processo após a receção dos materiais. Esta função realiza várias funções, nomeadamente a arrumação dos materiais nos locais físicos definidos, alteração de localizações do material e por fim garantir que o fluxo físico corresponde ao fluxo informacional.

O *picking*, por sua vez tem como responsabilidades, realizar as tarefas de separação no armazém, alimentando a linha de produção de forma que seja possível, ter o produto final acabado. O *picking* realiza tarefas como a separação do material da lista providenciada pelo planeamento, seguimento de material em falta, na linha de produção e trocas de material danificado em linha de produção.

Por fim a atividade da expedição, é uma das mais importantes, uma vez que tem contacto direto com o cliente. A expedição de produto final acabado e de outro tipo de material, consiste na realização de várias tarefas, tais como o embalamento de material, a preparação do material de envio, a preparação de documentação do material e também do agendamento de transportes, cumprindo com os *deadlines* estabelecidos.

### 5.3. Variáveis a aplicar no modelo

O próximo passo do modelo, consiste na definição das variáveis a estudar para medir o nível *lean* da área. Após validação dos sete desperdícios por parte do painel de Delphi, chegou-se à conclusão de que as variáveis a estudar deveriam de ser ajustadas o mais possível da área da logística.

Uma vez que o modelo a desenvolver, incide-se sobre duas áreas fundamentais, nomeadamente o da filosofia *lean* e da logística, optou-se pela utilização do trinómio da logística, mencionado nos capítulos anteriores, que é composto pelas variáveis custo, qualidade e tempo.

A escolha destas variáveis deriva do facto de as mesmas estarem diretamente relacionadas com as sete variáveis, nomeadamente, o excesso de produção, os tempos de espera, transporte, excesso de processamento, inventário, movimentação desnecessária e por fim os defeitos.

A variável custo, representa os custos derivados da atividade logística que a empresa tem. Este deverá ser minimizado, conseguindo em simultâneo manter os requisitos do nível de serviço pretendido pelo cliente.

A variável qualidade, representa o nível de serviço requerido pelo cliente, tanto interno como externo. Este deverá sempre de ir ao encontro com o nível de qualidade pretendido pelo cliente. Em simultâneo, com a maximização desta variável, a variável custo deverá tentar manter-se o menor possível. Entram nesta variável, desperdícios derivados de defeitos e danos que se apresentam nas operações diárias da logística.

Por fim, a variável tempo, diz respeito a eficiência operacional das operações logísticas. É nesta variável que iremos verificar desperdícios que não acrescentam qualquer valor, tal como movimentações entre estações de trabalho, tempos de espera entre operações, etc. Esta variável também deverá ser minimizada, a fim de maximizar o aproveitamento dos recursos disponíveis.

A utilização destas variáveis, tem por base as variáveis utilizadas no estudo de Behrouzi e Wong, mencionado no capítulo 3, uma vez que os autores relacionaram estas variáveis com o seu estudo para avaliar o nível de desperdício.

O objetivo será trabalhar ao menor custo possível, mantendo a qualidade necessária requerida pelo cliente e em simultâneo, ser eficiente a nível de tempo, isto é, realizar tarefas no tempo certo cumprindo com os *deadlines* desejados pelo cliente. Em suma, o objetivo será avaliar o nível *lean* de cada função através destas variáveis e consequentemente realizar uma interpretação dos resultados obtidos e eliminar tarefas sem valor acrescentado, conseguindo melhorar o nível *lean* para cada função. De forma a criar um conceito visual do que terá sido definido até este ponto do modelo, podemos verificar a Figura 40.

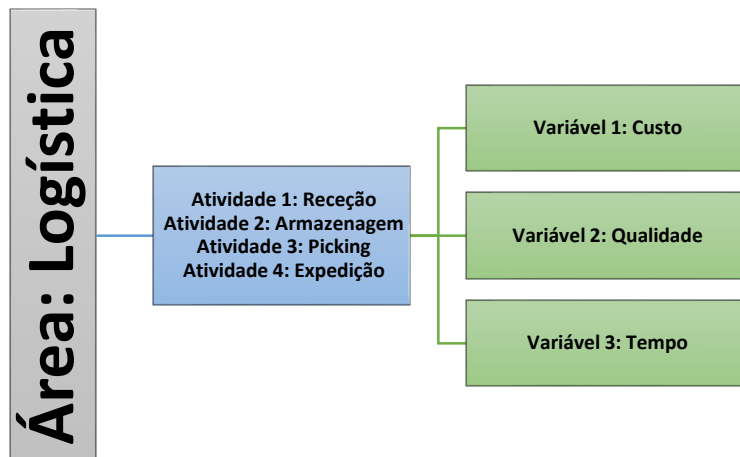


Figura 40 - Aplicação inicial do modelo  
 Fonte: Elaboração própria

#### 5.4. Definição dos critérios por variável a utilizar

Para a definição dos critérios de avaliação, o painel seguiu o exemplo mencionado no capítulo anterior e optou por utilizar cinco critérios de avaliação por variável, para cada atividade da área da logística a estudar, conforme podemos verificar na Figura 41.



Figura 41 - Critérios a utilizar por variável  
 Fonte: Elaboração própria

Por exemplo na atividade da expedição, para a variável custo foram definidos os cinco seguintes critérios: Custo de perda de materiais, danificação de peças, mão de obra extra, transportes urgentes e por fim, consumíveis perecíveis.

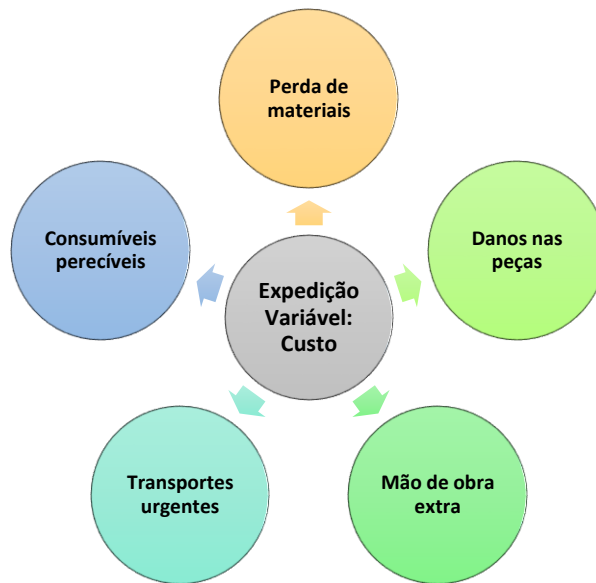


Figura 42 - Critérios definidos para a Expedição, variável – Custo  
 Fonte: Elaboração própria

O custo de perda de materiais, diz respeito, tal como o nome indica ao custo proveniente da perda de materiais, durante por exemplo um transporte ou mesmo dentro da própria operação logística de pré-envio. Quando se perde um material, em princípio, esta terá de ser reposta e desta forma, existe um custo associado a esta perda. Quanto maior for o valor do material, maior será o impacto.

Para o critério do custo de danos de materiais, que diz respeito ao custo proveniente da danificação de materiais, este mais uma vez, poderá ocorrer antes de um envio, durante um envio e até mesmo quando chega ao destino final. Os danos de material obrigam que exista um novo custo associado a reparação ou substituição dos mesmos.

Sempre que existe a necessidade de se obter mão de obra extra, ou seja, necessidade dos colaboradores trabalharem fora do horário expediente ou existe a necessidade de contratação de uma entidade externa para a realização de determinada tarefa, estamos perante um custo adicional relacionado com mão de obra não previsto. A necessidade ocorrente da contratação de mão de obra extra significa que não temos capacidade operacional suficiente para a realização das tarefas necessárias, o que obriga a termos um custo adicional para aumentarmos a nossa capacidade de execução de tarefas.

Com a crescente necessidade de se obter matéria-prima a tempo, e de forma que os trabalhos possam ser realizados dentro dos *lead times* previstos com o cliente, muitas vezes existe a necessidade de se contratar transportes urgentes. O mesmo acontece sempre que existem atrasos na produção e existe a necessidade urgente de exportar produto acabado para os clientes. A falta

de planejamento e de percepção de urgência, poderão aumentar este custo, sendo o mesmo, muito superior a um custo de um transporte normal.

Por fim, temos o custo associado aos consumíveis para embalagem de produto acabado, tais como, caixas, fita-cola, etc., quando utilizados e não de forma definitiva (como por exemplo os retrabalhos, que exigem a abertura das caixas e remoção dos consumíveis utilizados), representam dois tipos de custo. O primeiro diz respeito ao custo de oportunidade, uma vez que a mesma não poderá ser mais utilizada e o seu custo foi assim pago em vão. Por outro lado, temos o custo associado ao tratamento de resíduos e escoamento deste material.

Para as restantes duas variáveis, nomeadamente, qualidade e tempo, foram definidos mais cinco critérios para cada um dos mesmos. Foram criados um total de sessenta critérios, subdivididos por variável por atividade, conforme Figura 43. Todos os critérios por variável e por atividade, poderão ser vistos no Anexo 3.

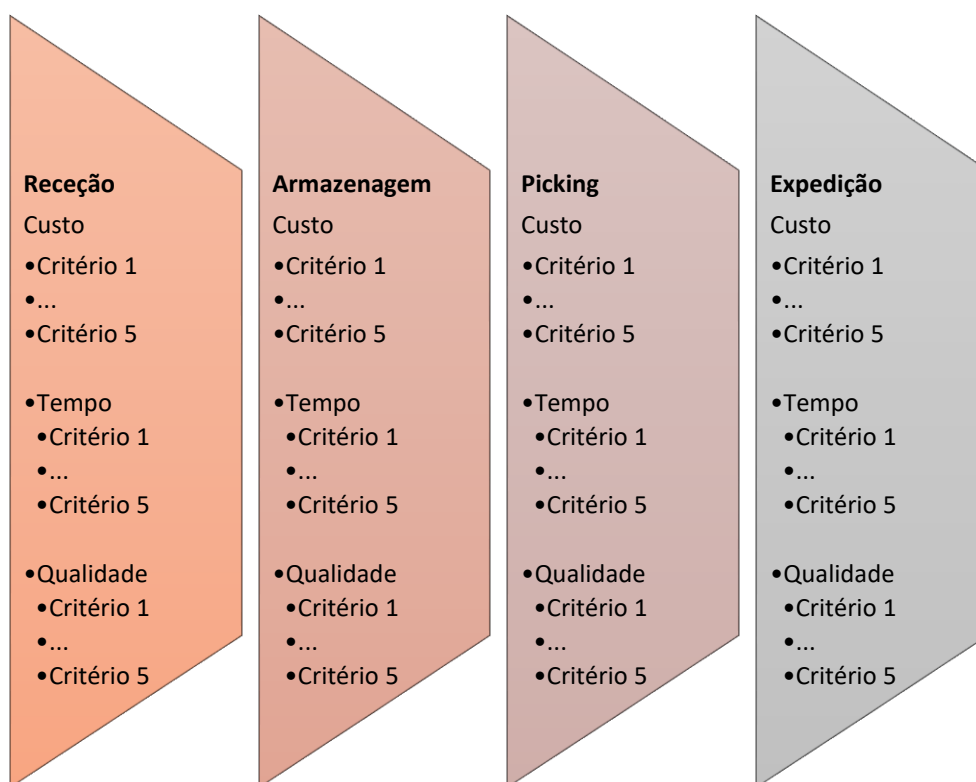


Figura 43 - Critérios por variável por atividade  
Fonte: Elaboração própria

## 5.5. Definição dos conjuntos difusos

Após definição dos critérios a utilizar para cada variável, procedeu-se à definição dos conjuntos difusos para cada um dos critérios definidos. Para cada critério foram definidos três conjuntos conforme tabela abaixo:

Tabela 5 - Definição dos conjuntos difusos  
Fonte: Elaboração própria

Conjunto Difuso	Resultado
[Valor a - Valor b]	Alto
[Valor c - Valor d]	Médio
[Valor e - Valor f]	Baixo

Uma vez que as variáveis escolhidas se encontram relacionadas com o trinómio da logística, procuraram-se indicadores que possam tomar a mesma direção de avaliação, ou seja, procurou-se utilizar a mesma escala de avaliação para todos os critérios, ou seja, quanto menor o valor do indicador, melhor será a sua performance.

Caso o resultado obtido se encontre entre o “Valor a” e o “Valor b”, então o desempenho deste critério encontra-se muito baixo, ou seja, caso a variável a estudar fosse o tempo, então o tempo a desempenhar determinada tarefa seria considerado “Alto”.

Para o conjunto “Valor c” e o “Valor d”, utilizando o mesmo exemplo anterior, caso o resultado se encontre entre este valor então o tempo para este critério seria considerado “Médio”.

Por fim, para o conjunto “Valor e” e o “Valor d”, teríamos um resultado para este critério de um tempo de determinado indicador “Baixo” o que seria considerado bom.

Para a definição dos conjuntos difusos, foram verificados todos os critérios definidos pelo painel, e estabelecidos limites para cada um desses critérios, conforme o exemplo da tabela abaixo.

Tabela 6 - Definição dos conjuntos difusos  
Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	Critérios	Resultados	Conjunto difuso			Unidades	Resultado do trimestre
				Mínimo	Médio	Máximo		
Receção	Custo	Custo derivado da perda de materiais	Alto	18000	26500	35000	€/Trimestre	22000
			Médio	3000	11500	20000		
			Baixo	0	2000	4000		
		Custo derivado da danificação de materiais	Alto	3500	5250	7000	€/Trimestre	4368
			Médio	1500	2750	4000		
			Baixo	0	1000	2000		
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5750	8000	€/Trimestre	1310
			Médio	2000	3000	4000		
			Baixo	0	1250	2500		
		Custo de material (Etiquetas, filme, sacos, etc)	Alto	280	440	600	€/Trimestre	57
			Médio	180	240	300		
			Baixo	0	100	200		
Custo relacionado com embalagem de material a devolver	Alto	2,5	3,75	5	Valor médio em € por embalagem/trimestre	4		
	Médio	1,5	2,25	3				
	Baixo	0	1	2				

Uma vez que a maioria dos modelos estudados, apresentam escalas de zero a um ou então de zero a dez, procedeu-se a conversão dos conjuntos difusos definidos para uma escala de zero a um. Esta conversão foi realizada da seguinte forma, o valor mais elevado do resultado “Alto” representa na escala um zero, em contrapartida, um valor com um resultado de mínimo do conjunto difuso “Baixo”, representa um valor de um. Quanto maior for este valor, melhor será o desempenho da organização quanto a determinado critério. Podemos verificar na tabela abaixo, um excerto dos conjuntos difusos adaptados para os critérios escolhidos.

Tabela 7 - Conjuntos difusos adaptados  
Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	Critérios	Resultados	Conjunto difuso			Conjunto difuso adaptado			Unidades
				Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	
Receção	Custo	Custo derivado da perda de materiais	Alto	18000	26500	35000	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	3000	11500	20000	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	2000	4000	0,6	0,8	1	
		Custo derivado da danificação de materiais	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1	
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5750	8000	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	2000	3000	4000	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1250	2500	0,6	0,8	1	
		Custo de material (Etiquetas, filme, sacos, etc)	Alto	280	440	600	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	180	240	300	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	100	200	0,6	0,8	1	
		Custo relacionado com embalamento de material a devolver	Alto	2,5	3,75	5	0	0,2	0,4	Valor médio em € por embalamento/trimestre
			Médio	1,5	2,25	3	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1	

Encontram-se no Anexo 1, todos os conjuntos difusos definidos por critério de avaliação.

## 5.6. Definição das regras de inferência

Uma vez que existem cinco critérios por variável, foram verificadas duzentas e quarenta e três regras por variável conforme excerto da tabela 8 (pode ser verificada no Anexo 2):

Tabela 8 - Definição das regras de inferência  
Fonte: Elaboração própria

Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Nível <i>lean</i> da variável
Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Muito <i>Lean</i>
Médio	Baixo	Alto	Alto	Alto	Nada <i>Lean</i>
Médio	Baixo	Alto	Alto	Médio	Pouco <i>Lean</i>
Médio	Baixo	Alto	Alto	Baixo	<i>Lean</i>

Para o output gerado pelo processo de desfuzzificação, foram definidos os seguintes conjuntos:

Tabela 9 - Output gerado pela desfuzzificação  
Fonte: Elaboração própria

Resultado da desfuzzificação	
[0 - 0,25]	Nada <i>Lean</i>
[0,26 - 0,5]	Pouco <i>Lean</i>
[0,51 - 0,75]	<i>Lean</i>
[0,76 - 1]	Muito <i>Lean</i>

O processo de inferência *fuzzy*, foi feito com auxílio do software *Matlab*, com o módulo “*Fuzzy*”, inserido no próprio software.

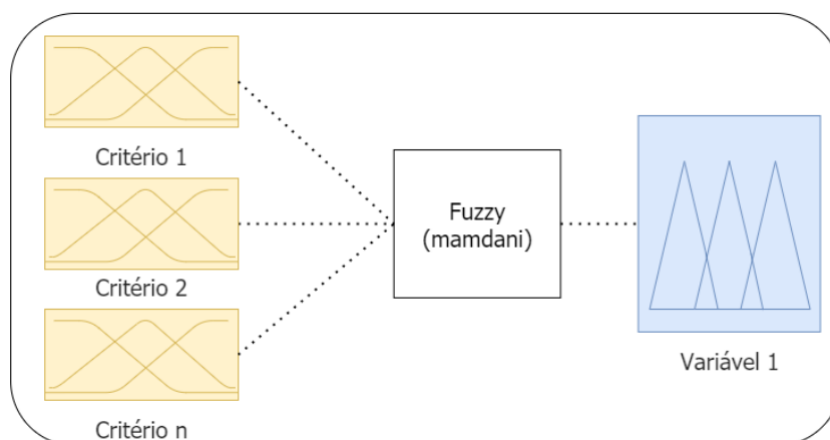


Figura 44 - Criação do modelo Fuzzy em Matlab  
Fonte: Elaboração própria

No modelo em *Matlab*, que pode ser verificado na Figura 44, nos retângulos a amarelo, podemos verificar os nossos inputs, que neste caso serão os nossos critérios. No quadrado a azul, teremos a nossa variável Custo. Após o processo de desfuzzificação, e com base na Tabela 9, será possível perceber quão *lean* é a organização face a esta variável para determinada atividade.

Por fim, foram inseridos em *Matlab* todas os critérios de avaliação por variável, distribuídas pelas quatro atividades em estudo, e as respectivas regras de inferência para o processo de fuzzificação e posterior desfuzzificação. Podem ser verificadas todas as regras criadas em matlab no Anexo 4.

## 5.7. Processo de inferência fuzzy

Para dar início ao processo de inferência fuzzy, foi necessário proceder à recolha de dados de todos os critérios a avaliar. Para o processo de recolha de dados, optou-se por escolher um período de 3 meses (2020), nomeadamente, abril, maio e junho, uma vez que a empresa em questão trabalha por “trimestre”. Desta forma e para seguir as práticas comuns da organização optou-se por este período de tempo de análise.

Os dados obtidos, foram recolhidos internamente e também facultados pelos diversos responsáveis pelos critérios a avaliar. Podemos verificar os resultados obtidos desta recolha de dados no anexo 3. A título de exemplo podemos verificar um excerto deste anexo na Tabela 10.

Tabela 10 - Resultados da recolha de dados  
 Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	Crítérios	Unidades	Resultado do trimestre
Receção	Custo	Custo derivado da perda de materiais	€/Trimestre	22000
		Custo derivado da danificação de materiais	€/Trimestre	4368
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	€/Trimestre	1310
		Custo de material (Etiquetas, filme, sacos, etc)	€/Trimestre	57
		Custo relacionado com embalagem de material a devolver	Valor médio em € por embalagem/trimestre	4

Posteriormente à fase de recolha de dados, transformaram-se os dados obtidos, de forma a coincidirem com a escala de zero a um, utilizada para definição dos conjuntos difusos, conforme exemplo abaixo.

Tabela 11 - Conversão dos resultados obtidos  
 Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	Crítérios	Unidades	Resultado do trimestre	Resultado adaptado
Receção	Custo	Custo derivado da perda de materiais	€/Trimestre	22000	0,37
		Custo derivado da danificação de materiais	€/Trimestre	4368	0,38
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	€/Trimestre	1310	0,84
		Custo de material (Etiquetas, filme, sacos, etc)	€/Trimestre	57	0,91
		Custo relacionado com embalagem de material a devolver	Valor médio em € por embalagem/trimestre	4	0,23

Depois de se obter o resultado adaptado, deu-se início ao processo de inferência *fuzzy*. Para isto utilizou-se o módulo “*Rules*” que se encontra inserido no *Matlab*, dentro da subaplicação “*Fuzzy*”.

A colocação dos dados obtidos na organização, deverá ser feita na janela “*rules*” do modelo criado no *Matlab*, conforme Figura 45.

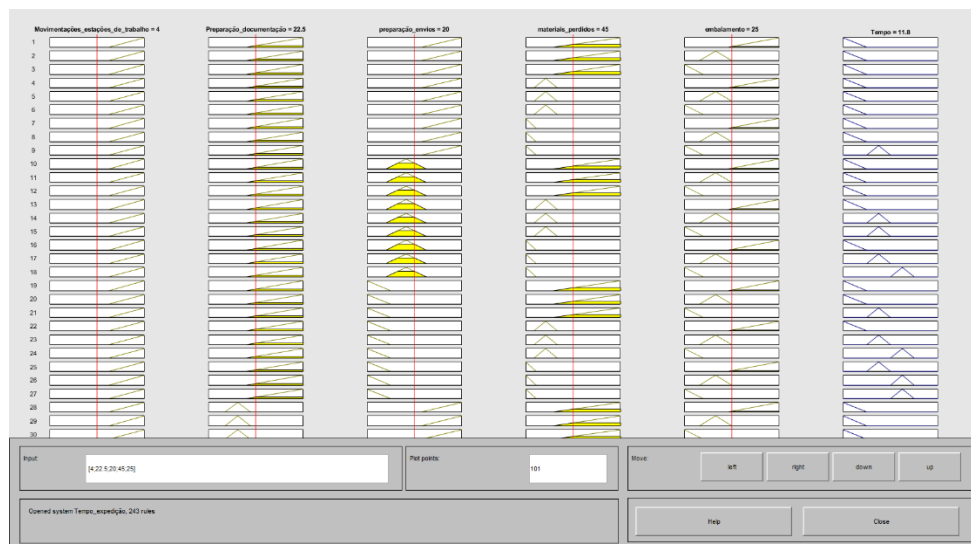


Figura 45 - Matlab ("Rules")  
 Fonte: Matlab, (2020)

No módulo “*Rules*”, faz-se a introdução dos dados recolhidos adaptados à escala de avaliação *lean* definida, e o *Matlab* irá proceder ao processo de inferência *fuzzy*, disponibilizando no final o output gerado através do processo de desfuzzificação. Procedeu-se à inserção dos dados recolhidos adaptados, no modelo modulado em *Matlab*, obtendo posteriormente os seguintes valores do processo de desfuzzificação:

Tabela 12 - Output gerado pelo processo de desfuzzificação  
 Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	<i>Output</i> de desfuzzificação
Receção	Custo	0,563
	Qualidade	0,625
	Tempo	0,625
Armazenagem	Custo	0,50
	Qualidade	0,625
	Tempo	0,625
Picking	Custo	0,818
	Qualidade	0,875
	Tempo	0,625
Expedição	Custo	0,472
	Qualidade	0,50
	Tempo	0,625

Após completado este passo, foram obtidos vários outputs para cada uma das três variáveis utilizadas no estudo do nível *lean* de cada uma das atividades.

## 5.8. Cálculo do nível *lean* por atividade

O cálculo do nível *lean* para cada atividade, tem por base os outputs gerados pelo processo de inferência e desfuzzificação do modelo criado. O próximo passo do modelo consiste na obtenção do resultado *lean* por atividade, no entanto antes de se proceder ao cálculo, é necessário converter os *outputs* gerados da Tabela 12, em resultados sob a forma de percentagem, de forma que a sua leitura fosse mais clara, obtendo-se os seguintes resultados:

Tabela 13 - Conversão dos outputs em %  
Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	Output de desfuzzificação	%
Receção	Custo	0,563	56,3%
	Qualidade	0,625	62,5%
	Tempo	0,625	62,5%
Armazenagem	Custo	0,5	50,0%
	Qualidade	0,625	62,5%
	Tempo	0,625	62,5%
Picking	Custo	0,818	81,8%
	Qualidade	0,875	87,5%
	Tempo	0,625	62,5%
Expedição	Custo	0,472	47,2%
	Qualidade	0,5	50,0%
	Tempo	0,625	62,5%

Posteriormente a este passo, calculou-se então o nível *lean* por cada atividade, utilizando para isso a fórmula 18, que corresponde à média dos três outputs gerados por atividade.

$$Nível\ lean_{Atividade} = \frac{Output_{Custo} + Output_{qualidade} + Output_{tempo}}{Total\ de\ Outputs\ (por\ atividade)} \quad (18)$$

$$Nível\ lean_{Recepção} = \frac{56,3\% + 62,5\% + 62,5\%}{3}$$

$$Nível\ lean_{Recepção} = 60,4\%$$

Procede-se ao cálculo dos níveis *lean* para cada uma das outras três atividades, obtendo-se os seguintes níveis *lean*:

Tabela 14 - Níveis *lean* por atividade  
 Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	nível <i>lean</i> da variável	Nível <i>lean</i> por atividade
Receção	Custo	56,3%	60,4%
	Qualidade	62,5%	
	Tempo	62,5%	
Armazém	Custo	50,0%	58,3%
	Qualidade	62,5%	
	Tempo	62,5%	
Picking	Custo	81,8%	77,3%
	Qualidade	87,5%	
	Tempo	62,5%	
Expedição	Custo	47,2%	53,2%
	Qualidade	50,0%	
	Tempo	62,5%	

Com base nos resultados e na escala dos outputs gerados pelo processo de desfuzzificação ([0; 0,25] – Nada *Lean*, [0,26; 0,5] – Pouco *Lean*, [0,51; 0,75] – *Lean*, [0,76; 1] – Muito *Lean*), procedeu-se à classificação de cada um dos níveis *lean*, associados a cada atividade, nomeadamente:

Tabela 15 - Classificação dos níveis *lean* por atividade  
 Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	nível <i>lean</i> da variável	Nível <i>lean</i> por atividade	Resultado
Receção	Custo	56,3%	60,4%	<i>Lean</i>
	Qualidade	62,5%		
	Tempo	62,5%		
Armazém	Custo	87,5%	70,8%	<i>Lean</i>
	Qualidade	62,5%		
	Tempo	62,5%		
Picking	Custo	81,8%	77,3%	Muito <i>Lean</i>
	Qualidade	87,5%		
	Tempo	62,5%		
Expedição	Custo	47,2%	53,2%	<i>Lean</i>
	Qualidade	50,0%		
	Tempo	62,5%		

## 5.9. Cálculo do nível *lean* da área

Após a obtenção de todos os níveis *lean* por atividade, procedeu-se ao cálculo do nível *lean* da área, nomeadamente para este caso em específico, da área da logística da *Vision-box*. Para isso recorreu-se de forma semelhante ao cálculo dos níveis *lean* por atividade, aplicando a fórmula 19:

$$Nível\ lean_{Logística} = \frac{Atividade_{Recepção} + Atividade_{Armazem} + Atividade_{Picking} + Atividade_{Expedição}}{Total\ de\ Atividades} \quad (19)$$

$$Nível\ lean_{Logística} = \frac{60,4\% + 70,8\% + 77,3\% + 53,2\%}{4}$$

$$Nível\ lean_{Logística} = 65,44\%$$

## 5.10. Representação dos resultados num gráfico radar

Por fim, os últimos passos do modelo pressupõem a colocação dos resultados obtidos num gráfico radar, permitindo que os utilizadores finais, possam fazer uma leitura visual do seu nível *lean* correspondente. Desta forma podemos ver através da Figura 46.

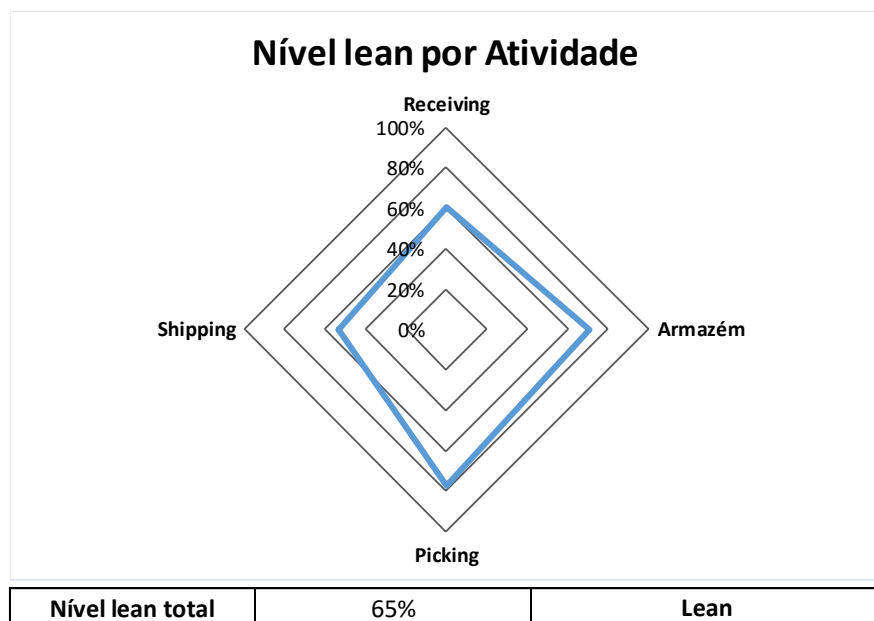


Figura 46 - Gráfico radar obtido  
Fonte: Elaboração própria

Através da figura acima, podemos verificar, que o nível *lean* do picking encontra-se a um nível superior às restantes atividades, sendo que de seguida, as atividades que apresentaram melhores níveis foram a armazenagem e o picking, sendo a atividade de expedição a que obteve um pior resultado. Podem ser verificados todos os resultados no Anexo 5.

Quanto ao nível *lean* da área estudada, nomeadamente da área da logística da *Vision-box*, verificou-se que o nível *lean* da área obteve um resultado positivo, sendo este correspondente a um nível *lean* de 65%, classificando a área da logística desta empresa como *lean*.

## 5.11. Análise dos resultados obtidos

Após a conclusão da aplicação do modelo criado, podemos verificar que existem atividades que contribuem mais e outras que contribuem menos para o resultado obtido na área da logística. Com um resultado muito positivo, temos a atividade do picking que obteve um nível *lean* de 77,3%, obtendo uma classificação de “Muito *Lean*”. De seguida temos a atividade da receção, que obteve um nível *lean* de 60,4%, correspondente a uma classificação de “*Lean*”. Por sua vez encontram-se com níveis *lean* mais baixos as atividades de armazém e de expedição com níveis *lean* correspondentes a 58,3% e 53,2%, obtendo em ambas as atividades uma classificação de “*Lean*”. Podemos verificar na Figura 47 um gráfico de barras que facilita a verificação dos níveis *lean* por atividade.

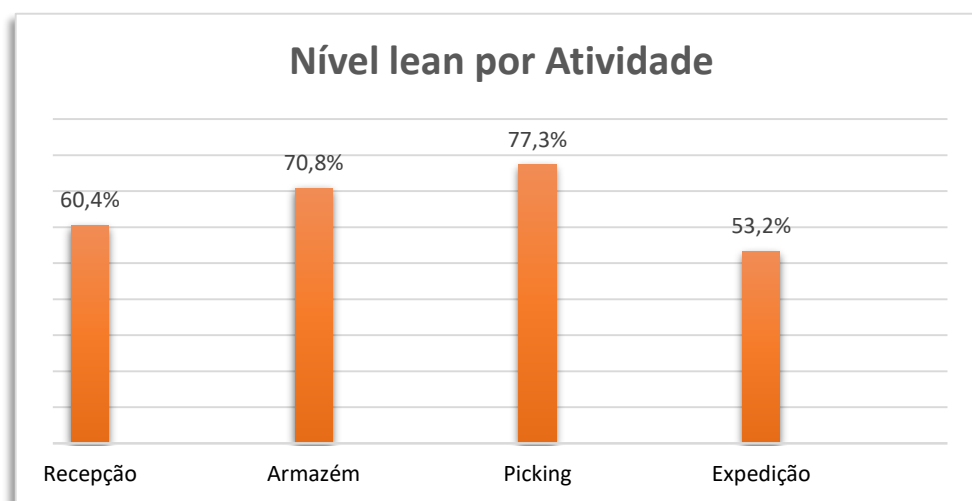


Figura 47 - Níveis *lean* por atividade  
Fonte: Elaboração própria

Para a atividade do picking, das três atividades avaliadas, a que teve um menor desempenho foi a variável tempo, apresentando um resultado de apenas 62,5%, conforme Tabela 16.

Tabela 16 - Resultados da avaliação da atividade "Picking"  
Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	nível <i>lean</i> da variável	Nível <i>lean</i> por atividade	Resultado
Picking	Custo	81,8%	77,3%	Muito <i>Lean</i>
	Qualidade	87,5%		
	Tempo	62,5%		

Podemos verificar que este resultado é obtido devido aos critérios de avaliação, “tempo gasto com movimentação do material em sistema” e “tempo gasto com verificação de listas de *picking* face aos *jobs* lançados pela equipa de planeamento”. O tempo médio gasto por movimentação em sistema, corresponde a cerca de três minutos, o que acomoda a um tempo elevado de acordo com o que terá sido definido pelo painel de *Delphi*. Isto acontece dado que existe uma perda enorme

de eficiência na movimentação de peças em sistema, sempre que é necessária a movimentação de peças com números de série. Já o tempo que se gasta com a verificação de listas de *picking*, face aos *jobs* lançados, corresponde em média a trinta minutos. Esta tarefa, é muito importante, uma vez que o stock em sistema não se encontra a 100% face ao *stock* físico. Desta forma muitas vezes, para o sistema, existe determinada peça que para o sistema existe, mas que, no entanto, quando se realiza o *picking* da mesma, é detetada uma falta sendo necessário perceber o porquê da mesma estar em falta e informar a equipa de planeamento acerca da falta da mesma para que se possa proceder à reposição das peças em falta.

Quanto às variáveis custo e qualidade, ambas obtiveram resultados muito satisfatórios, contribuindo bastante para o nível *lean* da atividade do *picking*. É importante mencionar que na variável custo existe um dos critérios com um valor muito elevado e que se enquadra no patamar médio/alto, de acordo com a escala definida, nomeadamente trata-se do critério do custo associado a perdas de materiais. Uma vez que se trata de um fluxo interno, pois o *picking* apenas realiza transferências de material entre produção e armazém, este valor não é bom, dado que o mesmo é muito elevado. As possíveis causas deste resultado, devem-se ao facto do material para produzir, ter alguns valores elevados e outra possível causa será as transferências físicas de material sem que existam transferências em sistema. Em relação à variável qualidade podemos verificar que existem dois critérios com valores muito próximos do patamar alto, que poderão diminuir o nível *lean* obtido pelo departamento, são os mesmos, a quantidade de materiais transferidos indevidamente e a quantidade de *jobs* cancelados. A primeira obteve um valor médio de duas referências por trimestre, que apesar de não parecer muito, é o suficiente para parar a linha de produção e atrasar toda a produção. Por outro lado, temos a quantidade de *jobs* cancelados, que após recolha dos dados do trimestre, se verificou que aconteceu 2 vezes. Os *jobs* cancelados, geram retrabalho, ou seja, todo o material separado para determinado *job*, quando este é cancelado, seja devolvido ao local onde estava previamente. Outro dano causado pelos *jobs* cancelados são os custos de oportunidade que os mesmos acarretam, ou seja, uma determinada referência separada para determinado projeto, no período de tempo em que a mesma se encontra na produção não poderá ser utilizada para outro fim.

De seguida temos a atividade da receção, classificada como uma atividade “*lean*” tendo obtido um nível *lean* de 60,4%.

Tabela 17 - Resultados da avaliação da atividade "Receção"  
Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	nível <i>lean</i> da variável	Nível <i>lean</i> por atividade	Resultado
Receção	Custo	56,3%	60,4%	<i>Lean</i>
	Qualidade	62,5%		
	Tempo	62,5%		

Na variável custo, e face aos cinco critérios definidos para sua avaliação, podemos verificar que existem pelo menos três critérios que apresentam resultados que poderiam ser melhores, nomeadamente o custo associado a perda de matérias, o custo associado à danificação de materiais e por fim os custos relacionados com os consumíveis gastos, para devoluções de material a fornecedor. O resultado médio apresentado no trimestre, para o primeiro critério, foi de 22 000€, que corresponde a matéria-prima perdida durante o trimestre e que não foram encontrados, obrigando a uma reposição dos mesmos posteriormente. Quanto ao segundo critério, obteve-se um valor de 4 368€ para danificação de materiais, que corresponde ao material danificado à receção, originando atrasos na produção e custos relacionados com a devolução dos mesmos a fornecedor. Poderá ainda ser necessário repor estes materiais sempre que não é possível a sua reparação, duplicando o valor da compra original. Por fim temos um custo médio de 3,86€ por embalagem de material a devolver a fornecedores, que envolve todo o valor gasto em consumíveis para o embalamento de material a ser devolvido, tais como, fita cola, filme estirável, caixas, etc.

Por fim, com resultados muito semelhantes e com classificações iguais, temos as atividades do armazém e de expedição, com uma classificação de “Lean” e níveis *lean* de 58,3% e 53,2% respetivamente.

Tabela 18 - Resultados da avaliação da atividade "Armazém" e "Expedição"  
Fonte: Elaboração própria

Atividade	Variável	nível <i>lean</i> da variável	Nível <i>lean</i> por atividade	Resultado
Armazém	Custo	87,5%	70,8%	<i>Lean</i>
	Qualidade	62,5%		
	Tempo	62,5%		
Expedição	Custo	47,2%	53,2%	<i>Lean</i>
	Qualidade	50,0%		
	Tempo	62,5%		

Posteriormente à análise da tabela acima, verificamos que para a atividade do armazém, as variáveis que mais afetam esta atividade são a qualidade e tempo, no entanto o resultado obtido é muito favorável. Em relação à variável qualidade, podemos verificar que os critérios relacionados com a quantidade de material mal localizado e quantidade de devoluções de material apresentam valores baixos não beneficiando o resultado obtido. Por fim, temos a variável tempo com um resultado de 63%. Esta variável no geral teve um desempenho favorável, no entanto os critérios, movimentações entre localizações e também o tempo que gasta com a correção de erros tiveram um resultado do trimestre relativamente baixo.

Por fim, para a atividade da expedição, o nível *lean* que esta apresentou foi de 53,2%. Quanto as suas variáveis, existem duas variáveis que influenciaram este resultado pela negativa e merecem especial atenção, nomeadamente o custo e a qualidade, com resultados de 47,2% e 50%. Para a

variável custo, podemos verificar que existem dois critérios com resultados menos positivos para o nível *lean* da atividade, nomeadamente o custo que a empresa tem associado aos transportes urgentes e também o custo que a empresa tem relacionado com os materiais danificados. Em relação à variável custo, obteve-se um valor médio de 1 953€ gastos com transportes urgentes, que incluem transportes urgente gerados por necessidade de repor peças danificadas o quanto antes, entrega de projetos em atrasos, devido a atrasos de produção para que se possa cumprir com os *deadlines* delineados pelo cliente e por fim custos relacionados com a necessidade de se realizarem recolhas urgentes para que a linha de produção não pare. Em relação aos materiais danificados, obteve-se um valor médio de 2 325€ que corresponde aos materiais que se danificam, devido a quedas, mau embalamento, equipamentos molhados, etc...

Para a variável qualidade, é de se notar que existem dois critérios com um resultado não muito desejável, nomeadamente os critérios, quantidade de envios “*not on time*” e também a quantidade de envios urgentes que existiram para o trimestre em análise. Referentemente ao primeiro critério, o resultado obtido foi de 14 envios que não foram cumpridos com a data de saída pretendida. Verificou-se que muitas vezes os pedidos de envio são feitos no próprio dia ou com menos de 24 horas de antecedência, o que faz com este valor seja mais elevado. Outra razão que poderá aumentar este valor será o facto dos *project managers* não terem perceção se os seus equipamentos já se encontram disponíveis para envio ou não, realizando o pedido de envio quando os mesmo não estão ainda prontos, o que faz com a data pretendida de envio derrape. Em relação ao segundo critério, obteve-se um valor de 30 envios urgentes no trimestre analisado, o que corresponde a um valor elevado. Estas urgências derivam principalmente da falta de planeamento e de falta de existência de *stocks* de segurança.

Os resultados obtidos através do modelo criado, refletem a realidade vivida na organização e vão de encontro do que se esperava, uma vez que a organização se mudou para as novas instalações à cerca de um ano e sofreu alterações a de recursos humanos neste último ano, principalmente a um nível superior, tendo obtido um novo nível de gestores. Por outro lado, dado a idade da empresa, podemos perceber que a mesma se encontra em fase de crescimento, uma vez que a procura pelos produtos que a mesma oferece, tem sido cada vez maior, o que obriga a que os processos fossem todos revistos, motivo pelo qual a organização ainda tem bastante a desenvolver e melhorar. Desta forma podemos justificar que o resultado de 62% é compreensível para esta organização pois os seus processos ainda se encontram em construção.

## 5.12. Propostas de melhoria

Neste sub-capítulo, serão abordadas algumas propostas de melhoria, com o intuito de melhorar o nível *lean* das várias atividades avaliadas, tendo como objetivo melhorar o desempenho e a eficiência geral da área da logística.

### 5.12.1. Receção

Em relação ao departamento da Receção, e na perspetiva do autor, de forma a melhorar o nível *lean* para o departamento da Receção, seria necessário conseguir reduzir o custo existentes em alguns dos critérios mencionados. Deste modo, de forma a melhorar o nível *lean* desta atividade, verificou-se o gráfico de superfície disponibilizado pelo *Matlab*.

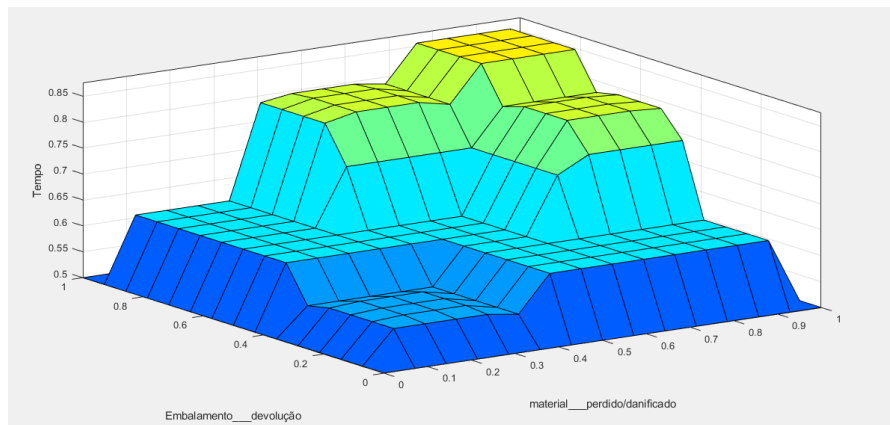


Figura 48 - Gráfico de superfície para a atividade Receção  
Fonte: Matlab, (2020)

Uma vez que esta funcionalidade do *Matlab*, apenas permite escolher dois critérios de avaliação, optou-se por se escolher os dois piores critérios a nível de resultado apresentado, nomeadamente o critério “Custo derivado da perda de materiais” e o “Custo relacionado com embalamento de material a devolver”. Quanto aos outros critério, mantiveram-se os mesmos constantes, não procedendo qualquer alteração aos mesmos, sendo a sua representação sob a forma de conjunto a seguinte: [NaN, 0,38 0,84 0,91 NaN].

Após análise do gráfico acima, para se conseguir chegar a um nível *lean* superior, teríamos de ter a capacidade de nível um dos dois resultados a 68% e o outro teria de rondar os 38% aos 68%. Desta forma procurou-se encontrar um equilíbrio e perceber qual dos dois critérios seria capaz de suportar os 68%, chegando à conclusão que deveria de ser critério relacionada com o custo de embalamento de material a devolver. Um resultado de 68%, significaria que o custo médio de 4€

por embalagem teria de ser reduzido para 1,6€. Para se atingir este resultado poderiam ser tomadas ações, tais como, o reaproveitamento da embalagem original do fornecedor ou a imputação destes custos ao fornecedor, sempre que a culpa da devolução fosse do mesmo.

Em simultâneo, a organização teria de ser capaz de reduzir o outro custo associado a material perdido desde o momento de entrada em armazém até que é alocado a uma localização. Conforme verificado no gráfico acima, este valor deverá rondar os 38% a 68%, sendo que o resultado obtido fora de 22 000€ no trimestre. Uma redução de 38% corresponderia a um resultado de 21 700€ por trimestre e uma redução de 68% corresponderia a um resultado de 11 200€ por trimestre, o que faz com que esta redução seja menos provável de acontecer. Desta forma ajustou-se o valor do resultado para 48% que corresponde a um resultado de 18 200€/trimestre, ajustando o valor inicial em 3 800€. O controlo rigoroso, desde o momento que a peça entra em armazém até que é alocada a uma localização, conseguirá garantir que este resultado seja atingido, uma vez que se verificou que muitas das vezes a causa raiz deste problema, se deve ao não cumprimento de processos, o que faz com que determinadas peças fiquem “perdidas” para o sistema, contribuindo para o aumento do valor deste critério. É crucial que o fluxo físico acompanhe sempre o fluxo informacional.

### 5.12.2. Expedição

Para a atividade da expedição, conforme verificado no capítulo acima, obteve valores não muito positivos em duas variáveis, nomeadamente o custo e qualidade. À semelhança do que se fez para a atividade da receção, escolheram-se os dois critérios que apresentaram resultados mais baixos para a primeira variável mencionada, nomeadamente, o custo derivado da danificação de materiais, tal como o custo relacionado com transportes urgentes.

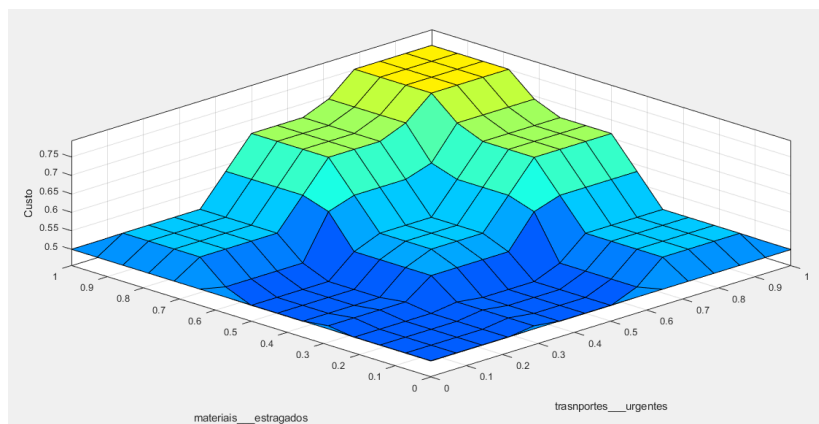


Figura 49 - Gráfico de superfície para a atividade Expedição (Variável Custo)  
Fonte: Matlab, (2020)

Para se conseguir aumentar a performance desta variável, necessitar-se-ia de se reduzir estes dois critérios em simultâneo, caso contrário será impossível aumentar o nível *lean* da atividade. Com auxílio do gráfico de superfície disponibilizado pelo *Matlab*, podemos verificar que os dois critérios teriam de ter resultado adaptado entre 0,3 e 0,5 (em ambos critérios) para que a variável custo fique num nível *lean* superior, uma vez que o resultado apresentado no estudo não é o desejável. Caso se mantivesse o resultado de 1 950€, e se conseguisse atingir um resultado 165€/trimestre com custos associados a materiais de embalagem, conseguir-se-ia atingir um nível *lean* para a atividade superior.

Uma sugestão em relação aos materiais danificados, seria por exemplo, a criação de manuais de instrução de trabalho por produto, de forma a uniformizar o embalagem dos vários materiais, garantindo uma melhor ação do embalagem sob o produto, com o intuito de reduzir a quantidade de material danificado. Outra sugestão que permitiria reduzir o custo associado à danificação de material de embalagem, passaria por negociar com os fornecedores de caixas, que os mesmos armazenassem o stock de caixas pela *Vision-box*, uma vez que a empresa não mostrou grande capacidade para armazenar as suas caixas, o que faz com que as mesmas apanhem chuva e fiquem estragadas.

Em relação aos transportes urgentes, notou-se que grande parte destes envios, derivam de materiais que se encontram em fornecedores e que são necessários com urgência, para que a linha de produção não pare. Uma sugestão para tentar imputar a responsabilidade no fornecedor, seria por exemplo imputar os custos da linha de produção parada ao fornecedor, ou criando penalizações monetárias ao fornecedor.

Quanto à variável qualidade, verificou-se também que se poderia alcançar um melhor resultado do que o obtido, nomeadamente, 50%. Com auxílio do gráfico de superfície, abaixo, procurou-se encontrar um melhor resultado, para os dois critérios, que apresentam piores resultados durante o trimestre, nomeadamente, a quantidade de envios “*not on time*” e a quantidade de envios urgentes obtidos, sendo os resultados obtidos de 14 e 30, respetivamente.

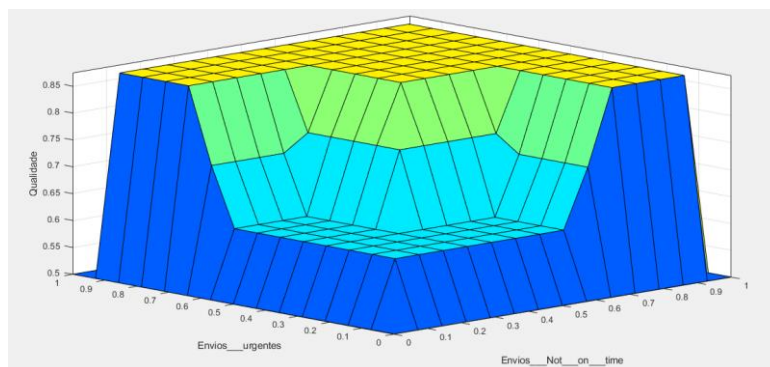


Figura 50 - Gráfico de superfície para a atividade Expedição (Variável qualidade)  
 Fonte: Matlab, (2020)

Para este caso, podemos verificar que o critério que maior impacto está a criar, é o critério relacionado com a quantidade de envios urgente, que obteve um resultado de 30 envios urgente no trimestre, correspondente a um resultado de 0 na escala de zero e um criada para avaliar o nível *lean*. Conseguindo que este resultado suba para 0,2, o que significaria um resultado no trimestre de 24 envios, faria com a variável obtivesse um nível *lean* correspondente a cerca de 60%, mantendo todos os outros critérios constantes. Este critério vai ao encontro do critério semelhante definido para a variável custo associada a esta atividade, pelo que as propostas de melhoria para este critério, devem seguir as mesmas indicações, mencionada anteriormente.

### 5.12.3. Picking

Quanto ao departamento de *picking*, verificou-se que o valor obtido por este departamento foi de 77,3%, tendo as suas variáveis, custo, qualidade e tempo, apresentado os resultados 81,8%, 87,5% e 62,5% respetivamente. Em relação a variável tempo, constatou-se que existem dois critérios que afetam negativamente o resultado desta variável, sendo os mesmos o tempo gasto com a movimentação do material em sistema e o critério tempo gasto com verificação de listas de *picking* face aos *jobs* lançados pelo departamento de planeamento.

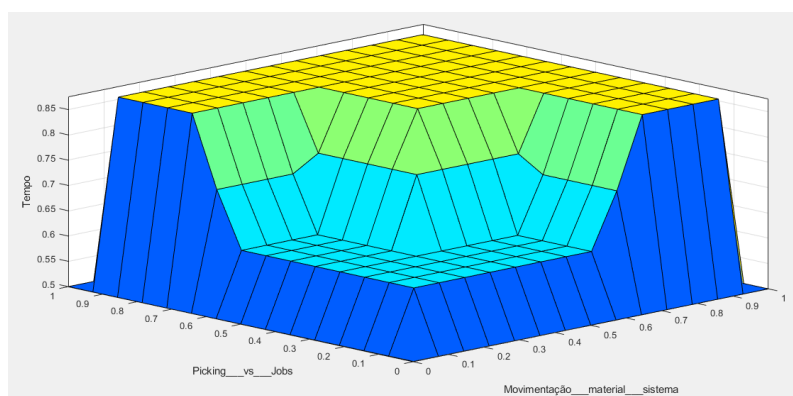


Figura 51 - Gráfico de superfície para a atividade Picking  
 Fonte: Matlab, (2020)

Para que esta variável apresentasse um nível *lean* de pelo menos 75%, seria necessário que o tempo do primeiro critério (Tempo gasto com movimentação do material em sistema), reduzisse para 2 minutos e 36 segundos e que o segundo critério (Tempo gasto com verificação de listas de picking face aos jobs lançados) obtivesse uma redução para 26 minutos, mantendo os restantes 3 critérios constantes. Em relação ao primeiro critério, para se conseguir atingir este resultado, poder-se-ia por exemplo tentar remover números de série seguidos (Ex: 1, 2, 3, 4, ...) em vez da remoção de números de série aleatórios, tal como se verificou (1, 3, 7, 2, ...). O sistema da *Vision-box*, permite transferir com rapidez, lotes de números de série. O processo fica lento sempre que é necessário movimentar números de série a número de série. Para que isto seja possível, seria necessário que o processo de armazenagem funcionasse da mesma forma, ou seja, assim que os produtos cheguem a armazém, fossem arrumados de forma ordenada.

Quanto ao segundo critério, este é um pouco difícil de se conseguir melhorar, uma vez que exigiria que o nível de *stock* estivesse sempre a 100%. Uma sugestão de melhoria para este ponto, seria por exemplo a utilização de *stocks* de segurança, o que iria reduzir o impacto causado sempre que não se encontrasse determinada peça. O cumprimento dos processos de transferências no sistema e a forma como o mesmo é feito é muito importante para garantir a integridade do *stock* em sistema, uma vez que basta uma alteração física que não seja replicada em sistema, para que tudo fique errado.

#### 5.12.4. Armazém

Por fim temos a atividade do armazém que apresentou um nível *lean* de 70,8%, sendo que os valores obtidos pelas variáveis são de 87,5%, 62,5% e 62,5%, respetivamente para o custo, a qualidade e tempo.

De forma a melhorar o nível *lean* para esta atividade, optou-se por se perceber se seria possível melhorar a variável com pior desempenho, nomeadamente as variáveis qualidade e tempo.

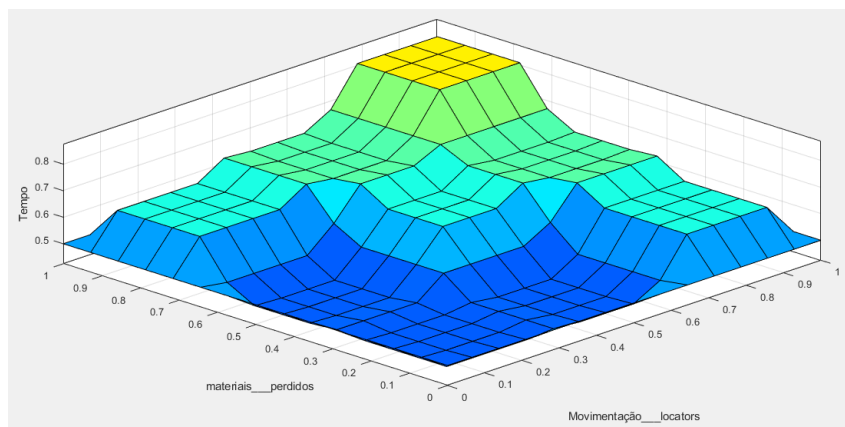


Figura 52 - Gráfico de superfície para a atividade Armazém (Variável Tempo)  
 Fonte: Matlab, (2020)

Após validação do gráfico de superfície disponibilizado pelo Matlab associado à primeira variável, identificaram-se os dois critérios com desempenhos inferiores, nomeadamente o “critério” Tempo gasto com movimentações entre locators” e a “Tempo gasto a procura de materiais perdidos”. Após análise do gráfico disponibilizado, podemos verificar que para conseguir um nível *lean* superior, seria necessário que o tempo do primeiro critério reduzisse em 7 minutos, o que corresponde a um tempo máximo de movimentação entre locators de 5 minutos. Em relação a este critério, seria importante a organização realizar algum tipo de análise, como uma análise ABC<sup>5</sup>, de forma a perceber quais os artigos com uma maior taxa de rotação. Desta forma poderiam tentar otimizar os fluxos de acordo com a necessidade verificada nesta análise e tentar assim melhorar este valor.

Quanto ao segundo critério, para conseguir melhorar o nível *lean* desta variável, seria necessário que a empresa não despendesse mais de 15 minutos à procura de materiais perdidos, o que corresponde a menos 10 minutos que o resultado obtido no trimestre avaliado. Conseguir garantir a rastreabilidade é essencial para se reduzir o tempo que se perde à procura de materiais perdidos. Verificou-se que muitas das vezes o fluxo de armazenagem do material não era o mais correto, uma vez que o operador primeiramente desloca-se a estante para arrumar o material e posteriormente reflete o movimento físico em sistema. A organização deveria investir num sistema que permita realizar esta operação em tempo real, garantindo um fluxo contínuo dos seus processos.

---

<sup>5</sup> Análise ABC ou Análise de *Pareto*, consiste numa análise que permite categorizar os produtos de uma empresa em 3 famílias, nomeadamente os produtos da família A, B e por fim C, em que os produtos A são os mais importantes e geralmente 20% dos produtos correspondem a 80% das receitas da empresa. Do outro lado da moeda, temos os produtos da família C que são o maior grupo de produtos que a empresa tem mas que não contribuem da mesma forma para a receita da empresa.

Por fim, para a variável qualidade, existem dois critérios com possibilidade de melhorar os seus resultados, sendo eles, a “quantidade de material mal localizado” e a “quantidade de devoluções de material a armazém”.

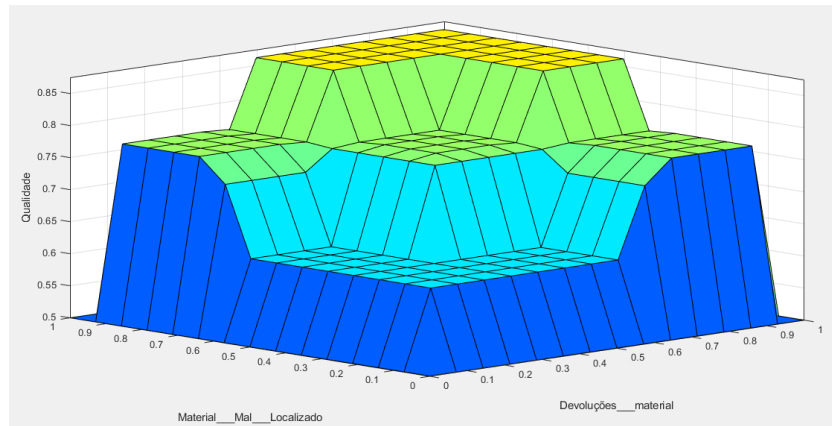


Figura 53 - Gráfico de superfície para a atividade Armazém (Variável Qualidade)  
Fonte: Matlab, (2020)

Para se conseguir subir de nível *lean*, mantendo os restantes critérios constantes, seria necessário conseguirmos uma redução para um valor médio de 6 materiais mal localizados e um valor de devoluções ao armazém de 20 referências. De forma a garantir a rastreabilidade do produto, as referências, deveriam ser alocadas a um locator no momento exato em que o colaborador efetua o processo de arrumação, nem antes nem depois. Desta forma será possível diminuir este erro e melhorar este resultado. Quanto às devoluções de material ao armazém, estes derivam de *jobs* cancelados, de pedidos de envio cancelados e por fim de BOM's erradas. Da mesma forma que com os cancelamento de *jobs*, mencionados em relação ao *picking*, o cancelamento de um pedido de envio, obriga a que exista um fluxo a montante na *supply chain*, fazendo com que todo o processo de separação do material, compra do mesmo, embalagem, tenha de ser desfeito e faz com que exista uma perda eficiência no processo. Para tentar colmatar esta situação, seria necessário, que os pedidos de separação de material, coincidisse exatamente com a data do pedido de envio, ou seja, iria obrigar a que a equipa de planeamento, verificasse com os *project managers* quanto à existência da necessidade dos produtos para envio ou não. Só após terem esta confirmação se deveria proceder ao *picking* dos materiais a enviar e seguir com todo o processo, evitando a necessidade de devoluções ao armazém. Em relação às BOM's não atualizadas, quando se faz o lançamento dos *jobs*, existe material a mais que é separado pela equipa de *picking*, mas que no entanto não é necessário na linha de montagem, devido a uma atualização da construção do modelo. Mais uma vez é um erro em que a montagem física do produto, não coincide com a informação do sistema, o que faz com que existam sobras, acabando por serem devolvidas para o armazém. Estes processos de retrabalho, acarretam custo a empresa e fazem parte das atividades que não acrescentam nenhum valor. A revisão às BOM's dos produtos em sistemas

possivelmente traria muitos benefícios para a organização, sendo um deles, a redução do material a devolver.

Em suma, poderiam ser aplicadas algumas destas sugestões aos vários processos analisados no decorrer da aplicação deste modelo, de forma a tentar melhorar o resultado obtido, no entanto é necessário ter sempre em mente que o *lean* é uma filosofia e que tem por base a melhoria contínua e que a mesma deve estar presente constantemente, seja num fluxo de colaboradores *top-down* (Desde o CEO até ao colaborador mais comum) e vice-versa.

## 6. Conclusões, limitações e trabalhos futuros

O presente trabalho, teve como finalidade perceber como podemos classificar uma organização quanto ao seu nível *Lean*. Para isso foi necessário perceber qual o nível *lean* de uma organização. Saber o nível *lean* associado a uma organização é um ótimo ponto de partida, uma vez que nos indica se a organização se encontra dentro dos seus objetivos, e se não, saber quais as ações que deverão ser tomadas para atingi-lo.

O modelo criado tem por base uma avaliação qualitativa e quantitativa, uma vez que a filosofia *lean* é algo criado com base na incerteza e ambiguidade, tendo sido para isso utilizada a lógica difusa que tem como característica principal transformar variáveis qualitativas em valores quantitativos.

A criação do modelo deriva de vários modelos abordados anteriormente neste documento e tem como base os sete tipos de desperdícios mencionados por Ohno e Bodek e por Womack e Jones, permitindo ainda conseguir identificar quais as áreas que necessitam de maior foco e fornecendo meios para que se possa elaborar um plano de melhoria.

Uma vantagem do modelo criado, é a sua adaptabilidade a cada indústria ou empresa, uma vez que permite a escolha das variáveis a estudar tal como quais os critérios que poderão ser incluídos dentro de cada uma dessas variáveis, podendo o mesmo ser reajustado conforme a necessidade de cada empresa. Outra vantagem, é o facto da mesma ser informatizada, o que permite obter resultados de forma rápida e de fácil interpretação.

Uma das limitações deste modelo, surge do facto que o mesmo depende de um painel de Delphi, ou seja, os avaliadores devem ser pessoas com experiência nas áreas a estudar tal como devem ter conhecimentos sobre a filosofia *Lean*. Outra limitação tem a ver com as funções de pertença, uma vez que as mesmas derivam da percepção dos avaliadores, sendo que mesmas devem ser adaptadas às condições, ambiente e circunstâncias de cada empresa.

Para o caso da empresa em questão da análise, concluiu-se que a mesma, obteve um *score* final de 65% o que corresponde a um nível *lean* positivo, no entanto com possibilidade para melhorar ainda mais. Este resultado, vai ao encontro com as expectativas iniciais, sobre esta empresa, uma vez que a mesma se encontra em fase de crescimento, mudanças de instalações e também dos colaboradores a todos os níveis.

Durante a aplicação do modelo, existiram alguns pontos que se tornaram limitantes à aplicação do mesmo, uma vez que não se conseguiu aplicar o modelo à área da produção, sendo que esta se encontrava em mudanças de *layout*, tornando a tarefa da colheita de informação muito difícil.

Como trabalho futuro e a fim de se perceber se é possível através do modelo proposto medir o nível *lean* numa organização de serviços, sugere-se a aplicação deste modelo na área dos serviços, de forma a perceber se o mesmo é aplicável ou não nestas áreas.

## Referências bibliográficas

Adler, P. S., Goldoftas, B., & Levine, D. I. (1997). *Ergonomics, Employee Involvement, and the Toyota Production System: A Case Study of Nummi's 1993 Model Introduction*. *ILR Review*, 50(3). Páginas 416–437. DOI: 10.2307/2525183.

Almomani, M. (2014). *A Proposed Integrated Model of Lean Assessment and Analytical Hierarchy Process for a Dynamic Road Map of Lean Implementation*. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. Páginas 161-172. DOI: 10.1007/s00170-014-5648-3.

Amandine, C. (2019). *Demand Considerations: Bullwhip Effect*. *Digitalist Magazine*. [Consult. 13 Set 2020] Disponível em WWW: [www.digitalistmag.com/digital-supply-networks/2019/09/09/demand-considerations-bullwhip-effect-06200530](http://www.digitalistmag.com/digital-supply-networks/2019/09/09/demand-considerations-bullwhip-effect-06200530).

Arora, A., & Kaur, S., (2015). *Performance Assessment Model for Management Educators Based on KRA/KPI*. *International Conference on Technology and Business Management*. Páginas 23-25.

AssiMarro, A., Souza, A., Cavalcante, E., Bezerra, G., & Nunes, R. (2016). *Lógica Fuzzy: Conceitos e aplicações*. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. [Consult. 15 Nov 2020] Disponível em WWW: <https://silو.tips/download/logica-fuzzy-conceitos-e-aplicacoes#>.

Ballou, R. (2006). *Gerenciamento Da Cadeia de Suprimentos/ Logística Empresarial (5ª edição)*. Bookman Editora. ISBN: 9788536305912.

Bayou, M. E., & de Korvin, A. (2008). *Measuring the leanness of manufacturing systems—A case study of Ford Motor Company and General Motors*. *Journal of Engineering and Technology Management*, 25(4). Páginas 287–304. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2008.10.003.

Behrouzi, F., & Wong, K. Y. (2011). *Lean performance evaluation of manufacturing systems: A dynamic and innovative approach*. *Procedia Computer Science*, 3. Páginas 388–395. DOI: 10.1016/j.procs.2010.12.065.

Bernardo, M. do R. M. (2019). *Matriz Ansoff: Explicação*. Repositório Aberto Universidade Aberta. [Consult. 16 Out 2020] Disponível em WWW: <http://hdl.handle.net/10400.2/8910>.

Biscontini, T. (2020). *Toyota Production System (TPS)*. Em *Salem Press Encyclopedia*. Salem Press. [Consul. 26 Mar 2020] Disponível em WWW: <https://cutt.ly/Bb54dmi>

Carvalho, J. (2017). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento (3ª Edição)*. Edições Sílabo. ISBN: 9789895610853.

Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management (5ª Edição)*. Pearson UK. ISBN: 1292083794.

Council of Supply Chain Management Professionals. (2013). *CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary*. [Consult. 10 Fev 2020] Disponível em: WWW: <https://cutt.ly/2b54kMI>

Mast, J. (2011). *The tactical use of constraints and structure in diagnostic problem solving*. Omega, 39(6). Páginas 702–709. DOI: 10.1016/j.omega.2011.02.002.

Debasis, S. (2019). *Defuzzification Methods (Chapter 5)*. India Institute of Technology Kharagpur.

Defuzzification Methods—MATLAB & Simulink. (2020). [Consult. 4 Jun 2020] Disponível em WWW: <https://www.mathworks.com/help/fuzzy/defuzzification-methods.html>.

Durward, S., & Art, S. (2008). *Understanding A3 Thinking*. CRC PRESS. Taylor & Francis Group. ISBN 9781563273605.

Emrouznejad, A., & Marra, M. (2017). *The state of the art development of AHP (1979–2017): A literature review with a social network analysis*. International Journal of Production Research, 55(22). Páginas 6653–6675. DOI: 10.1080/00207543.2017.1334976.

Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2013). *Introduction to Logistics Systems Management (2ª Edição)*. John Wiley & Sons. ISBN: 0470849177.

Ghinato, P. (1995). *Sistema Toyota de produção: Mais do que simplesmente Just-in-Time*. Production, 5(2). Páginas 169–189. DOI: 10.1590/S0103-65131995000200004.

Glock, C. H., Grosse, E. H., Elbert, R. M., & Franzke, T. (2017). *Maverick picking: The impact of modifications in work schedules on manual order picking processes*. International Journal of Production Research, 55(21). Páginas 6344–6360. DOI: 10.1080/00207543.2016.1252862.

Gomide, F., Gudwin, R., & Tanscheit, R. (1995). *Conceitos Fundamentais da Teoria de Conjuntos Fuzzy, Lógica Fuzzy e Aplicações*. Proceedings of 6th International Fuzzy Systems Association World Congress - IFSA95. Páginas 1–38.

Gwynne, R. (2011). *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse (2ª Edição)*. Kogan Page Limited. ISBN: 9780749469344.

Hill, A. (2012). *The Encyclopedia of Operations Management: A Field Manual of Supply Chain, Operations, and Process Improvement Terms*. Kindle Edition. ASIN: B0165UNJ3I.

Hölttä, V., Mahlamäki, K., Eisto, T., & Ström, M. (2010). *Lean Information Management Model for Engineering Changes*. World Academy of Science, Engineering and Technology. 66. Páginas 1473-1470.

Hüttmeir, A., Treville, S. de, Ackere, A. V., Monnier, L., & Prenninger, J. (2009). *Trading off between heijunka and just-in-sequence*. International Journal of Production Economics, Elsevier, Volume 118(2), Páginas 501-507.

Institute for Strategy & Competitiveness. (2012). *About Michael Porter*. Institute For Strategy And Competitiveness. Harvard Business School [Consult. 18 Nov 2020]. Disponível em WWW: <https://www.isc.hbs.edu/about-michael-porter/Páginas/default.aspx>.

ISO 22400-2. (2014). *Automation system and integration: Key performance indicators (KPI's) for manufacturing operations management*. ICS: 25.040.01 Industrial automation systems in general.

Kain, R., & Verma, A. (2018). *Logistics Management in Supply Chain – An Overview*. *Materials Today: Proceedings*, 5(2, Part 1). Páginas 3811–3816. DOI: 10.1016/j.matpr.2017.11.634.

Kehr, T. W., & Proctor, M. D. (2017). *People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis*. *Quality and Reliability Engineering International*, 33(4). Páginas 921–930. DOI: 10.1002/qre.2059.

Kridi, D., Alves, A., Lemos, M., & Rabelo, R. (2011). *Desenvolvimento de Uma Biblioteca Fuzzy para o Controle Autônomo de Um Robô Móvel em Ambiente Desconhecido*. Mostra Nacional de Robótica. Universidade Federal de São João Del-Rei.

Lacerda, L. (2002). *LOGÍSTICA REVERSA*. *ILOS - Especialistas em Logística e Supply Chain* [Consult. 03 Jan 2021]. Disponível em WWW: <https://www.ilos.com.br/web/logistica-reversa/>

Lee, H., Padmanabhan, V., & Whang, S. (2004). *Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect*. *Management Science*, 43. Páginas 546–558. DOI: 10.1287/mnsc.1040.0266

- Liao, S. Y., Wang, H. Q., & Liu, W. Y. (1999). *Functional dependencies with null values, fuzzy values, and crisp values*. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 7(1), Páginas 97–103. DOI: 10.1109/91.746321
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles From The World's Geatest Manufacturer*. Editora McGraw-Hill. ISBN: 9780071392310
- Lima, H., Abreu, U., Santos, S., & Massruhá, S. (2012). *Análise de Indicadores Econômicos em Fazendas no Pantanal Utilizando Inferência Fuzzy: Ferramentas, Construção e Validação*. II Congresso Brasileiro de Sistemas Fuzzy.
- Lin, C.-T., Chiu, H., & Tseng, Y.-H. (2006). *Agility evaluation using fuzzy logic*. *International Journal of Production Economics*, 101(2). Páginas 353–368. DOI: 10.1016/j.ijpe.2005.01.011
- Mahfouz, A. (2011). *An Integrated Framework to Assess 'Leanness' Performance in Distribution Centres*. Doctoral Thesis. Technological University Dublin. DOI: 10.21427/D70G69
- Marr, B. (2012). *Key Performance Indicators: The 75 measures every manager needs to know*. Pearson UK. ISBN: 0273750116
- Martins, J. (2017). *Auditoria Logística (Slides Aulas)—Gestão da Distribuição e da Logística*.
- Masai, P., Parrend, P., & Zanni-Merk, C. (2015). *Towards a Formal Model of the Lean Enterprise*. *Procedia Computer Science*, 60. Páginas 226–235. DOI: 10.1016/j.procs.2015.08.122
- Masoum, M. A. S., & Fuchs, E. F. (2015). *Chapter 10—Optimal Placement and Sizing of Shunt Capacitor Banks in the Presence of Harmonics*. *Power Quality in Power Systems and Electrical Machines*, 2. Páginas 887–959. DOI:10.1016/B978-0-12-800782-2.00010-5
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). *Defining Supply Chain Management*. *Journal of Business Logistics*, 22(2). Páginas 1–25. DOI: 10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.
- Moraes, M. N., Arpini, B. P., & Scardua, R. F. (2011). *Utilização do mapeamento do fluxo de valor para a identificação de desperdícios: Estudo de caso em uma empresa de confecção*. XXXI Encontro nacional de engenharia de produção.
- Motta, P. (1996). *Ambiguidades metodológicas do just-in-time*. *Organizações & Sociedade*, 4. Páginas 117–131. DOI: 10.1590/S1984-92301996000400005

- Ohno, T., & Bodek, N. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press. ISBN: 9780915299140
- Pakdil, F., & Leonard, K. M. (2014). *Criteria for a lean organisation: Development of a lean assessment tool*. *International Journal of Production Research*, 52(15). Páginas 4587–4607. DOI: 10.1080/00207543.2013.879614
- Pinto, J. (2014). *Introdução ao Pensamento Lean – A filosofia das organizações vencedoras (6ª Edição)*. Editora Lidel. ISBN: 9789897520327
- Porter, M. E. (1985). *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. Editora The Free Press. ISBN: 9780029250907
- Ribeiro, S. D. M. (2011). *Leanness na manutenção aeronáutica: O caso FAP* (Dissertação de mestrado não editada, Mestrado Engenharia Mecânica Perfil Manutenção e Produção). Instituto Superior de Engenharia de Lisboa)
- Ross, T. J. (2010). *Fuzzy logic with engineering applications (3ª Edição)*. Editora John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 9780470743768
- Rother, M., Shook, J., Womack, J., & Jones, D. (1999). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA (1ª Edição)*. Editora: The Lean Enterprise Institute, Inc. ISBN: 9780966784305
- Runkler, T. A. (2011). *Controlling discrete manufacturing processes using Kanban and Heijunka approaches*. 2011 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics. Páginas 181–186. DOI: 10.1109/INDIN.2011.6034859
- Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2010). *The Handbook of Logistics and Distribution Management (4ª Edição)*. Editora: Kogan Page. ISBN: 0749433655
- Santos Bento, G. dos, & Tontini, G. (2018). *Developing an instrument to measure lean manufacturing maturity and its relationship with operational performance*. *Total Quality Management & Business Excellence*, 29(9/10). Páginas 977–995. DOI: 10.1080/14783363.2018.1486537
- Severo, E. M. F., & Sousa, H. J. C. (2016). *Avaliando a Sustentabilidade das Edificações através de Ferramentas Qualitativas e Quantitativas*. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, 19. Páginas 01–14. DOI: 10.17013/risti.19.1-14

- Shah, R., & Ward, P. (2007). *Defining and Developing Measures of Lean Production*. Journal of Operations Management 25(4). Páginas 785-805. DOI: 10.1016/j.jom.2007.01.019
- Shingo, S., & Dillon, A. (1989). *A Study of the Toyota Production System: From an Industrial Engineering Viewpoint*. Editora: Productivity Press. ISBN: 9780915299171
- Singh, B., Garg, S. K., Sharma, S. K., & Grewal, C. (2010). *Lean implementation and its benefits to production industry*. International Journal of Lean Six Sigma, 1(2). Páginas 157–168. DOI: 10.1108/20401461011049520
- Smith, S. (2014). *Muda, Muri and Mura*. Six Sigma Forum, 13(2). Páginas 36–37. ISSN: 15394069
- Soares, S., & Teixeira, L. (2014). *Lean Information Management in Industrial Context: An Experience Based on a Practical Case*. International Journal of Industrial Engineering and Management, Páginas 107–114.
- Southworth, T. (2010). *Muda, mura, muri*. Label & Narrow Web, 15(8). Páginas 32–33. ISSN: 10953248
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). *A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques*. Procedia Engineering, 97. Páginas 1875–1885. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.12.341
- Tasdemir, C., Gazo, R., & Quesada, H. J. (2020). *Sustainability benchmarking tool (SBT): Theoretical and conceptual model proposition of a composite framework*. Environment, Development and Sustainability, 22(7). Páginas 6755–6797. DOI: 10.1007/s10668-019-00512-3
- VARGAS, Rodrigo. (2016) *Lean Manufacturing: Reduzindo desperdícios e aumentando a qualidade!*
- Womack, J. (2006, Junho 7). *Mura, Muri, Muda?* [Consult. 21 Fev 2021]. Disponível em WWW: <https://www.lean.org/womack/DisplayObject.cfm?=743>
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth In Your Corporation*. Journal of the Operational Research Society 48 (11). Simon & Schuster Inc. DOI: 10.1038/sj.jors.2600967
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (2007). *The Machine That Changed the World*. Editora: Free Press. ISBN: 9780743299794

Yang, L., Jiang, G., Chen, X., Li, G., & Ju, Z. (2018). *Knowledge Representation and Knowledge Base System Modeling of Lean Evaluation Model*. 2018 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC). Páginas 2388–2393. DOI: 10.1109/SMC.2018.00410

Zadeh, (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3). Páginas 338–353. DOI: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X

Zadeh, Lotfi A. (2008). *Is there a need for fuzzy logic?* *Information Sciences*, 178(13). Páginas 2751–2779. DOI: 10.1016/j.ins.2008.02.012



## **ANEXOS**

# Anexo 1 – Conjuntos difusos

Atividade	Variável	Critérios	Resultados	Conjunto difuso			Conjunto difuso adaptado			Unidades	
				Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo		
Custo	Custo	Custo derivado da perda de materiais	Alto	18000	26500	35000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	
			Médio	3000	11500	20000	0,3	0,5	0,7		
			Baixo	0	2000	4000	0,6	0,8	1		
		Custo derivado da danificação de materiais	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	
			Médio	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7		
			Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1		
	Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5750	8000	0	0,2	0,4	€/Trimestre		
		Médio	2000	3000	4000	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	1250	2500	0,6	0,8	1			
	Custo de material (Etiquetas, filme, sacos, etc)	Alto	280	440	600	0	0,2	0,4	€/Trimestre		
		Médio	180	240	300	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	100	200	0,6	0,8	1			
	Custo relacionado com embalagem de material a devolver	Alto	2,5	3,75	5	0	0,2	0,4	Valor médio em € por embalagem/trimestre		
		Médio	1,5	2,25	3	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1			
	Recepção	Qualidade	Quantidade de material danificado/defeituoso detetado a receção	Alto	40	60	80	0	0,2	0,4	Unidades médias/trimestre
				Médio	20	35	50	0,3	0,5	0,7	
				Baixo	0	15	30	0,6	0,8	1	
			Quantidade de material em falta em relação a PO (Purchase order)	Alto	5	7,5	10	0	0,2	0,4	Referências/trimestre
				Médio	2	4,5	7	0,3	0,5	0,7	
Baixo				0	1,5	3	0,6	0,8	1		
Quantidade de material recebido sem PO		Alto	7	9,5	12	0	0,2	0,4	Referências/trimestre		
		Médio	3	5,5	8	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1			
Quantidade de material errado recebido na receção		Alto	6	9	12	0	0,2	0,4	Referências/Trimestre		
		Médio	2	5	8	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1			
Quantidade de material recebido sem identificação	Alto	7	11	15	0	0,2	0,4	Referências/Trimestre			
	Médio	3	6,5	10	0,3	0,5	0,7				
	Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1				
Tempo	Tempo gasto para verificação de mercadoria sem PO's	Alto	18	24	30	0	0,2	0,4	Minutos médios/dia/trimestre		
		Médio	8	14	20	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1			
	Tempo gasto em movimentações entre estações de trabalho	Alto	2,5	4,25	6	0	0,2	0,4	Minutos médio/movimentação/trimestre		
		Médio	1,5	2,75	4	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1			
Tempo gasto com a validação da identificação do material recebido	Alto	5	7,5	10	0	0,2	0,4	Minutos médios/dia/trimestre			
	Médio	2	4	6	0,3	0,5	0,7				
	Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1				
Tempo gasto com processos de descarga	Alto	18	24	30	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre			
	Médio	8	14	20	0,3	0,5	0,7				
	Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1				
Tempo gasto com introdução em sistema	Alto	6	10,5	15	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre			
	Médio	3	5	7	0,3	0,5	0,7				
	Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1				
Armazém	Custo	Custo derivado da perda/danificação de materiais	Alto	18000	26500	35000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	
			Médio	6000	13000	20000	0,3	0,5	0,7		
			Baixo	0	4000	8000	0,6	0,8	1		
		Custo associado ao nível de stock	Alto	5000000	6500000	8000000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	
			Médio	2500000	4250000	6000000	0,3	0,5	0,7		
			Baixo	0	1500000	3000000	0,6	0,8	1		
	Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre		
		Médio	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1			
	Custo do material (Filme, sacos, fita cola, etc.)	Alto	130	165	200	0	0,2	0,4	€/Trimestre		
		Médio	60	105	150	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	35	70	0,6	0,8	1			
	Custo de materiais obsoletos	Alto	1100	1800	2500	0	0,2	0,4	€/Trimestre		
		Médio	650	925	1200	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	400	800	0,6	0,8	1			
	Qualidade	Quantidade de material danificado no processo de arrumação	Alto	25	37,5	50	0	0,2	0,4	Referências /trimestre	
			Médio	8	19	30	0,3	0,5	0,7		
			Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1		
			Quantidade de material em falta em relação ao sistema (Discrepancias físicas com o sistema)	Alto	4000	7000	10000	0	0,2	0,4	Referências /trimestre
				Médio	800	2900	5000	0,3	0,5	0,7	
				Baixo	0	500	1000	0,6	0,8	1	
		Quantidade de material errado recebido da receção	Alto	4	7	10	0	0,2	0,4	Referências /trimestre	
			Médio	2	3,5	5	0,3	0,5	0,7		
			Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1		
Médio			4	7	10	0	0,2	0,4			
Quantidade de material mal localizado	Alto	2	3,5	5	0,3	0,5	0,7	Referências /trimestre			
	Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1				
Quantidade de devoluções de material	Alto	16	23	30	0	0,2	0,4	Referências /trimestre			
	Baixo	8	14	20	0,3	0,5	0,7				
Tempo	Tempo gasto com movimentações entre locators	Alto	10	15	20	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre		
		Médio	3,5	9,25	15	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1			
	Tempo gasto a procura de materiais perdidos	Alto	30	45	60	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre		
		Médio	10	25	40	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	7,5	15	0,6	0,8	1			
	Tempo gasto com processos de arrumação (Paletização, etc...)	Alto	2,4	4,2	6	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre		
		Médio	1	2	3	0,3	0,5	0,7			
		Baixo	0	1,4	2,8	0,6	0,8	1			
	Tempo gasto com correção de erros	Alto	2,4	4,2	6	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre		
Médio		1	2	3	0,3	0,5	0,7				
Baixo		0	1,4	2,8	0,6	0,8	1				
Tempo gasto com o processo de armazenagem (material seriado)	Alto	2,4	4,2	6	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre			
	Médio	1	2	3	0,3	0,5	0,7				
	Baixo	0	1,4	2,8	0,6	0,8	1				

Atividade	Variável	Critérios	Resultados	Conjunto difuso			Conjunto difuso adaptado			Unidades
				Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo	
Picking	Custo	Custo derivado da perda de materiais	Alto	180000	265000	350000	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	30000	115000	200000	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	20000	40000	0,6	0,8	1	
		Custo derivado da danificação de materiais	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1	
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5750	8000	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	2000	3000	4000	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1250	2500	0,6	0,8	1	
		Custo associado a paragem de linha	Alto	700	900	1100	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	500	650	800	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	300	600	0,6	0,8	1	
	Custo associado a retrabalho (devoluções de linha)	Alto	768	884	1000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	
		Médio	192	496	800	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	100	200	0,6	0,8	1		
	Qualidade	Quantidade de materiais perdidos (PICKING - PRODUÇÃO)	Alto	4	7	10	0	0,2	0,4	Referências médias/dia/trimestre
			Médio	2	4	6	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1	
		Quantidade de materiais transferidos indevidamente	Alto	2	5	8	0	0,2	0,4	Referências médias/dia/trimestre
			Médio	1	2	3	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1	
		Quantidade de ordens de trabalho coletados em duplicado	Alto	2	5	8	0	0,2	0,4	ordens de trabalho/trimestre
			Médio	1	2	3	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1	
Quantidade de materiais coletados indevidamente		Alto	30	35	40	0	0,2	0,4	Referências/trimestre	
		Médio	16	25,5	35	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	10	20	0,6	0,8	1		
Quantidade de ordens de trabalho cancelados	Alto	2	5	8	0	0,2	0,4	ordens de trabalho/trimestre		
	Médio	1	2	3	0,3	0,5	0,7			
	Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1			
Tempo	Tempo gasto com movimentação do material em sistema	Alto	1,5	2,75	4	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	
		Médio	0,5	1,25	2	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	0,5	1	0,6	0,8	1		
	Tempo gasto com movimentações físicas entre locators	Alto	10	20	30	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	
		Médio	4	9,5	15	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1		
	Tempo gasto com a preparação de pickings	Alto	10	15	20	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	
		Médio	4	8	12	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1		
	Tempo gasto com verificação de listas de picking face aos ordens de trabalho lançados (Verificação se estão ou não completos)	Alto	18	29	40	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	
		Médio	8	14	20	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1		
Tempo gasto com seguimento e entrega de faltas	Alto	22	36	50	0	0,2	0,4	Minutos médios/dia/trimestre		
	Médio	8	16,5	25	0,3	0,5	0,7			
	Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1			
Expedição	Custo	Custo derivado a retrabalhos (embalar e desembalar)	Alto	43	55,5	68	0	0,2	0,4	€/dia/trimestre
			Médio	9	30	51	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	9	18	0,6	0,8	1	
		Custo derivado da danificação de materiais	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre
			Médio	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1	
	Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5750	8000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	
		Médio	2000	3000	4000	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	1250	2500	0,6	0,8	1		
	Custo relacionado com transportes urgentes	Alto	1500	2250	3000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	
		Médio	500	1250	2000	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	500	1000	0,6	0,8	1		
	Custo de materiais de embalagem estragados (caixas de madeira, etc.)	Alto	145	222,5	300	0	0,2	0,4	€/Trimestre	
		Médio	28	89	150	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	15	30	0,6	0,8	1		
	Qualidade	Quantidade de materiais perdidos	Alto	5	7,5	10	0	0,2	0,4	materiais perdidos/ por trimestre
			Médio	2	4	6	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1	
		Quantidade de envios incompletos	Alto	4	7	10	0	0,2	0,4	envios incompletos/ por trimestre
			Médio	2	3,5	5	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1	
		Quantidade de envios "not on time"	Alto	15	22,5	30	0	0,2	0,4	Envios "not on time"/por trimestre
			Médio	5	11	17	0,3	0,5	0,7	
			Baixo	0	3	6	0,6	0,8	1	
Quantidade de envios urgentes		Alto	15	22,5	30	0	0,2	0,4	Envios urgentes/por trimestre	
		Médio	5	12,5	20	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1		
Quantidade de reclamações obtidas	Alto	5	8,5	12	0	0,2	0,4	Reclamações/ por trimestre		
	Médio	1	3,5	6	0,3	0,5	0,7			
	Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1			
Tempo	Tempo gasto com movimentações entre estações de trabalho	Alto	5	6,5	8	0	0,2	0,4	minutos/ por movimentação	
		Médio	2	4	6	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1		
	Tempo gasto com preparação de documentação	Alto	18	31,5	45	0	0,2	0,4	minutos/ por envio	
		Médio	8	14	20	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1		
	Tempo gasto com preparação de envios (a nível de embalagem)	Alto	23	31,5	40	0	0,2	0,4	minutos/ por embalagem	
		Médio	8	16,5	25	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1		
	Tempo gasto a procura de materiais perdidos	Alto	26	58	90	0	0,2	0,4	minutos/ por referência	
		Médio	8	19	30	0,3	0,5	0,7		
		Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1		
Tempo gasto com embalagem	Alto	23	36,5	50	0	0,2	0,4	minutos/ por equipamento		
	Médio	8	16,5	25	0,3	0,5	0,7			
	Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1			

Anexo 2 – Auxiliar criado para definição de regras do sistema fuzzy

Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5	Nível lean da variável
Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Nada Lean
Alto	Alto	Alto	Alto	Médio	Nada Lean
Alto	Alto	Alto	Alto	Baixo	Nada Lean
Alto	Alto	Alto	Médio	Alto	Nada Lean
Alto	Alto	Alto	Médio	Médio	Nada Lean
Alto	Alto	Alto	Médio	Baixo	Nada Lean
Alto	Alto	Alto	Baixo	Alto	Nada Lean
Alto	Alto	Alto	Baixo	Médio	Nada Lean
Alto	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Pouco Lean
Alto	Alto	Médio	Alto	Alto	Nada Lean
Alto	Alto	Médio	Alto	Médio	Nada Lean
Alto	Alto	Médio	Alto	Baixo	Nada Lean
Alto	Alto	Médio	Médio	Alto	Nada Lean
Alto	Alto	Médio	Médio	Médio	Pouco Lean
Alto	Alto	Médio	Médio	Baixo	Pouco Lean
Alto	Alto	Médio	Baixo	Alto	Nada Lean
Alto	Alto	Médio	Baixo	Médio	Pouco Lean
Alto	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Lean
Alto	Alto	Baixo	Alto	Alto	Nada Lean
Alto	Alto	Baixo	Alto	Médio	Nada Lean
Alto	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Pouco Lean
Alto	Alto	Baixo	Médio	Alto	Nada Lean
Alto	Alto	Baixo	Médio	Médio	Pouco Lean
Alto	Alto	Baixo	Médio	Baixo	Lean
Alto	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Pouco Lean
Alto	Alto	Baixo	Baixo	Médio	Lean
Alto	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Lean
Alto	Médio	Alto	Alto	Alto	Nada Lean
Alto	Médio	Alto	Alto	Médio	Nada Lean
Alto	Médio	Alto	Alto	Baixo	Nada Lean
Alto	Médio	Alto	Médio	Alto	Nada Lean
Alto	Médio	Alto	Médio	Médio	Pouco Lean
Alto	Médio	Alto	Médio	Baixo	Pouco Lean
Alto	Médio	Alto	Baixo	Alto	Nada Lean
Alto	Médio	Alto	Baixo	Médio	Pouco Lean
Alto	Médio	Alto	Baixo	Baixo	Lean
Alto	Médio	Médio	Alto	Alto	Nada Lean
Alto	Médio	Médio	Alto	Médio	Pouco Lean
Alto	Médio	Médio	Alto	Baixo	Pouco Lean

Alto	Médio	Médio	Médio	Alto	Pouco Lean
Alto	Médio	Médio	Médio	Médio	Pouco Lean
Alto	Médio	Médio	Médio	Baixo	Pouco Lean
Alto	Médio	Médio	Baixo	Alto	Pouco Lean
Alto	Médio	Médio	Baixo	Médio	Pouco Lean
Alto	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Lean
Alto	Médio	Baixo	Alto	Alto	Nada Lean
Alto	Médio	Baixo	Alto	Médio	Pouco Lean
Alto	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Lean
Alto	Médio	Baixo	Médio	Alto	Pouco Lean
Alto	Médio	Baixo	Médio	Médio	Pouco Lean
Alto	Médio	Baixo	Médio	Baixo	Lean
Alto	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Lean
Alto	Médio	Baixo	Baixo	Médio	Lean
Alto	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Lean
Alto	Baixo	Alto	Alto	Alto	Nada Lean
Alto	Baixo	Alto	Alto	Médio	Nada Lean
Alto	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Pouco Lean
Alto	Baixo	Alto	Médio	Alto	Nada Lean
Alto	Baixo	Alto	Médio	Médio	Pouco Lean
Alto	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Lean
Alto	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Pouco Lean
Alto	Baixo	Alto	Baixo	Médio	Lean
Alto	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Lean
Alto	Baixo	Médio	Alto	Alto	Nada Lean
Alto	Baixo	Médio	Alto	Médio	Pouco Lean
Alto	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Lean
Alto	Baixo	Médio	Médio	Alto	Pouco Lean
Alto	Baixo	Médio	Médio	Médio	Pouco Lean
Alto	Baixo	Médio	Médio	Baixo	Lean
Alto	Baixo	Médio	Baixo	Alto	Lean
Alto	Baixo	Médio	Baixo	Médio	Lean
Alto	Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Lean
Alto	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Pouco Lean
Alto	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Lean
Alto	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Lean
Alto	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Lean
Alto	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Lean
Alto	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Lean
Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Lean
Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Lean
Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Muito Lean
Médio	Alto	Alto	Alto	Alto	Nada Lean
Médio	Alto	Alto	Alto	Médio	Nada Lean
Médio	Alto	Alto	Alto	Baixo	Nada Lean

Médio	Alto	Alto	Médio	Alto	Nada Lean
Médio	Alto	Alto	Médio	Médio	Pouco Lean
Médio	Alto	Alto	Médio	Baixo	Pouco Lean
Médio	Alto	Alto	Baixo	Alto	Nada Lean
Médio	Alto	Alto	Baixo	Médio	Pouco Lean
Médio	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Lean
Médio	Alto	Médio	Alto	Alto	Nada Lean
Médio	Alto	Médio	Alto	Médio	Pouco Lean
Médio	Alto	Médio	Alto	Baixo	Pouco Lean
Médio	Alto	Médio	Médio	Alto	Pouco Lean
Médio	Alto	Médio	Médio	Médio	Pouco Lean
Médio	Alto	Médio	Médio	Baixo	Pouco Lean
Médio	Alto	Médio	Baixo	Alto	Pouco Lean
Médio	Alto	Médio	Baixo	Médio	Pouco Lean
Médio	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Lean
Médio	Alto	Baixo	Alto	Alto	Nada Lean
Médio	Alto	Baixo	Alto	Médio	Pouco Lean
Médio	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Lean
Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	Pouco Lean
Médio	Alto	Baixo	Médio	Médio	Pouco Lean
Médio	Alto	Baixo	Médio	Baixo	Lean
Médio	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Lean
Médio	Alto	Baixo	Baixo	Médio	Lean
Médio	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Lean
Médio	Médio	Alto	Alto	Alto	Nada Lean
Médio	Médio	Alto	Alto	Médio	Pouco Lean
Médio	Médio	Alto	Alto	Baixo	Pouco Lean
Médio	Médio	Alto	Médio	Alto	Pouco Lean
Médio	Médio	Alto	Médio	Médio	Pouco Lean
Médio	Médio	Alto	Médio	Baixo	Pouco Lean
Médio	Médio	Alto	Baixo	Alto	Pouco Lean
Médio	Médio	Alto	Baixo	Médio	Pouco Lean
Médio	Médio	Alto	Baixo	Baixo	Lean
Médio	Médio	Médio	Alto	Alto	Pouco Lean
Médio	Médio	Médio	Alto	Médio	Pouco Lean
Médio	Médio	Médio	Alto	Baixo	Pouco Lean
Médio	Médio	Médio	Médio	Alto	Pouco Lean
Médio	Médio	Médio	Médio	Médio	Pouco Lean
Médio	Médio	Médio	Médio	Baixo	Lean
Médio	Médio	Médio	Baixo	Alto	Pouco Lean
Médio	Médio	Médio	Baixo	Médio	Lean
Médio	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Lean
Médio	Médio	Baixo	Alto	Alto	Pouco Lean
Médio	Médio	Baixo	Alto	Médio	Pouco Lean
Médio	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Lean

Médio	Médio	Baixo	Médio	Alto	Pouco Lean
Médio	Médio	Baixo	Médio	Médio	Lean
Médio	Médio	Baixo	Médio	Baixo	Lean
Médio	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Lean
Médio	Médio	Baixo	Baixo	Médio	Lean
Médio	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Muito Lean
Médio	Baixo	Alto	Alto	Alto	Nada Lean
Médio	Baixo	Alto	Alto	Médio	Pouco Lean
Médio	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Lean
Médio	Baixo	Alto	Médio	Alto	Pouco Lean
Médio	Baixo	Alto	Médio	Médio	Pouco Lean
Médio	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Lean
Médio	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Lean
Médio	Baixo	Alto	Baixo	Médio	Lean
Médio	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Lean
Médio	Baixo	Médio	Alto	Alto	Pouco Lean
Médio	Baixo	Médio	Alto	Médio	Pouco Lean
Médio	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Lean
Médio	Baixo	Médio	Médio	Alto	Pouco Lean
Médio	Baixo	Médio	Médio	Médio	Lean
Médio	Baixo	Médio	Médio	Baixo	Lean
Médio	Baixo	Médio	Baixo	Alto	Lean
Médio	Baixo	Médio	Baixo	Médio	Lean
Médio	Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Muito Lean
Médio	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Lean
Médio	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Lean
Médio	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Lean
Médio	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Lean
Médio	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Lean
Médio	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Muito Lean
Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Lean
Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Muito Lean
Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Muito Lean
Baixo	Alto	Alto	Alto	Alto	Nada Lean
Baixo	Alto	Alto	Alto	Médio	Nada Lean
Baixo	Alto	Alto	Alto	Baixo	Pouco Lean
Baixo	Alto	Alto	Médio	Alto	Nada Lean
Baixo	Alto	Alto	Médio	Médio	Pouco Lean
Baixo	Alto	Alto	Médio	Baixo	Lean
Baixo	Alto	Alto	Baixo	Alto	Pouco Lean
Baixo	Alto	Alto	Baixo	Médio	Lean
Baixo	Alto	Alto	Baixo	Baixo	Lean
Baixo	Alto	Médio	Alto	Alto	Nada Lean
Baixo	Alto	Médio	Alto	Médio	Pouco Lean
Baixo	Alto	Médio	Alto	Baixo	Lean

Baixo	Alto	Médio	Médio	Alto	Pouco Lean
Baixo	Alto	Médio	Médio	Médio	Pouco Lean
Baixo	Alto	Médio	Médio	Baixo	Lean
Baixo	Alto	Médio	Baixo	Alto	Lean
Baixo	Alto	Médio	Baixo	Médio	Lean
Baixo	Alto	Médio	Baixo	Baixo	Lean
Baixo	Alto	Baixo	Alto	Alto	Pouco Lean
Baixo	Alto	Baixo	Alto	Médio	Lean
Baixo	Alto	Baixo	Alto	Baixo	Lean
Baixo	Alto	Baixo	Médio	Alto	Lean
Baixo	Alto	Baixo	Médio	Médio	Lean
Baixo	Alto	Baixo	Médio	Baixo	Lean
Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Alto	Lean
Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Médio	Lean
Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Baixo	Muito Lean
Baixo	Médio	Alto	Alto	Alto	Nada Lean
Baixo	Médio	Alto	Alto	Médio	Pouco Lean
Baixo	Médio	Alto	Alto	Baixo	Lean
Baixo	Médio	Alto	Médio	Alto	Pouco Lean
Baixo	Médio	Alto	Médio	Médio	Pouco Lean
Baixo	Médio	Alto	Médio	Baixo	Lean
Baixo	Médio	Alto	Baixo	Alto	Lean
Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Lean
Baixo	Médio	Alto	Baixo	Baixo	Lean
Baixo	Médio	Médio	Alto	Alto	Pouco Lean
Baixo	Médio	Médio	Alto	Médio	Pouco Lean
Baixo	Médio	Médio	Alto	Baixo	Lean
Baixo	Médio	Médio	Médio	Alto	Pouco Lean
Baixo	Médio	Médio	Médio	Médio	Lean
Baixo	Médio	Médio	Médio	Baixo	Lean
Baixo	Médio	Médio	Baixo	Alto	Lean
Baixo	Médio	Médio	Baixo	Médio	Lean
Baixo	Médio	Médio	Baixo	Baixo	Muito Lean
Baixo	Médio	Baixo	Alto	Alto	Lean
Baixo	Médio	Baixo	Alto	Médio	Lean
Baixo	Médio	Baixo	Alto	Baixo	Lean
Baixo	Médio	Baixo	Médio	Alto	Lean
Baixo	Médio	Baixo	Médio	Médio	Lean
Baixo	Médio	Baixo	Médio	Baixo	Muito Lean
Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Alto	Lean
Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Médio	Muito Lean
Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Baixo	Muito Lean
Baixo	Baixo	Alto	Alto	Alto	Pouco Lean
Baixo	Baixo	Alto	Alto	Médio	Lean
Baixo	Baixo	Alto	Alto	Baixo	Lean

Baixo	Baixo	Alto	Médio	Alto	Lean
Baixo	Baixo	Alto	Médio	Médio	Lean
Baixo	Baixo	Alto	Médio	Baixo	Lean
Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Alto	Lean
Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Médio	Lean
Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Baixo	Muito Lean
Baixo	Baixo	Médio	Alto	Alto	Lean
Baixo	Baixo	Médio	Alto	Médio	Lean
Baixo	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Lean
Baixo	Baixo	Médio	Médio	Alto	Lean
Baixo	Baixo	Médio	Médio	Médio	Lean
Baixo	Baixo	Médio	Médio	Baixo	Muito Lean
Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Alto	Lean
Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Médio	Muito Lean
Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Baixo	Muito Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Alto	Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Médio	Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Baixo	Muito Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Alto	Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Médio	Muito Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Baixo	Muito Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Alto	Muito Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Médio	Muito Lean
Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Muito Lean

## Anexo 3 - Resultados recolhidos durante os meses de Abril, Maio e Junho

Atividade	Variável	Critérios	Unidades	Resultado do trimestre
Receção	Custo	Custo derivado da perda de materiais	€/Trimestre	22000
		Custo derivado da danificação de materiais	€/Trimestre	4368
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	€/Trimestre	1310
		Custo de material (Etiquetas, filme, sacos, etc)	€/Trimestre	57
		Custo relacionado com embalamento de material a devolver	Valor médio em € por embalamento/trimestre	4
	Qualidade	Quantidade de material danificado/defeituoso detetado a receção	Unidades médias/trimestre	34
		Quantidade de material em falta em relação a PO (Purchase order)	Referências/trimestre	1
		Quantidade de material recebido sem PO	Referências/trimestre	6
		Quantidade de material errado recebido na receção	Referências/Trimestre	2
		Quantidade de material recebido sem identificação	Referências/Trimestre	6
	Tempo	Tempo gasto para verificação de mercadoria sem PO's	Minutos médios/dia/trimestre	17
		Tempo gasto em movimentações entre estações de trabalho	Minutos médio/movimentação/trimestre	1
		Tempo gasto com a validação da identificação do material recebido	Minutos médios/dia/trimestre	4
		Tempo gasto com processos de descarga	Minutos médios/operação/trimestre	14
		Tempo gasto com introdução em sistema	Minutos médios/operação/trimestre	7

Atividade	Variável	Critérios	Unidades	Resultado do trimestre
Armazém	Custo	Custo derivado da perda/danificação de materiais	€/Trimestre	8634
		Custo associado ao nível de stock	€/Trimestre	4567052
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	€/Trimestre	34
		Custo do material (Filme, sacos, fita cola, etc..)	€/Trimestre	43
		Custo de materiais obsoletos	€/Trimestre	867
	Qualidade	Quantidade de material danificado no processo de arrumação	Referências /trimestre	17
		Quantidade de material em falta em relação ao sistema (Discrepancias físicas com o sistema)	Referências /trimestre	833
		Quantidade de material errado recebido da receção	Referências /trimestre	1
		Quantidade de material mal localizado	Referências /trimestre	7
		Quantidade de devoluções de material	Referências /trimestre	26
	Tempo	Tempo gasto com movimentações entre locators	Minutos médios/operação/trimestre	12
		Tempo gasto a procura de materiais perdidos	Minutos médios/operação/trimestre	25
		Tempo gasto com processos de arrumação (Paletização, etc..)	Minutos médios/operação/trimestre	2
		Tempo gasto com correção de erros	Minutos médios/operação/trimestre	2
		Tempo gasto com o processo de armazenagem (material seriado)	Minutos médios/operação/trimestre	1

Atividade	Variável	Crerios	Unidades	Resultado do trimestre
Picking	Custo	Custo derivado da perda de materiais	€/Trimestre	27582
		Custo derivado da danificação de materiais	€/Trimestre	1656
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	€/Trimestre	1253
		Custo associado a paragem de linha	€/Trimestre	511
		Custo associado a retrabalho (devoluções de linha)	€/Trimestre	622
	Qualidade	Quantidade de materiais perdidos (PICKING - PRODUÇÃO)	Referências médias/dia/trimestre	3
		Quantidade de materiais transferidos indevidamente	Referências médias/dia/trimestre	2
		Quantidade de ordens de trabalho coletados em duplicado	ordens de trabalho/trimestre	1
		Quantidade de materiais coletados indevidamente	Referências/trimestre	8
		Quantidade de ordens de trabalho cancelados	ordens de trabalho/trimestre	2
	Tempo	Tempo gasto com movimentação do material em sistema	Minutos médios/operação/trimestre	3
		Tempo gasto com movimentações físicas entre locators	Minutos médios/operação/trimestre	7
		Tempo gasto com a preparação de pickings	Minutos médios/operação/trimestre	5
		Tempo gasto com verificação de listas de picking face aos ordens de trabalho lançados (Verificação se estão ou não completos)	Minutos médios/operação/trimestre	30
		Tempo gasto com seguimento e entrega de faltas	Minutos médios/dia/trimestre	13

Atividade	Variável	Crítérios	Unidades	Resultado do trimestre
Expedição	Custo	Custo derivado a retrabalhos (embalar e desembalar)	€/dia/trimestre	25
		Custo derivado da danificação de materiais	€/Trimestre	2325
		Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	€/Trimestre	3409
		Custo relacionado com transportes urgentes	€/Trimestre	1953
		Custo de materiais de embalagem estragados (caixas de madeira, etc..)	€/Trimestre	254
	Qualidade	Quantidade de materiais perdidos	materiais perdidos/ por trimestre	2
		Quantidade de envios incompletos	envios incompletos/ por trimestre	1
		Quantidade de envios "not on time"	Envios "not on time"/por trimestre	14
		Quantidade de envios urgentes	Envios urgentes/por trimestre	30
		Quantidade de reclamações obtidas	Reclamações/ por trimestre	2
	Tempo	Tempo gasto com movimentações entre estações de trabalho	minutos/ por movimentação	2
		Tempo gasto com preparação de documentação	minutos/ por envio	25
		Tempo gasto com preparação de envios (a nível de embalagem)	minutos/ por embalagem	24
		Tempo gasto a procura de materiais perdidos	minutos/ por referência	13
		Tempo gasto com embalagem	minutos/ por equipamento	24

























'240. If (Material\_\_S/PO is Baixo) and (Movimentacoes\_\_Estacoes\_\_trabalho is Baixo) and (Processo\_\_de\_\_Validação is Baixo) and (Descarga\_\_de\_\_material is médio) and (Introdução\_\_Sistema is baixo) then (Tempo is Muito\_Lean) (1)'

'241. If (Material\_\_S/PO is Baixo) and (Movimentacoes\_\_Estacoes\_\_trabalho is Baixo) and (Processo\_\_de\_\_Validação is Baixo) and (Descarga\_\_de\_\_material is baixo) and (Introdução\_\_Sistema is alto) then (Tempo is Muito\_Lean) (1)'

'242. If (Material\_\_S/PO is Baixo) and (Movimentacoes\_\_Estacoes\_\_trabalho is Baixo) and (Processo\_\_de\_\_Validação is Baixo) and (Descarga\_\_de\_\_material is baixo) and (Introdução\_\_Sistema is médio) then (Tempo is Muito\_Lean) (1)'

'243. If (Material\_\_S/PO is Baixo) and (Movimentacoes\_\_Estacoes\_\_trabalho is Baixo) and (Processo\_\_de\_\_Validação is Baixo) and (Descarga\_\_de\_\_material is baixo) and (Introdução\_\_Sistema is baixo) then (Tempo is Muito\_Lean) (1)'

## Anexo 5 – Resultados obtidos do modelo por atividade

Atividade	Lean level por departamento	Nível Lean do departamento	Variável	Lean level por variável	Resultado da variável	Critérios	Resultados	Conjunto difuso			Conjunto difuso adaptado			Unidades	Resultado do trimestre	Resultado adaptado			
								Mínimo	Méio	Máximo	Mínimo	Méio	Máximo						
Receção	60%	Lean	Custo	56,3%	Lean	Custo derivado da perda de materiais	Alto	18000	26500	35000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	22000	0,37			
							Méio	3000	11500	20000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	2000	4000	0,6	0,8	1						
						Custo derivado da danificação de materiais	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	4368	0,38			
							Méio	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1						
						Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5750	8000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	1310	0,84			
							Méio	2000	3000	4000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1250	2500	0,6	0,8	1						
						Custo de material (Etiquetas, filme, sacos, etc)	Alto	280	440	600	0	0,2	0,4	€/Trimestre	57	0,91			
							Méio	180	240	300	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	100	200	0,6	0,8	1						
			Custo relacionado com embalagem de material a devolver	Alto	2,5	3,75	5	0	0,2	0,4	Valor médio em € por embalagem/trimestre	4	0,23						
				Méio	1,5	2,25	3	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1									
			Qualidade	62,5%	Lean	Qualidade	62,5%	Lean	Quantidade de material danificado/defeituoso detetado a receção	Alto	40	60	80	0	0,2	0,4	Unidades médias/trimestre	34	0,58
										Méio	20	35	50	0,3	0,5	0,7			
										Baixo	0	15	30	0,6	0,8	1			
									Quantidade de material em falta em relação a PO (Purchase order)	Alto	5	7,5	10	0	0,2	0,4	Referências/trimestre	1	0,90
										Méio	2	4,5	7	0,3	0,5	0,7			
										Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1			
									Quantidade de material recebido sem PO	Alto	7	9,5	12	0	0,2	0,4	Referências/trimestre	6	0,50
										Méio	3	5,5	8	0,3	0,5	0,7			
										Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1			
Quantidade de material errado recebido na receção	Alto	6							9	12	0	0,2	0,4	Referências/Trimestre	2	0,83			
	Méio	2							5	8	0,3	0,5	0,7						
	Baixo	0							1,5	3	0,6	0,8	1						
Quantidade de material recebido sem identificação	Alto	7	11	15	0	0,2	0,4	Referências/Trimestre	6	0,60									
	Méio	3	6,5	10	0,3	0,5	0,7												
	Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1												
Tempo	62,5%	Lean	Tempo	62,5%	Lean	Tempo gasto para verificação de mercadoria sem PO's	Alto	18	24	30	0	0,2	0,4	Minutos médios/dia/trimestre	17	0,43			
							Méio	8	14	20	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1						
						Tempo gasto em movimentações entre estações de trabalho	Alto	2,5	4,25	6	0	0,2	0,4	Minutos médio/movimentação/trimestre	1	0,78			
							Méio	1,5	2,75	4	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1						
						Tempo gasto com a validação da identificação do material recebido	Alto	5	7,5	10	0	0,2	0,4	Minutos médios/dia/trimestre	4	0,60			
							Méio	2	4	6	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1						
						Tempo gasto com processos de descarga	Alto	18	24	30	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	14	0,53			
							Méio	8	14	20	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1						
Tempo gasto com introdução em sistema	Alto	6	10,5	15	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	7	0,53									
	Méio	3	5	7	0,3	0,5	0,7												
	Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1												

Atividade	Lean level por departamento	Nível Lean do departamento	Variável	Lean level por variável	Resultado da variável	Critérios	Resultados	Conjunto difuso			Conjunto difuso adaptado			Unidades	Resultado do trimestre	Resultado adaptado			
								Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo						
Armazém	71%	Lean	Custo	87,5%	Muito Lean	Custo derivado da perda/danificação de materiais	Alto	18000	26500	35000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	8634	0,75			
							Médio	6000	13000	20000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	4000	8000	0,6	0,8	1						
						Custo associado ao nível de stock	Alto	5000000	6500000	8000000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	4567052	0,43			
							Médio	2500000	4250000	6000000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1500000	3000000	0,6	0,8	1						
						Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	34	1,00			
							Médio	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1						
						Custo do material (Filme, sacos, fita cola, etc..)	Alto	130	165	200	0	0,2	0,4	€/Trimestre	43	0,79			
							Médio	60	105	150	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	35	70	0,6	0,8	1						
			Custo de materiais obsoletos	Alto	1100	1800	2500	0	0,2	0,4	€/Trimestre	867	0,65						
				Médio	650	925	1200	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	400	800	0,6	0,8	1									
			Qualidade	62,5%	Lean	Quantidade de material danificado no processo de arrumação	Alto	25	37,5	50	0	0,2	0,4	Referências /trimestre	17	0,66			
							Médio	8	19	30	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1						
							Alto	4000	7000	10000	0	0,2	0,4				Referências /trimestre	833	0,92
							Médio	800	2900	5000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	500	1000	0,6	0,8	1						
						Quantidade de material errado recebido da receção	Alto	4	7	10	0	0,2	0,4	Referências /trimestre	1	0,90			
							Médio	2	3,5	5	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1						
Quantidade de material mal localizado	Alto	4				7	10	0	0,2	0,4	Referências /trimestre	7	0,30						
	Médio	2				3,5	5	0,3	0,5	0,7									
	Baixo	0				1,5	3	0,6	0,8	1									
Quantidade de devoluções de material	Alto	16	23	30	0	0,2	0,4	Referências /trimestre	26	0,13									
	Médio	8	14	20	0,3	0,5	0,7												
	Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1												
Tempo	62,5%	Lean	Tempo gasto com movimentações entre locators	Alto	10	15	20	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	12	0,40						
				Médio	3,5	9,25	15	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1									
			Tempo gasto a procura de materiais perdidos	Alto	30	45	60	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	25	0,58						
				Médio	10	25	40	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	7,5	15	0,6	0,8	1									
			Tempo gasto com processos de arrumação (Paletização, etc..)	Alto	2,4	4,2	6	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	2	0,62						
				Médio	1	2	3	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	1,4	2,8	0,6	0,8	1									
			Tempo gasto com correção de erros	Alto	2,4	4,2	6	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	2	0,60						
				Médio	1	2	3	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	1,4	2,8	0,6	0,8	1									
Tempo gasto com o processo de armazenagem (material seriado)	Alto	2,4	4,2	6	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	1	0,78									
	Médio	1	2	3	0,3	0,5	0,7												
	Baixo	0	1,4	2,8	0,6	0,8	1												

Atividade	Lean level por departamento	Nível Lean do departamento	Variável	Lean level por variável	Resultado da variável	Critérios	Resultados	Conjunto difuso			Conjunto difuso adaptado			Unidades	Resultado do trimestre	Resultado adaptado			
								Mínimo	Médo	Máximo	Mínimo	Médo	Máximo						
Picking	77%	Muito Lean	Custo	81,8%	Muito Lean	Custo derivado da perda de materiais	Alto	180000	265000	350000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	27582	0,92			
							Médo	30000	115000	200000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	20000	40000	0,6	0,8	1						
						Custo derivado da danificação de materiais	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	1656	0,76			
							Médo	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1						
						Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5750	8000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	1253	0,84			
							Médo	2000	3000	4000	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1250	2500	0,6	0,8	1						
						Custo associado a paragem de linha	Alto	700	900	1100	0	0,2	0,4	€/Trimestre	511	0,54			
							Médo	500	650	800	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	300	600	0,6	0,8	1						
			Custo associado a retrabalho (devoluções de linha)	Alto	768	884	1000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	622	0,38						
				Médo	192	496	800	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	100	200	0,6	0,8	1									
			Qualidade	87,5%	Muito Lean	Quantidade de materiais perdidos (PICKING - PRODUÇÃO)	Alto	4	7	10	0	0,2	0,4	Referências médias/dia/trimestre	3	0,70			
							Médo	2	4	6	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1						
							Alto	2	5	8	0	0,2	0,4				Referências médias/dia/trimestre	2	0,75
							Médo	1	2	3	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1						
						Quantidade de ordens de trabalho coletados em duplicado	Alto	2	5	8	0	0,2	0,4	ordens de trabalho/trimestre	1	0,88			
							Médo	1	2	3	0,3	0,5	0,7						
							Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1						
Quantidade de materiais coletados indevidamente	Alto	30				35	40	0	0,2	0,4	Referências/trimestre	8	0,80						
	Médo	16				25,5	35	0,3	0,5	0,7									
	Baixo	0				10	20	0,6	0,8	1									
Quantidade de ordens de trabalho cancelados	Alto	2	5	8	0	0,2	0,4	ordens de trabalho/trimestre	2	0,75									
	Médo	1	2	3	0,3	0,5	0,7												
	Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1												
Tempo	62,5%	Lean	Tempo gasto com movimentação do material em sistema	Alto	1,5	2,75	4	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	3	0,25						
				Médo	0,5	1,25	2	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	0,5	1	0,6	0,8	1									
			Tempo gasto com movimentações físicas entre locators	Alto	10	20	30	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	7	0,77						
				Médo	4	9,5	15	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1									
			Tempo gasto com a preparação de pickings	Alto	10	15	20	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	5	0,75						
				Médo	4	8	12	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	2,5	5	0,6	0,8	1									
			Tempo gasto com verificação de listas de picking face aos ordens de trabalho lançados (Verificação se estão ou não completos)	Alto	18	29	40	0	0,2	0,4	Minutos médios/operação/trimestre	30	0,25						
				Médo	8	14	20	0,3	0,5	0,7									
				Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1									
Tempo gasto com seguimento e entrega de faltas	Alto	22	36	50	0	0,2	0,4	Minutos médios/dia/trimestre	13	0,74									
	Médo	8	16,5	25	0,3	0,5	0,7												
	Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1												

Atividade	Lean level por departamento	Nível Lean do departamento	Variável	Lean level por variável	Resultado da variável	Critérios	Resultados	Conjunto difuso			Conjunto difuso adaptado			Unidades	Resultado do trimestre	Resultado adaptado
								Mínimo	Médio	Máximo	Mínimo	Médio	Máximo			
Expedição	53%	Lean	Custo	47,2%	Pouco Lean	Custo derivado a retrabalhos (embalar e desembalar)	Alto	43	55,5	68	0	0,2	0,4	€/dia/trimestre	25	0,63
							Médio	9	30	51	0,3	0,5	0,7			
							Baixo	0	9	18	0,6	0,8	1			
						Custo derivado da danificação de materiais	Alto	3500	5250	7000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	2325	0,67
							Médio	1500	2750	4000	0,3	0,5	0,7			
							Baixo	0	1000	2000	0,6	0,8	1			
			Custo associado a mão de obra extra (Horas extraordinárias, subcontratação)	Alto	3500	5750	8000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	3409	0,57			
				Médio	2000	3000	4000	0,3	0,5	0,7						
				Baixo	0	1250	2500	0,6	0,8	1						
			Custo relacionado com transportes urgentes	Alto	1500	2250	3000	0	0,2	0,4	€/Trimestre	1953	0,35			
				Médio	500	1250	2000	0,3	0,5	0,7						
				Baixo	0	500	1000	0,6	0,8	1						
	Custo de materiais de embalamento estragados (caixas de madeira, etc.)	Alto	145	222,5	300	0	0,2	0,4	€/Trimestre	254	0,15					
		Médio	28	89	150	0,3	0,5	0,7								
		Baixo	0	15	30	0,6	0,8	1								
	53%	Lean	Qualidade	50,0%	Pouco Lean	Quantidade de materiais perdidos	Alto	5	7,5	10	0	0,2	0,4	materiais perdidos/ por trimestre	2	0,80
							Médio	2	4	6	0,3	0,5	0,7			
							Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1			
						Quantidade de envios incompletos	Alto	4	7	10	0	0,2	0,4	envios incompletos/ por trimestre	1	0,90
							Médio	2	3,5	5	0,3	0,5	0,7			
							Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1			
			Quantidade de envios "not on time"	Alto	15	22,5	30	0	0,2	0,4	Envios "not on time"/por trimestre	14	0,53			
				Médio	5	11	17	0,3	0,5	0,7						
				Baixo	0	3	6	0,6	0,8	1						
Quantidade de envios urgentes			Alto	15	22,5	30	0	0,2	0,4	Envios urgentes/por trimestre	30	0,00				
			Médio	5	12,5	20	0,3	0,5	0,7							
			Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1							
Quantidade de reclamações obtidas	Alto	5	8,5	12	0	0,2	0,4	Reclamações/ por trimestre	2	0,83						
	Médio	1	3,5	6	0,3	0,5	0,7									
	Baixo	0	1	2	0,6	0,8	1									
62,5%	Lean	Tempo	62,5%	Lean	Tempo gasto com movimentações entre estações de trabalho	Alto	5	6,5	8	0	0,2	0,4	minutos/ por movimentação	2	0,75	
						Médio	2	4	6	0,3	0,5	0,7				
						Baixo	0	1,5	3	0,6	0,8	1				
					Tempo gasto com preparação de documentação	Alto	18	31,5	45	0	0,2	0,4	minutos/ por envio	25	0,44	
						Médio	8	14	20	0,3	0,5	0,7				
						Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1				
		Tempo gasto com preparação de envios (a nível de embalamento)	Alto	23	31,5	40	0	0,2	0,4	minutos/ por embalamento	24	0,40				
			Médio	8	16,5	25	0,3	0,5	0,7							
			Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1							
		Tempo gasto a procura de materiais perdidos	Alto	26	58	90	0	0,2	0,4	minutos/ por referência	13	0,86				
			Médio	8	19	30	0,3	0,5	0,7							
			Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1							
Tempo gasto com embalamento	Alto	23	36,5	50	0	0,2	0,4	minutos/ por equipamento	24	0,52						
	Médio	8	16,5	25	0,3	0,5	0,7									
	Baixo	0	5	10	0,6	0,8	1									