



**Sofia Araújo Quirino Rosa**

Licenciatura em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

## **Aplicação da metodologia Seis Sigma na indústria de alimentos congelados**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professor Doutor José Fernando Gomes  
Requeijo, Professor Auxiliar, FCT - UNL

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Alexandra Maria Baptista Ramos Tenera  
Arguente(s): Prof. Doutor Izunildo Fernandes Cabral  
Vogal(ais): Prof. Doutor José Fernando Gomes Requeijo



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Março, 2018**



## **Aplicação do Seis Sigma na avaliação de temperaturas na transformação e embalamento de alimentos congelados**

*Copyright:*

Sofia Araújo Quirino Rosa, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## Agradecimentos

Eis que se finalizou mais uma etapa. Não é só mais uma, não é como outras etapas quaisquer. Este documento representa o culminar de 5 anos de muito esforço, noites em branco, e mesmo lágrimas. Mas nem tudo foram desgraças. Não obstante as dificuldades que tive que ultrapassar (quem andou na faculdade sabe que poucas não são), daqui levo a minha melhor e mais enriquecedora experiência na minha ainda curta vida até agora (não te preocupes mãe, 23 não é muito mas 53 também não). Agora espera-me o resto da minha vida, a qual vou enfrentar de cabeça erguida sabendo que ultrapassei estes anos todos sem nunca desistir e procurando sempre dar o melhor de mim. Se o fiz sozinha? Nem pensar. E por isso gostaria de aqui deixar alguns agradecimentos aos maiores intervenientes no meu sucesso.

Ao Professor José Requeijo, pela paciência que teve durante toda a orientação para as minhas incessantes dúvidas. Sem a disponibilidade e vontade em ajudar do Professor nada disto seria possível.

À Eng<sup>a</sup>. Inês Pimentel pela oportunidade, e à Ana Brazuna, pela disponibilidade em resolver dúvidas, por toda a ajuda prestada, e pela liberdade de escolha na tomada de decisões durante o desenvolvimento da temática estudada. A toda a equipa do departamento da Qualidade da Gelpeixe pelo acolhimento caloroso e pela boa disposição.

À minha mãe, a minha querida mãe e maior companheira durante a minha vida, tenho a agradecer por tudo aquilo que sou hoje. Sem ti, sem toda a tua paciência e capacidade para lidares com os meus momentos de puro mau feitio, rabugice e má disposição eu estaria muito honestamente perdida. Mas não é tudo mau, por isso obrigada por também estares lá nos bons momentos, e sobretudo nos ótimos. És e serás sempre a primeira pessoa a quem ligo a dar as boas notícias.

Ao Daniel, o meu maior amigo, na vida e no amor. Conhecemo-nos no nosso 1º ano da faculdade, caloirinhos, nem sabíamos o que nos esperava, não era? Mas o facto de desde esse primeiro momento teres estado sempre do meu lado tornou tudo melhor. Graças a ti posso dizer que a faculdade não só mudou a minha vida, mas fez-me conhecer alguém que mudou quem eu sou (para melhor, claro).

Por último, mas não menos importante, à minha família e amigos, que sempre estiveram lá para me apoiar e oferecer direção quando tudo parecia descambar diante de mim. Com especial menção aos meus avós, à minha tia Isabel e às minhas amigas Catarina, Raquel e Marta, as minhas amigas mais duradouras.



## Resumo

Na indústria alimentar, a importância de garantir a qualidade máxima possível dos produtos acabados tem vindo cada vez mais a ser um dos objetivos fulcrais nas organizações que operam neste setor; esta necessidade provém tanto da competição entre empresas como da segurança alimentar que tem que ser garantida aos consumidores.

No caso do setor de alimentos congelados, a temperatura a que estes se encontram ao longo de todo o processo é um fator extremamente decisivo na qualidade dos produtos, tanto por questões legislativas, como por questões de saúde dos consumidores finais, como por posicionamento das empresas no mercado face à sua qualidade.

Com isto em mente, realizou-se um estudo com a aplicação da metodologia Seis Sigma, tendo como objetivo a diminuição de produtos defeituosos, no qual se utilizou como resposta da Qualidade a temperatura de uma gama de produtos congelados (todos eles peixe e marisco), os quais se categorizou em dois grupos com base no seu comportamento em termos térmicos, e aplicou-se o ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*), suportado por variadas ferramentas e técnicas da qualidade ao longo de todas as suas fases.

O nível Sigma obtido na fase *Measure* foi de 3,32 para o Grupo A e de 4,69 para o Grupo B. O nível sigma ideal seria igual a 6, que corresponde a 3,4 produtos não conforme (neste caso com uma temperatura acima da considerada aceitável) em um milhão de produtos. No entanto, atualmente seria irrealista para este processo numa primeira iteração chegar ao nível 6 na escala sigma devido à sua sensibilidade e constrangimentos, pelo que se apontou atingir pelo menos o nível 4,5 para o Grupo A e o nível 5 para o Grupo B.

Na fase *Analyze* foram analisadas as causas mais prováveis do problema, e para estas foram selecionadas ações de melhoria, na fase *Improve* as quais se focaram sobretudo na sala de produção (onde se efetua o corte e o embalamento dos produtos), as quais se verificou serem as mais adequadas e que vão de encontro aos pontos críticos do problema, aumentando o nível Sigma. Na fase *Control* procurou-se reunir medidas e sugestões para que possíveis melhorias que se venham a implementar se mantenham de um modo contínuo e para que futuramente se implementem ações na tentativa de estabilizar ao máximo o processo de laboração.

**PALAVRAS-CHAVE:** Seis Sigma, Ciclo DMAIC, Qualidade na Indústria Alimentar de Congelados, Segurança Alimentar, Temperaturas, Peixe e Marisco



## Abstract

In the food industry, the importance of guaranteeing the maximum possible quality of finished products has started to become one of the core objectives in organizations that work in the industry. This necessity stems both from market competition and from food safety, which has to be guaranteed to consumers.

In the frozen food industry, the temperature of products along the supply chain is an extremely decisive factor in their quality, because of legislation and due to health safety issues associated with consumption of these products, and to market positioning of companies according to their quality.

With this in mind, a study was executed based on the Six Sigma methodology, with the objective of reducing the quantity of defective products, in which the temperature of a range of frozen products (fish and seafood) was used as the Quality output, which were categorised into two groups based on their thermal behaviour. Then the DMAIC cycle was applied, supported by several quality tools and techniques throughout all of the phases.

The Sigma level obtained in the Measure phase was 3,32 for group A and 4,69 for group B. The ideal Sigma level would be 6, which corresponds to 3,4 nonconforming products (in this case with a temperature above the acceptable) in a million products. However, considering that currently for this process to reach sigma level 6 would be unrealistic due to its sensibility and constraints, the aim was for group A to reach at least Sigma level 4,5 and group B to reach Sigma level 5.

In the Analyse phase the most probable causes for the problem were evaluated, and improvement measures were selected, which focused mainly in the production room (where products are cut and packaged), and it was verified that the solutions were the most adequate to solving the critical problems in the Improve phase, thus increasing Sigma level. In the Control phase, measures and suggestions were proposed so that possible improvements that may be implemented will be maintained continuously and that in the future other measures will be implemented in an attempt to maximize stabilization of the working process.

**KEY WORDS:** Six Sigma, DMAIC Cycle, Quality in the Frozen Food Industry, Food Safety, Temperatures, Fish and Seafood



# Índice

1 Introdução.....	1
1.1 Enquadramento e justificação do tema .....	1
1.2 Objetivos .....	2
1.3 Metodologia .....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2 A Qualidade e a Indústria Alimentar .....	5
2.1 Evolução Histórica da Qualidade .....	5
2.2 Conceito de Qualidade .....	7
2.3 Qualidade na Indústria Alimentar .....	8
2.3.1 História do Controlo da Qualidade na Indústria Alimentar.....	9
2.3.2 Sistemas de Gestão da Qualidade na Indústria Alimentar .....	11
3 Seis Sigma .....	15
3.1 A origem do Seis Sigma .....	15
3.2 Evolução Histórica do Seis Sigma.....	16
3.3 Seis Sigma – Definição.....	17
3.4 Efeitos e benefícios da implementação do Seis Sigma .....	18
3.5 Ciclo DMAIC .....	18
3.5.1 Define .....	19
3.5.2 Measure .....	20
3.5.3 Analyze .....	20
3.5.4 Improve .....	20
3.5.5 Control.....	21
3.6 Técnicas e Ferramentas da Qualidade .....	21
3.6.1 <i>Project Charter</i> .....	21
3.6.2 SIPOC ( <i>Supplier, Input, Process, Output e Customer</i> ).....	22
3.6.3 Diagrama de Gantt.....	22
3.6.4 <i>Critical-To-Quality</i> (CTQ) .....	24
3.6.5 Fluxograma do processo ( <i>Process Flowchart</i> ) .....	24
3.6.6 Plano de Recolha de Dados ( <i>Data Collection Plan</i> ) .....	24

3.6.7 Teste de Hipóteses .....	25
3.6.8 Cartas de Controlo .....	28
3.6.9 Histograma .....	31
3.6.10 <i>Brainstorming</i> .....	32
3.6.11 Diagrama de Causa-e-Efeito .....	33
3.6.12 Diagrama de Afinidades .....	35
3.6.13 Diagrama de Pareto .....	35
3.6.14 Matriz de Prioridades .....	36
3.6.15 5W2H .....	37
4 Caracterização da empresa .....	39
4.1 História da Empresa .....	39
4.2 Missão, visão e objetivos .....	40
4.3 Produtos .....	40
4.4 Fluxo produtivo .....	41
4.5 Capacidade produtiva e tecnologias .....	42
5 Estudo de Caso .....	45
5.1 Fase <i>Define</i> .....	45
5.1.1 Seleção do projeto .....	46
5.1.2 <i>Project Charter</i> .....	47
5.1.3 Diagrama de Gantt .....	49
5.1.4 SIPOC .....	49
5.1.5 <i>Critical-to-Quality</i> (CTQs) .....	50
5.2 Fase <i>Measure</i> .....	51
5.2.1 Fluxograma do Processo ( <i>Process Flowchart</i> ) .....	52
5.2.2 Plano de Recolha de Dados .....	53
5.2.3 Recolha dos Dados .....	54
5.2.4 Cartas de controlo .....	57
5.2.5 Normalidade dos dados .....	63
5.3 Fase <i>Analyze</i> .....	67
5.3.1 <i>Brainstorming</i> .....	67

5.3.2 Diagrama de Ishikawa.....	68
5.3.3 Diagrama de Afinidades.....	70
5.3.4 Diagrama de Pareto .....	71
5.4 Fase <i>Improve</i> .....	73
5.4.1 Matriz de Prioridades .....	74
5.5 Fase <i>Control</i> .....	79
5.5.1 Plano de controlo e monitorização do processo .....	79
6 Conclusões e Sugestões.....	83
6.1 Conclusões do estudo .....	83
6.2 Contribuições da dissertação .....	84
6.3 Sugestões a desenvolver futuramente .....	85
Referências Bibliográficas.....	87
Anexos.....	93



## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Ciclo PDCA ( <i>Plan, Do, Check, Action</i> ) .....	10
Figura 2.2 - Estrutura base da cadeia de abastecimento alimentar .....	11
Figura 3.1 - Gerações de Seis Sigma .....	17
Figura 3.2 - Ciclo DMAIC .....	19
Figura 3.3 - Diagrama SIPOC .....	23
Figura 3.4 - Diagrama de Gantt.....	23
Figura 3.5 - Exemplo de Fluxograma de Processo .....	25
Figura 3.6 - Teste unilateral (à direita) .....	26
Figura 3.7 - Carta de Controlo.....	29
Figura 3.8 - Exemplo de histograma .....	32
Figura 3.9 - Diagrama de Ishikawa (exemplo) .....	34
Figura 4.1 - Produto Gelpeixe (Pescada nº 5) .....	41
Figura 4.2 - Principais atividades da empresa .....	42
Figura 5.1 - Fase <i>Define</i> .....	45
Figura 5.2 - Fluxo do processo - Sala de produção .....	47
Figura 5.3 - Fase <i>Measure</i> .....	51
Figura 5.4 - Fluxograma do processo produtivo .....	52
Figura 5.5 - Carta de controlo da média (grupo A) .....	58
Figura 5.6 - Carta de controlo do desvio padrão (grupo A) .....	58
Figura 5.7 - Carta de controlo da média (grupo A) sem <i>outliers</i> .....	59
Figura 5.8 - Carta de controlo do desvio padrão (grupo A) sem outliers .....	60
Figura 5.9 - Carta de controlo da média (grupo B) .....	60
Figura 5.10 - Carta de controlo do desvio padrão (grupo B) .....	61
Figura 5.11 - Carta de controlo da média (grupo B) sem <i>outliers</i> .....	62
Figura 5.12 - Carta de controlo do desvio padrão (grupo B) sem outliers.....	62
Figura 5.13 - Histograma (grupoA).....	63
Figura 5.14 - Histograma (grupo B).....	64

Figura 5.15 - Probabilidade $p$ .....	65
Figura 5.16 - Fase <i>Analyze</i> .....	67
Figura 5.17 - Diagrama de Ishikawa .....	69
Figura 5.18 - Diagrama de Pareto .....	72
Figura 5.19 - Fase <i>Improve</i> .....	73
Figura 5.20 - Fase <i>Control</i> .....	79

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Definição de Qualidade segundo vários autores .....	7
Tabela 3.1 - Definições de Seis Sigma .....	17
Tabela 3.2 – Limites de controlo (parâmetros do processo não conhecidos) .....	31
Tabela 3.3 - Matriz de prioridade de critérios.....	36
Tabela 3.4 - Matriz de prioridades das opções para cada critério .....	36
Tabela 3.5 - Matriz de prioridades Opções vs. Critérios .....	37
Tabela 5.1 - <i>Project Charter</i> inicial .....	48
Tabela 5.2 - Diagrama de Gantt.....	49
Tabela 5.3 - SIPOC .....	50
Tabela 5.4 - Efeitos da temperatura nos CTQs .....	51
Tabela 5.5 - Plano de Recolha de Dados .....	54
Tabela 5.6 - Amostras iniciais para teste de hipóteses .....	56
Tabela 5.7 - Testes de hipóteses para as várias combinações .....	57
Tabela 5.8 - Agrupamento dos produtos em estudo.....	57
Tabela 5.9 - Estimação dos parâmetros .....	63
Tabela 5.10 - Verificação da Normalidade dos grupos A e B .....	64
Tabela 5.11 - Cálculo do nível Sigma atual .....	65
Tabela 5.12 - <i>Project Charter</i> atualizado .....	66
Tabela 5.13 - Agrupamento de ideias e atribuição de títulos de nível 1 .....	70
Tabela 5.14 - Tabela de pontuações atribuídas por cada elemento.....	71
Tabela 5.15 - Diagrama de Pareto .....	71
Tabela 5.16 - Identificação das soluções/ações de melhoria .....	74
Tabela 5.17 - Matriz de prioridades dos critérios .....	76
Tabela 5.18 - Matriz de prioridades para o critério A .....	76
Tabela 5.19 - Matriz de prioridades para o critério B .....	76
Tabela 5.20 - Matriz de prioridades para o critério C .....	77

Tabela 5.21 - Coeficientes de ponderação das soluções por critério .....	77
Tabela 5.22 - Matriz de prioridades Soluções vs. Critérios .....	77
Tabela 5.23 - Plano de ação 5W2H .....	78
Tabela A.1 – Amostras recolhidas (1ª iteração) – grupo A .....	94
Tabela A.2 – Amostras recolhidas (1ª iteração) – grupo B .....	95

## Lista de Siglas

<b>ABB</b>	Asea Brown Boveri
<b>ARL</b>	<i>Average Run Length</i>
<b>BDH</b>	<i>Bundesvereinigung Deutscher Handelsverbände</i>
<b>BPR</b>	<i>Business Process Reengineering</i>
<b>BS</b>	<i>British Standard</i>
<b>CCP</b>	<i>Critical Control Point</i>
<b>CGF</b>	<i>Consumer Goods Forum</i>
<b>CTQ</b>	<i>Critical-To-Quality</i>
<b>CWQC</b>	<i>Company-wide Quality Control</i>
<b>DFSS</b>	<i>Design for Six Sigma</i>
<b>DMADV</b>	<i>Define, Measure, Analyze, Design, Verify</i>
<b>DMAIC</b>	<i>Define, Measure, Analyze, Improve and Control</i>
<b>DPMO</b>	Defeitos por Milhão de Oportunidades
<b>DS</b>	<i>Dansk Standard</i>
<b>FMEA</b>	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
<b>GE</b>	General Electric
<b>GFSI</b>	<i>Global Food Safety Initiative</i>
<b>GMP</b>	<i>General Manufacturing Practice</i>
<b>HACCP</b>	<i>Hazard Analysis and Critical Control Point</i>
<b>IAPMEI</b>	Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação
<b>IFS</b>	<i>International Food Standard</i>
<b>ISO</b>	<i>International Organization for Standardization</i>

<b>LG</b>	Lucky Goldstar
<b>LSE</b>	Limite Superior de Especificação
<b>MAIC</b>	<i>Measure, Analyze, Improve, Control</i>
<b>MP</b>	Matéria-prima
<b>MSC</b>	<i>Marine Stewardship Council</i>
<b>PDCA</b>	<i>Plan, Do, Check, Action</i>
<b>PME</b>	Pequenas e Médias Empresas
<b>QA</b>	<i>Quality Assurance</i>
<b>QMS</b>	<i>Quality Management Systems</i>
<b>R&amp;R</b>	<i>Repeatability and Reproducibility</i>
<b>SA</b>	Sociedade Anónima
<b>SIPOC</b>	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>
<b>SQC</b>	<i>Statistical Quality Control</i>
<b>TI</b>	Texas Instruments
<b>TQM</b>	<i>Total Quality Management</i>

## Lista de Símbolos

<b>Cho</b>	Chocos
<b>F</b>	Distribuição de Fisher
<b>FP</b>	Filetes de Pescada
<b>F<sub>0</sub></b>	Estatística de teste da distribuição de Fisher
<b>H<sub>0</sub></b>	Hipótese nula
<b>H<sub>1</sub></b>	Hipótese alternativa
<b>Lb</b>	Lombos
<b>Lu</b>	Lulas
<b>P3</b>	Pescada nº 3
<b>P5</b>	Pescada nº 5
<b>Sp<sup>2</sup></b>	Variância combinada
<b>t</b>	Distribuição t de Student
<b>t<sub>0</sub></b>	Estatística de teste da distribuição t de Student
<b>Z</b>	Distribuição Normal Reduzida
<b>μ</b>	Média da população
<b>σ</b>	Desvio padrão da população



# **1 Introdução**

Neste primeiro capítulo pretende-se fazer uma introdução do projeto desenvolvido, que consiste no enquadramento do tema desenvolvido e a sua consequente justificação, nos objetivos que se propõem serem atingidos com o presente estudo, a metodologia desenvolvida de forma a atingir os objetivos definidos, e por fim a estrutura da dissertação.

## **1.1 Enquadramento e justificação do tema**

Atualmente, o congelamento de alimentos foi estabelecido e reconhecido como o método comercial proeminente para preservação das qualidades naturais de produtos perecíveis, particularmente para carnes, incluindo peixe (Ximing et al, 2017, Fikiin, 2007). Como resultado, a indústria de alimentos congelados tornou-se numa parte substancial da economia global e no bem-estar da população. Simultaneamente, a elevada reputação das técnicas de congelamento como as mais seguras e que permitem a maior preservação do valor nutricional dos produtos não deve criar a perceção errónea de segurança alimentar total e assim levar à negligência e falta de diligência na gestão da cadeia de abastecimento de alimentos congelados. Embora congelar os alimentos reduz drasticamente fenómenos de putrefação, reações físicas e bioquímicas podem ocorrer e ser acentuadas se não estiverem implementadas condições adequadas de processamento e manuseio (Fikiin, 2007).

A falta de procedimentos adequados nas empresas que operam na indústria de alimentos congelados pode levar ao detrimento prematuro dos atributos da qualidade dos seus produtos, podendo potencialmente ser perigoso para os consumidores caso se deem reações a nível bacteriológico nos alimentos. Com isto em mente, propõe-se realizar um estudo numa empresa que opera no setor alimentar de congelados para verificar e possivelmente melhorar os seus processos produtivos.

No presente estudo de caso, interessa não só a verificação de uma melhoria nos resultados financeiros, mas sobretudo que se verifique uma diminuição do número de defeitos em relação ao número de operações realizadas, tendo esta metodologia como objetivo chegar o mais próximo possível da não-existência de produtos não conformes.

## 1.2 Objetivos

Na presente dissertação pretende-se como primeiro objetivo a determinação em termos da qualidade da atividade principal de uma organização portuguesa, que consiste na transformação e embalagem de produtos congelados e ultracongelados, e posteriormente a diminuição de produtos defeituosos através da inserção de melhorias que aumentem a qualidade e consequentemente lucratividade da empresa, assim como a satisfação dos seus clientes.

O estudo de caso foi realizado na área da produção da empresa portuguesa de transformação, embalagem e distribuição de alimentos congelados e ultracongelados Gelpixe, Alimentos Congelados S.A., situada em Loures. O objeto da presente dissertação foi identificado e selecionado procurando sempre seguir os interesses e valores da empresa. Chegou-se à conclusão que a produção seria o local ideal para a realização do estudo de caso, visto o resto da cadeia de abastecimento depender sobretudo da conformidade dos produtos resultantes do processo de produção. Esta conformidade revê-se sobretudo no nível da temperatura que possuem os produtos acabados; com isto em mente, os dados utilizados para a análise pretendida são referentes às temperaturas no final da produção de uma gama de seis produtos: Pescada nº 3, Pescada nº 5, Lula, Choco, Filetes e Medalhões de Pescada.

Para o objetivo descrito anteriormente, utilizou-se a filosofia Seis Sigma como métrica na qualificação do caso de estudo; mais especificamente, através da aplicação do ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), o qual servirá de apoio e permitirá facilitar o uso de ferramentas da qualidade, garantindo assim um estudo sequencialmente metódico e do qual se poderá confiar na credibilidade dos resultados obtidos. Pretende-se através do cumprimento das cinco fases das quais é constituído o ciclo DMAIC a obtenção do nível Sigma.

Posteriormente, irá consistir na tentativa de aumento do nível Sigma obtido, para que este se aproxime o mais possível do objetivo primeiramente definido, o qual representa a maior proximidade à não-existência de produtos não conformes resultantes no fim do embalagem dos mesmos.

O segundo e principal objetivo consiste na sugestão e possível implementação de melhorias ao atual sistema produtivo com obtenção de um nível Sigma superior, sendo do interesse da própria empresa a comunicação destas melhorias aquando da conclusão do estudo de caso.

## 1.3 Metodologia

Primeiramente, após a escolha do tema, e selecionada a aplicação da metodologia Seis Sigma, foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre os temas a abordar com o intuito de se obter

informação relevante e se obter conhecimento significativo sobre os mesmos, de forma a que a sua aplicação seja feita de maneira correta e metódica.

Simultaneamente, surgiu a oportunidade de realizar o presente estudo de caso na empresa Gelpeixe, Alimentos Congelados, S.A., que se encontrava interessada em projetos de melhoria contínua em várias áreas da sua organização. Após observação presencial do funcionamento geral da empresa, em particular das atividades inerentes ao departamento da Qualidade, foram selecionadas como objeto de estudo as temperaturas finais após transformação e embalagem de uma gama de produtos, escolhidos com base na quantidade processada dos mesmos, significando serem estes os produtos com maior procura por parte dos clientes da empresa. Ao sector em que opera a Gelpeixe estão associadas uma grande quantidade de legislação, com o objetivo de garantir ao consumidor final destes produtos a segurança alimentar que lhe é devida, e isto aplica-se fortemente aos níveis de temperaturas, sendo que produtos que se encontrem a temperaturas mais altas do que os valores impostos afeta a qualidade destes, e ainda mais importante os riscos relacionados com a sua segurança para consumo, pois representam um possível risco para a saúde pública. Com esta informação em mente, realizou-se uma leitura extensiva da legislação pertinente, de modo a definir os parâmetros sobre os quais se iria sustentar o presente projeto.

De seguida realizou-se a implementação da metodologia Seis Sigma no problema identificado, tendo por base os pontos que se pretende alcançar com cada fase do ciclo DMAIC. As fases pertencentes a este método encontram-se associadas técnicas e ferramentas que as apoiam no cumprimento dos objetivos das mesmas, tanto de uma forma quantitativa como qualitativa, sendo ambas estruturadas.

Finalmente, após aplicação do ciclo DMAIC, retirou-se algumas conclusões do estudo e procurou-se sugerir algumas soluções para possíveis projetos futuros.

## **1.4 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos.

O primeiro capítulo contém uma pequena introdução para situar o tema e relevância do estudo a realizar, assim como a metodologia utilizada e os objetivos a atingir com o presente trabalho. Encontra-se ainda a atual estruturação do documento.

O segundo capítulo é dedicado à Qualidade, mais precisamente à sua evolução histórica, ao seu conceito etimológico, seguida do foco para a Qualidade particularmente na indústria alimentar, com o objetivo de se dar a conhecer em maior profundidade a temática escolhida.

No terceiro capítulo dá-se a conhecer com maior detalhe a metodologia Seis Sigma, nomeadamente no que diz respeito à sua evolução histórica, a sua definição, e a descrição de procedimentos, ferramentas e técnicas da Qualidade que se relacionam com a referida metodologia.

No quarto capítulo é descrita e caracterizada a empresa onde se realizou e implementou a metodologia desenvolvida no estudo de caso, em termos históricos e de visão atual e objetivos enquanto organização.

O quinto capítulo é reservado ao estudo de caso realizado no âmbito desta dissertação, isto é, à implementação da metodologia Seis Sigma na empresa, através da aplicação do ciclo DMAIC, com recurso a ferramentas e técnicas da qualidade no âmbito da implementação da melhoria contínua. Neste capítulo são também incluídas as propostas de melhorias direcionadas ao processo atual realizado pela empresa, tendo em conta os problemas que este atualmente contém.

Por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões e finais e sugestões para trabalhos futuros, de acordo com os resultados obtidos.

## 2 A Qualidade e a Indústria Alimentar

Neste segundo capítulo, é apresentada uma revisão histórica referente à evolução da qualidade ao longo do tempo, desde a sua origem na indústria até à sua difusão por todos os setores. É também apresentada a evolução da qualidade na indústria de que é objeto este estudo, a indústria alimentar.

Este capítulo contém ainda uma revisão dos vários conceitos existentes de qualidade, para melhor enquadramento concetual e toponímico.

### 2.1 Evolução Histórica da Qualidade

A existência do conhecimento da importância da qualidade verifica-se desde os anos A.C., onde o trabalho realizado pelos aprendizes dos artesãos era inspecionado e avaliado pelos mesmos para garantir que os *standards* de qualidade eram cumpridos no produto final, e assim garantir a satisfação do consumidor.

Até meados do século XIX, a produção no mundo industrial tendia a seguir o modelo seguido pelos artesãos, verificando a qualidade do produto apenas após a conclusão deste.

A Revolução Industrial veio alterar a forma como se realizava a produção, passando a existir o conceito de produção em massa. A elevada quantidade de produtos impossibilitou o modo de inspeção mais comum utilizado anteriormente, em que os artesãos examinavam os objetos de forma manual. Foi nos anos 1920 que foram introduzidos os primeiros sistemas de gestão de qualidade como os conhecemos atualmente; estas primeiras metodologias continuavam no entanto a focar-se no produto final (Deming, 1981).

Em 1924, W.A. Shewhart desenvolveu uma carta estatística desenhada para o controlo das variáveis de produto, o que marcou o início do controlo estatístico da qualidade (SQC), e forneceu pela primeira vez à disciplina da qualidade fundamento científico. Shewhart reconheceu que a variabilidade era um ponto-chave nos processos produtivos, e identificou a necessidade de distinguir variações aceitáveis de variações que poderiam indicar problemas. Desta necessidade nasceram as técnicas estatísticas para determinar limites de variação nos processos de produção e métodos gráficos para traçar valores que permitissem avaliar se os mesmos se encontravam dentro de uma variação aceitável, conhecidas como “cartas de controlo”.

Também nos anos 1920 foram desenvolvidas as técnicas de amostragem por Dodge e Romig, outro elemento de cariz crucial no crescimento do controlo estatístico da qualidade. A técnica de amostragem substituiu assim a inspeção total dos produtos manufaturados, método considerado

demorado e ineficiente na separação dos produtos conformes dos não conformes pelos dois investigadores. A solução proposta consistia em controlar um número limitado de produtos num lote de produção, aceitando a conformidade do lote inteiro com base na conformidade dos produtos examinados (Yong e Wilkinson, 2002).

Depois da entrada dos Estados Unidos na 2ª Guerra Mundial, a qualidade tornou-se num fator crucial, havendo a necessidade de conformidade e homogeneidade nas armas e munições produzidas. A 2ª Guerra Mundial catalisou o uso e reconhecimento das metodologias de controlo da qualidade na produção, o que levou à disseminação das técnicas de controlo estatístico e de amostragem referidas anteriormente. Inicialmente a inspeção era realizada em virtualmente todas as unidades, tendo as forças militares passado posteriormente a utilizar técnicas de amostragem na inspeção, simplificando e ao mesmo tempo agilizando o processo. (America Society for Quality, 2017). Este processo de controlo da qualidade envolvia medir, examinar e testar os produtos, processos e serviços relativamente a requisitos para garantir que todos os elementos cumpriam uma lista de *standards*.

A evolução da qualidade de uma disciplina baseada apenas na produção para algo com implicações de gestão mais alargadas surgiu nos anos 50 e 60. Precedentemente a esta época, a gestão da qualidade focava-se em atividades de deteção, sendo que depois surgiu uma nova vertente, a garantida da qualidade (QA), a qual mudou o foco para a prevenção de defeitos (Juran, 1995). Embora esta evolução tenha tido início na indústria militar, rapidamente foi estendida ao setor privado, e aproximadamente a partir de 1970 os consumidores de grandes companhias industriais começaram a exigir aos seus fornecedores sistemas de controlo de qualidade apropriados, assegurando desta forma qualidade das suas aquisições. Auditorias feitas pelos clientes tornaram-se comuns para estas organizações industriais, frequentemente não havendo consenso nos requisitos definidos pelos clientes, o que levou a pensar em possíveis melhorias na eficiência de QA. Na Inglaterra, isto levou ao acordo generalizado da necessidade de construir uma estrutura de órgãos de garantia de qualidade com aceitação mútua de aprovações para prevenir avaliações múltiplas incompatíveis (Warner, 1977), o que levou à adoção de um novo *standard* britânico – BS 5750 – no qual era exigido às organizações o estabelecimento, documentação e manutenção de um sistema de qualidade efetivo, capaz de demonstrar a todos os seus clientes o compromisso em manter a qualidade e a capacidade em atender às necessidades requeridas pelos clientes.

Por muita contribuição que os países acima referidos tenham trazido para o movimento da qualidade, são as contribuições do Japão que permitem compreender o estado da gestão da qualidade contemporânea. Após a 2ª Guerra Mundial, o Japão encontrava-se com dificuldades económicas devido a perder a guerra, cuja causa, segundo os japoneses, se devia ao gap tecnológico existente entre o Japão e os Estados Unidos da América (Lillrank e Kano, 1989), o que levou ao aparecimento do conceito de Gestão de Qualidade Total (TQM) junto da indústria japonesa. Segundo as práticas propostas pelas organizações industriais japonesas, também

denominadas de 'company-wide quality control' (CWQC), todos os colaboradores de todos os departamentos na organização devem estudar, praticar e participar no controlo da qualidade, o que passa a responsabilidade da qualidade para todos os funcionários e não só para um departamento especializado. A filosofia central de qualidade japonesa é então a preferência pela orientação para o cliente em prol do produto, isto é, foco na entrada no mercado em prol da saída do produto (Ishikawa, 1985). A mentalidade orientada para a melhoria contínua era também um comportamento encorajado pelos japoneses, conhecido como 'kaizen' (Imai, 1986).

Nos anos 1990, a qualidade tornou-se um tema dominante em gestão (Drummond, 1995), o que gerou novas abordagens, como a Reengenharia do processo de negócios (BPR) e Inovação de Processos, o que significa que o movimento da qualidade amadureceu para além de TQM, e novos sistemas de qualidade evoluíram para além das fundações deixadas por Deming, Juran e os praticantes japoneses da qualidade. Um exemplo desta maturação é a metodologia Seis Sigma, desenvolvida pela empresa multinacional americana de telecomunicações Motorola para a melhoria dos seus processos de negócio através da minimização de defeitos, que evoluiu para uma abordagem organizacional que revolucionou os resultados na produção. No ano 2015, a série de normas de gestão da qualidade ISO 9000 foi revista para aumentar a ênfase na satisfação do cliente (American Society for Quality, 2017).

## 2.2 Conceito de Qualidade

Embora um termo frequentemente utilizado, não existe uma definição globalmente aceite relativamente ao significado de "qualidade", sendo que são utilizadas definições diferentes consoante as circunstâncias (Reeves e Bednar, 1994).

De seguida se apresenta algumas definições de qualidade, de acordo com vários especialistas da área:

Tabela 2.1 - Definição de Qualidade segundo vários autores

Autor	Definição de qualidade
<b>Juran (1999)</b>	Qualidade é "aptidão para uso", o que significa que o produto ou serviço deve ser desenhado de forma a cumprir as necessidades do cliente. Qualidade é também produtos e serviços livres de defeitos.

Autor	Definição de qualidade
<b>Ishikawa (1985)</b>	A qualidade e sua melhoria são processos contínuos, e a importância do controlo total da qualidade reside não só nos produtos e serviços, mas em toda a organização.
<b>Deming (1991)</b>	A qualidade dos produtos só pode ser definida pelo cliente e pode ter significados diversos dependendo das suas necessidades. Assim, as organizações devem apostar no pensamento estatístico e na aplicação de métodos estatísticos nos processos, o que leva à uniformidade dos produtos derivado da redução de variabilidade, custos menores e adequação ao mercado.
<b>Feigenbaum (1961)</b>	<p>Qualidade é:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• O que o cliente disser que é;</li> <li>• Uma forma de gestão;</li> <li>• Qualidade e custo são uma soma, não uma diferença;</li> <li>• Um processo transversal e toda a organização;</li> <li>• Dependente da inovação;</li> <li>• Uma área que requer melhoria contínua;</li> <li>• Uma ética.</li> </ul>
<b>Crosby (1979)</b>	A qualidade está intimamente ligada ao conceito de zero defeitos e as organizações devem investir na qualidade, desde que se garanta uma produção sem defeitos à primeira.

## 2.3 Qualidade na Indústria Alimentar

O controlo da qualidade de alimentos refere-se à utilização de parâmetros tecnológicos, físicos, químicos, microbiológicos, nutricionais e sensoriais para definir limites de tolerância aceitáveis para o consumidor, enquanto que ao mesmo tempo minimizando os custos para o produtor. O controlo da qualidade envolve também manter a qualidade dos produtos dentro dos parâmetros

definidos como aceitáveis inicialmente. Estes fatores da qualidade estão dependentes de atributos específicos, sobretudo propriedades sensoriais (nomeadamente o sabor, a cor, o aroma e a textura), propriedades quantitativas (tais como a percentagem de açúcar, proteína e fibra), e outros atributos como peróxidos, ácidos monocarboxílicos e enzimas (Lasztity et al, 2004).

Os atributos da qualidade nos alimentos são diversos, pelo que não existe a necessidade de os ter a todos em consideração para um produto em particular. A determinação o peso de cada fator relativamente à qualidade geral do produto é crucial, sendo que cada atributo se baseia em características como a composição do produto, reações de deterioração expectáveis, tipo de embalagem usada, validade requerida e tipo de consumidores (Lásztity et al, 2009).

O objetivo mais importante para a qualidade alimentar é garantir a proteção dos consumidores. Para garantir a normalização dos procedimentos relacionados com a indústria alimentar, leis e regulamentos alimentares abrangem as atividades relacionadas que afetam o marketing, produção, etiquetagem, aditivos utilizados nos produtos, suplementos dietéticos, o cumprimento e GMP (*General Manufacturing Practice*), a utilização de ferramentas como o HACCP (*Hazard Analysis and Critical Control Point*), e a inspeção de fábricas e de atividades de importação e exportação (Adamson, 2004).

Os fatores mais importantes na qualidade de alimentos processados são a segurança e a confiabilidade dos mesmos, seguidos do sabor e preço. A necessidade do controlo da qualidade alimentar advém das perdas que as empresas da indústria alimentar sofrem se da atividade das mesmas se verificar a existência de produtos com defeito. Estas evidências afetam também em larga escala a imagem e reputação das empresas. Por estas razões, a garantia da qualidade deve ser um objetivo corporativo das organizações, e deve ser transversal dentro da estrutura interna das empresas, desde a gestão de topo aos operadores de linha.

O ciclo de Deming (Figura 2.1), ou ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) deve ser utilizado aquando da implementação do controlo da qualidade (Raju et al, 2005).

### **2.3.1 História do Controlo da Qualidade na Indústria Alimentar**

O controlo da qualidade dos alimentos data de anos 2500 AC, onde as leis egípcias incluíam provisões que preveniam a contaminação da carne. Há mais de 2000 anos atrás, na Índia existiam já regulações que proibiam a adulteração de cereais. Livros do Velho Testamento proibiam o consumo de carne de animais que não tivessem sido propositadamente abatidos para o efeito. De forma talvez consciente, esta restrição servia para assegurar que carnes contaminadas não eram consumidas. Também na literatura antiga chinesa, hindu, grega e romana se podem encontrar regulamentos relacionados com os alimentos. O governo Romano

exercia controlo estatal sobre as provisões de comida de forma a proteger os consumidores contra má qualidade e fraude (Adamson, 2004).



Figura 2.1 - Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*)  
(Adaptado de Langley et al, 2009)

Na idade média, deu-se a formação de organizações de mercadores, especialmente nas comunidades europeias, que possuíam grande influência na regulação do comércio. Este eram grupos de mercadores de especialidades específicas cujo propósito era proporcionar controlo e supervisão geral sobre a honestidade e integridade dos seus membros e a qualidade dos seus produtos. Por exemplo, em 1419, uma proclamação foi publicada com a proibição de se adulterar ou misturar vinhos de diferentes áreas geográficas, e em 1649, um estatuto da *Commonwealth* foi promulgado para regular a qualidade da manteiga (Lásztity et al, 2009).

Nos séculos XVII e XVIII, começou-se a utilizar a química como uma ferramenta analítica contra a adulteração dos alimentos. Robert Boyle, químico irlandês conhecido pela lei de Boyle, usou os princípios da gravidade para estabelecer a base para a deteção científica da adulteração de comida (Adamson, 2004).

Foi no período industrial, na segunda metade do século XIX, que se verificou uma grande expansão em várias indústrias, o que teve particular influência na produção, regulamentos e controlo de produtos alimentares. Rápidas mudanças de sociedades rurais para sociedades urbanizadas e de produção doméstica para um sistema de produção fabril provocou problemas na produção e distribuição de comida. Este período provocou problemas de saúde pública, particularmente em zonas industrializadas, que se encontravam mal preparadas para acomodar a grande quantidade de pessoas que ali chegavam (Lásztity et al, 2009).

O desenvolvimento mais proeminente e substantivo no controlo da qualidade alimentar ocorreu na Índia, no século XX. O país adaptou o seu controlo sobre a adulteração de alimentos para assegurar a pureza dos artigos alimentícios vendidos dentro do país (Roe, 1956). Na Ásia, o

controlo sobre a comida demorou um pouco mais a ser praticado, sendo que só introduzidas medidas de controlo dos produtos alimentares nos anos 1940 e 1960. Durante este período, nos países da América Latina também foram promulgadas leis relativas aos alimentos (Lásztity, 2009).

### 2.3.2 Sistemas de Gestão da Qualidade na Indústria Alimentar

A cadeia de abastecimento alimentar (Figura 2.2) é uma cadeia que descreve o percurso dos produtos alimentares ao longo de todo o procedimento industrial, desde a sua produção à sua distribuição. A cadeia de abastecimento alimentar é geralmente definida por cinco etapas: o fornecimento da matéria-prima, a produção e processamento dos produtos, o embalamento, armazenamento e transporte, a venda, e o consumo (Grunert, 2005).

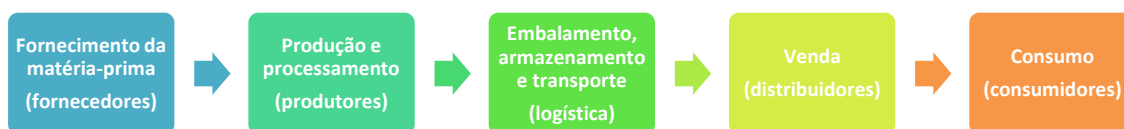


Figura 2.2 - Estrutura base da cadeia de abastecimento alimentar  
(Adaptado de Thirupathi, 2006)

Para garantir a segurança e qualidade para o consumidor, a existência de sistemas de gestão da qualidade em cada setor de atividade da indústria alimentar é indispensável e o número de organizações na indústria alimentar que utilizam QMS (*Quality Management Systems*) tem vindo a aumentar (Orris et al, 2000).

Os sistemas de gestão da qualidade a destacar na indústria alimentar são os seguintes (Baert et al, 2005):

- **GFSI (*Global Food Safety Initiative*)**: inaugurada em 2000 pela associação CIES (atualmente CGF – *Consumer Goods Forum*), a missão desta iniciativa consiste no progresso contínuo dos sistemas de gestão na segurança alimentar, de forma a ganhar a confiança dos consumidores na entrega segura dos alimentos. Os objetivos da GFSI são:
  - Garantir a segurança dos consumidores e ganhar a confiança dos mesmos;
  - Aumentar a eficiência dos custos na cadeia de abastecimento alimentar;

- Proporcionar uma plataforma internacional única para partilha de conhecimento, informação e boas práticas na segurança alimentar.
- **IFS (*International Food Standard*)**: em 1999 uma associação de retalhistas alemães (BDH - *Bundesvereinigung Deutscher Handelsverbände*), começou a desenvolver uma norma na qual os fornecedores seriam controlados através da etiquetagem presente nos seus produtos (declarações nutricionais), tentando criar uma única forma de avaliação e controlo transversal a todas as organizações. Esta norma foi suportada pelas entidades retalhistas da França, e consequentemente ganhou significância na Europa Ocidental. O seu conteúdo é baseado na estrutura da ISO 9001:2000, sendo o IFS fundamentalmente uma lista de requisitos que as indústrias alimentares têm que cumprir para serem certificadas.
- **SQF 2000 (*Safe Quality Food*)**: O governo australiano e várias associações agrícolas desenvolveram conjuntamente em 1995 um sistema que prevê o controlo da cadeia de abastecimento agrícola na sua totalidade (incluindo o setor primário), denominada SQF. Foi posteriormente renomeada como SQF 2000. Esta norma baseia-se nos requisitos definidos no Codex Alimentarius e na ISO 9000. Devido a divergências em dimensão, processos e produtos e a impraticabilidade de ser utilizada uma única norma para todas as empresas na indústria alimentar, foram desenvolvidas várias normas:
  - SQF 1000, para produção primária e empresas de pequena dimensão;
  - SQF 2000, para empresas de média dimensão;
  - SQF 3000, para retalhistas estabelecimentos de restauração.
- **HACCP**: a iniciativa de desenvolver uma norma para certificar o sistema HACCP foi introduzida na indústria de processamento alimentar holandês. A primeira versão foi introduzida em 1996, com a denominação 'Critérios para a avaliação de um sistema de operação HACCP'. Seis anos mais tarde foi renomeada como 'Requisitos para sistema de segurança alimentar baseado em HACCP'. É baseado nos 7 princípios base e nos 12 passos do HACCP, que são os que se seguem (FAO, 1998):
  1. Definição da equipa HACCP;
  2. Descrição do produto;
  3. Identificação do uso pretendido;
  4. Construção do fluxo do processo e esquema da planta da produção;
  5. Verificar presencialmente o fluxo e o esquema previamente desenhados;
  6. Listagem dos riscos associados a cada etapa do processo (**1º princípio**);
  7. Aplicação da árvore de decisão HACCP para determinar os CCPs (*Critical Control Points*) (**2º princípio**);
  8. Estabelecimento de limites críticos (**3º princípio**);
  9. Estabelecimento de procedimentos de monitorização (**4º princípio**);
  10. Estabelecimento de procedimentos de variação (**5º princípio**);
  11. Estabelecimento de procedimentos de verificação (**6º princípio**);

12. Estabelecimento de documentação de registo dos princípios 1 a 6 (**7º princípio**).

- **ISO (*International Organization for Standardization*)**: a ISO 15161:2001 – ‘Diretrizes para a aplicação da ISO 9001:2000 na indústria de alimentos e bebidas’ ilustra a interação entre a norma ISO 9001 e o HACCP e fornece diretrizes acerca da implementação da ISO 9001 na indústria alimentar. Segundo a norma, a segurança alimentar é considerada parte da qualidade. Como a certificação em HACCP desenvolvida na Holanda não proliferou internacionalmente, foi sugerida a criação de uma nova norma internacional, e em 2005, foi publicada a norma ISO 22000:2005 – ‘Sistema de gestão da segurança alimentar’, baseada nos princípios HACCP. Esta norma fornece uma estrutura prática para a coordenação de requisitos e normas diferentes numa única norma, incluindo boas práticas de produção, e requisitos para a implementação de HACCP e de um sistema de gestão da qualidade. Pode ser utilizada em várias áreas da indústria alimentar ao longo da cadeia de abastecimento.



## 3 Seis Sigma

Neste capítulo é apresentada uma revisão bibliográfica da origem e evolução do Seis Sigma, referenciando as várias gerações de evolução da metodologia.

Apresenta-se ainda as várias definições de Seis Sigma segundo vários especialistas de renome da área da qualidade, assim como os benefícios esperados da implementação do Seis Sigma na indústria.

Por último, é apresentado o ciclo DMAIC, descrevendo em detalhe as atividades a realizar ao longo das suas fases, e algumas ferramentas passíveis de utilização nestas mesmas fases.

### 3.1 A origem do Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma teve os primeiros desenvolvimentos nos finais da década de 1970, quando a empresa tecnológica japonesa Motorola verificou elevados indícios de insatisfação dos seus clientes e que a empresa se encontrava numa posição inferior competitivamente em relação a outras empresas japonesas do mesmo setor, devido ao baixo nível de qualidade dos seus produtos. Para tentar solucionar este problema, Bob Galvin, na altura o CEO da tecnológica, apelou à ajuda de Dorin Shainin e Joseph Duran, duas entidades conceituadas na área da qualidade, sendo que em 1980, o foco principal da Motorola permanecia o nível de satisfação dos clientes. Na tentativa de melhorar a qualidade da sua gama de produtos e consequentemente melhorar a satisfação dos seus clientes, estabeleceu-se a meta de que nos 5 anos seguintes o desempenho atual dos processos de produção aumentaria 10 vezes (Park, 2003).

Investindo 220 000 dólares até ao final de 1986, a Motorola conseguiu reduzir os seus custos em cerca de 6,4 milhões de dólares, melhorar a satisfação dos clientes e aumentar a motivação dos seus colaboradores. No entanto, continuava a lidar com questões relacionadas com a elevada competitividade quando comparada a outras empresas conterrâneas (Park, 2003).

A prevalência de dificuldades sentidas pela empresa levaram dois engenheiros da área de produção, Bill Smith e Mikel Harry, a desenvolver as estatísticas, fórmulas e o ciclo MAIC (*Measure, Analyze, Improve, Control*), que formaram a base para uma metodologia de resolução de problemas e eliminação de defeitos que ficou conhecida como Seis Sigma. O programa Seis Sigma foi inicialmente desenvolvido com o intuito de responder à necessidade de melhorar a qualidade e diminuir a quantidade de defeitos nos produtos (Montgomery et al, 2008).

Em janeiro de 1987, foi dado o início do programa Seis Sigma, uma iniciativa visionária da Motorola, com os seguintes objetivos (Park, 2003):

- Melhorar a qualidade dos produtos em 10 vezes até 1989;
- Atingir melhorias nos processos 100 vezes superiores ao desempenho até 1991;
- Atingir o nível 6 Sigma (ou seja, atingir 3,4 Defeitos por Milhão de Oportunidades) até 1992.

Para atingir estes objetivos foi necessário um investimento de aproximadamente 50 milhões de dólares por ano (Park, 2003).

Sendo que foi a formação intensiva em Seis Sigma recebida pelos colaboradores um dos fatores dominantes para o sucesso desta metodologia em melhorar o processo produtivo da Motorola, em 1988 foi criada a Motorola University, que consistia num centro de formação que lecionava um curso de implementação da metodologia Seis Sigma (Breyfogle et al, 2000).

A implementação do programa Seis Sigma obteve bons resultados, fazendo com que houvesse uma redução do número de defeitos em 94%, a redução da variabilidade dos processos produtivos, e permitiu que em até 1997 a produtividade aumentasse em cerca de 204% (Park e Antony, 2008).

## 3.2 Evolução Histórica do Seis Sigma

Após o sucesso apresentado pela Motorola na melhoria da sua qualidade, várias empresas como IBM, DEC e a TI (Texas Instruments) lançaram iniciativas de implementação e divulgação do Seis Sigma. Este movimento mudou a cultura de empresas não só tecnológicas mas de vários setores industriais mundialmente (Schroeder et al, 2008). No entanto, só após a GE (General Electric) tornar o Seis Sigma no foco central da sua estratégia de negócios é que esta metodologia se tornou verdadeiramente popular (Yang e El-Haik, 2003).

Assim, outras empresas de grande peso introduziram também o Seis Sigma nas suas atividades corporativas. A ABB (Asea Brown Boveri) tornou-se na primeira multinacional europeia a introduzir o Seis Sigma. Os casos do sucesso nesta empresa não se limitaram apenas à produção, verificando-se também sucessos na área da contabilidade e na área dos serviços. No início de 1997, também as empresas Samsung e Grupo Lucky Goldstar (LG) introduziram o Seis Sigma nas suas organizações (Park et al, 2003).

Em 2002 a empresa norte-americana DuPont foi a primeira empresa a implementar uma variação da estratégia Seis Sigma, que consistia na criação de valor para todos os *stakeholders* que inicialmente não beneficiavam com a sua implementação, alargando assim o âmbito para fornecedores, clientes, acionistas, entre outros.

Assim, é possível identificar três gerações de métodos de implementação do Seis Sigma (Figura 3.1).

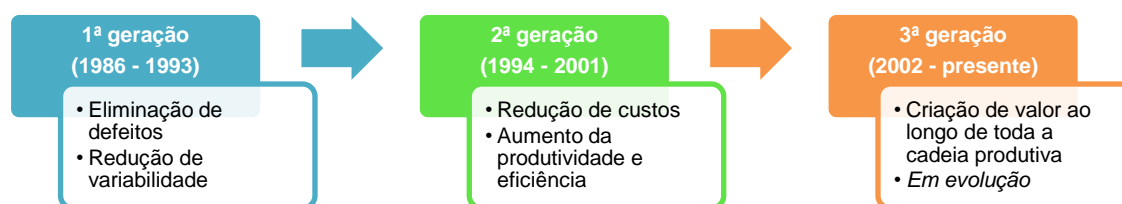


Figura 3.1 - Gerações de Seis Sigma  
(Adaptado de Montgomery e Woodall, 2008)

### 3.3 Seis Sigma – Definição

O conceito de Seis Sigma possui várias definições criadas por diferentes autores, havendo variações nas mesmas consoante a perspetiva de cada um.

De seguida se apresenta na Tabela 3.1 as várias definições do Seis Sigma, e respetivas referências:

Tabela 3.1 - Definições de Seis Sigma

Referência	Definição
<b>Pande et al (2000)</b>	Sistema abrangente e flexível, que tem o objetivo de alcançar e maximizar o sucesso empresarial. É impulsionado por um forte conhecimento das necessidades dos clientes, por um uso disciplinado dos dados, por uma análise estatística e diligente atenção à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócio.
<b>Pyzdek (2003)</b>	Implementação rigorosa e altamente efetiva de comprovados princípios e técnicas de gestão da qualidade que têm em vista atingir um desempenho empresarial livre de erros.
<b>Werkema (2004)</b>	É uma estratégia de gestão disciplinada e altamente quantitativa, e tem como objetivo aumentar drasticamente o lucro das empresas através da melhoria da qualidade dos produtos e processos e do aumento da satisfação dos clientes.

<p><b>Schroeder et al. (2008)</b></p>	<p>É um processo de negócio que, pela elaboração e acompanhamento das atividades comerciais diárias, garante a minimização de desperdícios e recursos, e consequentemente aumentar a satisfação do cliente.</p>
---	---

### 3.4 Efeitos e benefícios da implementação do Seis Sigma

A implementação da metodologia Seis Sigma, desde a sua origem às evoluções que ainda atualmente se verificam, apresenta benefícios a nível da redução de defeitos de produtos, serviços e/ou processos, da satisfação do cliente, da redução de custos, do aumento da produtividade, entre outros. Estes benefícios colocam a empresa que implemente estas práticas em vantagem competitiva.

A Motorola, durante mais de 20 anos de utilização da metodologia Seis Sigma, economizou mais de 20 mil milhões de dólares. Num estudo sobre o impacto do Seis Sigma no desempenho organizacional, que envolveu 84 empresas de vários setores de atividade, durante 10 anos, verificou-se que os principais benefícios do Seis Sigma são a produtividade dos colaboradores e o aumento da eficiência de organização dos mesmos (Shafer e Moeller, 2012).

Num estudo acerca do impacto de diversas técnicas e ferramentas de gestão da qualidade todas implementadas na mesma organização empresarial, a empresa verificou que o Seis Sigma era o que obtinha maior impacto relativamente a outras metodologias, como o FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e o TQM (*Total Quality Management*), entre outras (Dusharme, 2006).

A eficácia do Seis Sigma relativamente a outras abordagens advém da aplicação simultânea de várias ferramentas e técnicas, de uma forma estruturada, aproveitando de melhor forma os benefícios das mesmas de forma integrada. No entanto, e apesar de todos os benefícios que a implementação do Seis Sigma traz para as empresas, uma avaliação de custos deverá ser realizada previamente e de forma acautelada, pois esta implementação acarreta custos elevados, que podem não ser justificados se o retorno dos mesmos não se verificar (Kumar et al, 2008).

### 3.5 Ciclo DMAIC

Um programa Seis Sigma, enquanto metodologia, assenta na aplicação do ciclo DMAIC - *Define, Measure, Analyze, Improve, Control* – um procedimento de resolução de problemas estruturado por cinco fases, cuja utilização recai na melhoria da qualidade de produtos e processos

existentes. Para a concepção de novos produtos e processos, ao invés do DMAIC, que se aplica sobre produtos e processos já em produção, neste caso pode ser aplicado o ciclo DMADV – *Define, Measure, Analyze, Design, Verify*. O ciclo DMADV é parte integrante da abordagem DFSS (*Design for Six Sigma*) (McCarty et al, 2004).

O ciclo DMAIC (Figura 3.2) é composto por cinco fases, e tem como finalidade a definição do problema que será alvo de estudo, a medição do desempenho atual do processo, a análise das causas que estão na origem dos problemas identificados nos processos, a melhoria do processo através da eliminação e/ou redução das causas previamente identificados e o controle do processo de forma a manter as correções e melhorias (Cudney e Kestle, 2010).

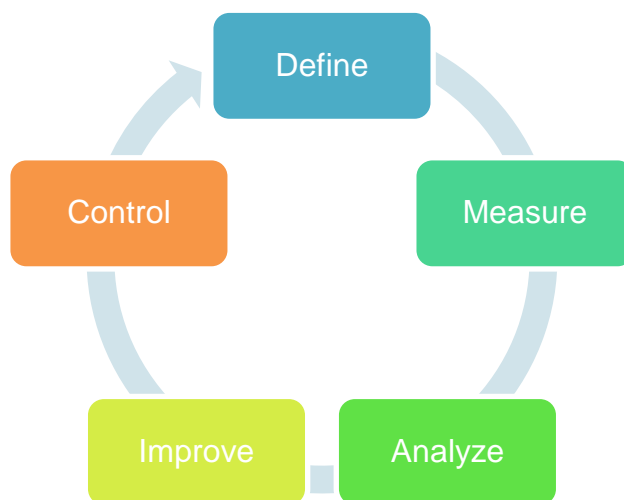


Figura 3.2 - Ciclo DMAIC

### 3.5.1 Define

A fase Define, a primeira do ciclo DMAIC, procura descrever o problema específico, identificar o objetivo do projeto e o seu âmbito exato, que poderão ser discriminados e organizados através da utilização de um *Project Charter*, assim como determinar os clientes-chave do processo a ser otimizado assim como os seus CTQs (Critical-To-Quality). A sua finalidade é garantir que o projeto ganha aceitação por parte da empresa (John et al, 2015).

No nível de gestão de topo, os objetivos da organização que aplique esta metodologia serão do foro estratégico, procurando aumentar a lealdade dos seus clientes, um maior retorno sobre investimento, um aumento da sua quota de mercado ou maior satisfação por parte dos clientes. A nível operacional, os objetivos poderão ser o aumento do fluxo produtivo do departamento da produção, e, a nível de projeto, os objetivos poderão ser a redução da quantidade de defeitos e aumentar o fluxo produtivo de um determinado processo (Pyzdek, 2003).

### 3.5.2 Measure

O objetivo desta fase, denominada *Measure*, é a análise e compreensão do estado atual do processo. Para tal procede-se à recolha de dados provenientes do processo, tendo por base a métrica ou métricas definidas na fase *Define* como críticas (Montgomery e Woodall, 2008).

Após a recolha dos dados, realiza-se o tratamento dos mesmos de forma a medir o desempenho atual do processo. Para garantir uma medição fidedigna do desempenho do processo atual, devem ser escolhidas métricas válidas e de importância para a conformidade dos *outputs* do mesmo, que permitam aplicar ações que direcionem o desempenho para a meta proposta (McCarty et al, 2004).

Na conclusão desta fase, o *Project Charter* deverá ser revisto e, se necessário, atualizado com novas metas e restrições que se venham a identificar no projeto (Pande e Holpp, 2001).

### 3.5.3 Analyze

Nesta fase procede-se à identificação das causas e de como estas se relacionam com o problema escolhido para análise. Para tal, é fundamental estudar as variáveis do processo e dar início ao levantamento de possíveis soluções e melhorias (Montgomery e Woodall, 2008).

Após a identificação das potenciais causas que afetam o processo no seu estado atual, segue-se um processo de seleção das mesmas, tendo como objetivo identificar o processo para que se consiga determinar o *gap* entre o desempenho atual e a meta definida na fase *Define* ou *Measure*, dependendo se houve ou não revisão do *Project Charter*. Para esta avaliação é crucial a aplicação de ferramentas estatísticas que se adequem ao problema em análise (Pyzdek e Keller, 2014).

No final desta fase, o *output* deverá ser uma lista de causas potenciais do problema, fazendo a ponte com a próxima fase, onde são desenvolvidas soluções que permitam a resolução ou mitigação do problema.

### 3.5.4 Improve

Identificadas as causas que potencialmente estão a causar as variações do processo, segue-se a definição de soluções que melhorem o processo. Estas soluções/ações de melhoria devem ser

testadas e implementadas, sendo avaliado o potencial de cada solução para alcançar a meta definida (Cudney e Kestle, 2010).

É importante referir que para além da análise relativa aos efeitos que as soluções poderão ter para melhorar o processo, deverá ser realizada uma análise dos custos versus benefícios, não esquecendo que se trata da implementação de alterações à estrutura e aos procedimentos de uma empresa, e que uma solução que apresente custos muito elevados confere riscos maiores à atividade corporativa.

### **3.5.5 Control**

A fase *Control* é a última fase do ciclo DMAIC, e o objetivo principal da mesma consiste criação de planos e medidas de controlo e monitorização que garantam que as ações de melhoria e os ganhos obtidos com a implementação das soluções escolhidas na fase *Improve* perdurem a longo prazo (McCarty et al, 2004).

Para assegurar a estabilidade do processo, comparações entre os resultados iniciais e atuais desta fase devem ser realizados, recorrendo à utilização de ferramentas estatísticas para a monitorização (Pyzdek e Keller, 2014).

## **3.6 Técnicas e Ferramentas da Qualidade**

A metodologia Seis Sigma baseia-se na aplicação simultânea e integrada de múltiplas ferramentas e técnicas da Qualidade para causar o maior impacto nos problemas analisados nos processos, produtos e serviços das empresas. A utilização destas ferramentas e técnicas é feita de forma estruturada, tendo por base a ligação de cada uma das fases do ciclo DMAIC e tendo em conta com o objetivo principal que se pretende atingir em cada das mesmas fases. Nos tópicos seguintes apresentam-se algumas das ferramentas e técnicas utilizadas ao longo do ciclo DMAIC.

### **3.6.1 Project Charter**

Este documento representa uma declaração escrita, desenvolvida e coordenada pelo cliente, pela organização que fornece o produto ou serviço, e outros *stakeholders* chave, o qual autoriza um projeto, e garante que são fornecidos os recursos e os compromissos de gestão necessários

para o alcance do sucesso. Os seguintes elementos devem ser listados num *project charter* (McKeever, 2006):

- O nome do projeto;
- Breve descrição do problema;
- Âmbito do projeto;
- Objetivos;
- Funções e responsabilidades dos elementos da equipa;
- Datas e *milestones* a cumprir;
- Os resultados a atingir com a conclusão do projeto;
- Restrições e suposições;
- Parâmetros de medição da performance.

A execução deste documento deve ser realizada logo que seja concluída a seleção do projeto a realizar. Este documento ajuda a equipa a realizar o projeto dentro do tempo estabelecido, cumprindo o orçamento definido, e de acordo com as especificações (McKeever, 2006).

### **3.6.2 SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output e Customer*)**

O SIPOC (Figura 3.3) é um diagrama que permite expandir a informação fornecida pelos mapas de processo para identificar os *stakeholders* dentro da operação. Esta ferramenta identifica todas as variáveis que afetam a performance do processo para depois priorizá-las, para que a equipa consiga focar o seu campo de implementação de ações. O diagrama SIPOC é uma ferramenta que devolve uma referência da cadeia de abastecimento completa, para melhor se perceber o próprio processo e as suas relações (Franchetti, 2015).

### **3.6.3 Diagrama de Gantt**

O diagrama de Gantt é uma ferramenta que permite definir os instantes de início, de fim e as durações de todas as tarefas que constituem um projeto. É essencialmente um gráfico de barras orientado horizontalmente, no qual o eixo horizontal corresponde ao tempo e o eixo vertical a uma coleção de atividades relacionadas, máquinas, funcionários, ou outros recursos (Figura 3.4). As barras são utilizadas como forma de representação da duração e os tempos de início e fim das atividades (Nahmias, 2001).

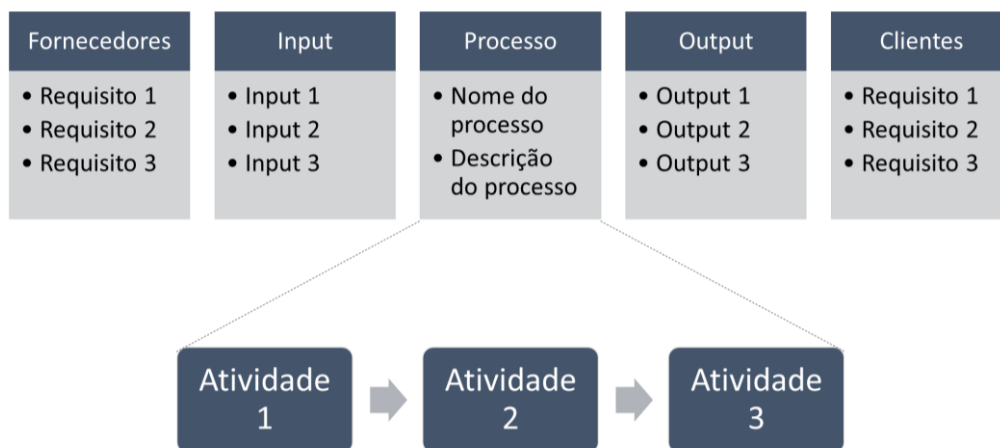


Figura 3.3 - Diagrama SIPOC  
(Adaptado de Franchetti, 2015)

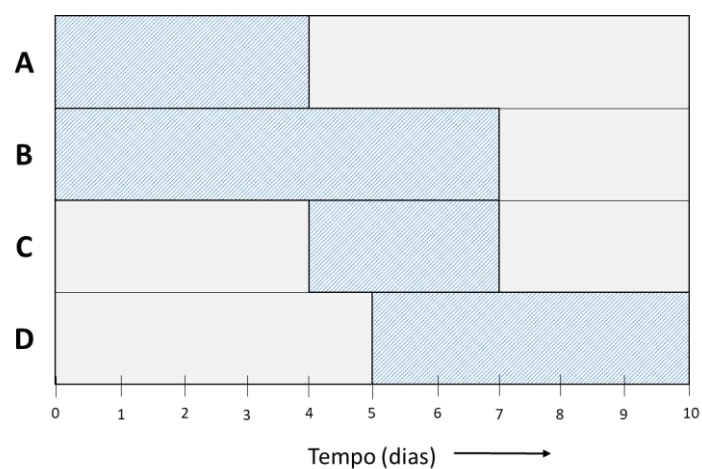


Figura 3.4 - Diagrama de Gantt  
(Adaptado de Nahmias, 2001)

Esta ferramenta pode ser utilizada para monitorizar o progresso de um projeto e determinar onde se poderão encontrar os seus obstáculos (Nahmias, 2001).

### **3.6.4 Critical-To-Quality (CTQ)**

A primeira fase do ciclo DMAIC consiste na aprendizagem por parte da equipa acerca de que parâmetros são verdadeiramente importantes para os clientes. As ferramentas e técnicas utilizadas para a definição das CTQs são as seguintes (Pyzdek, 2003):

- Técnica de incidentes críticos;
- Cartas;
- Reclamações;
- *Chats* de conversa na Internet, fóruns;
- Publicação de revisões.

### **3.6.5 Fluxograma do processo (*Process Flowchart*)**

Esta ferramenta, tal como exemplifica a Figura 3.5, fornece uma representação visual de todo o processo que é objeto de análise, permitindo assim (John et al, 2015):

- Facilitar a compreensão de todo o procedimento;
- Harmonizar o entendimento do processo por toda a equipa de projeto;
- Clarificar os passos individuais do processo;
- Estabelecer a base para a análise avançada do processo;
- Identificar o potencial para otimização e melhoria no(s) processo(s);
- Clarificar a complexidade do processo.

### **3.6.6 Plano de Recolha de Dados (*Data Collection Plan*)**

O plano de recolha de dados descreve os vários fatores a considerar no processo de recolha de dados para a fase *Measure* do ciclo DMAIC, isto é (John et al., 2015):

- Quais os dados a serem recolhidos (definição dos dados);
- Como é realizada a recolha (definição operacional);
- Quando é realizada a recolha (frequência);

- Onde é a realizada a recolha (fonte/localização).

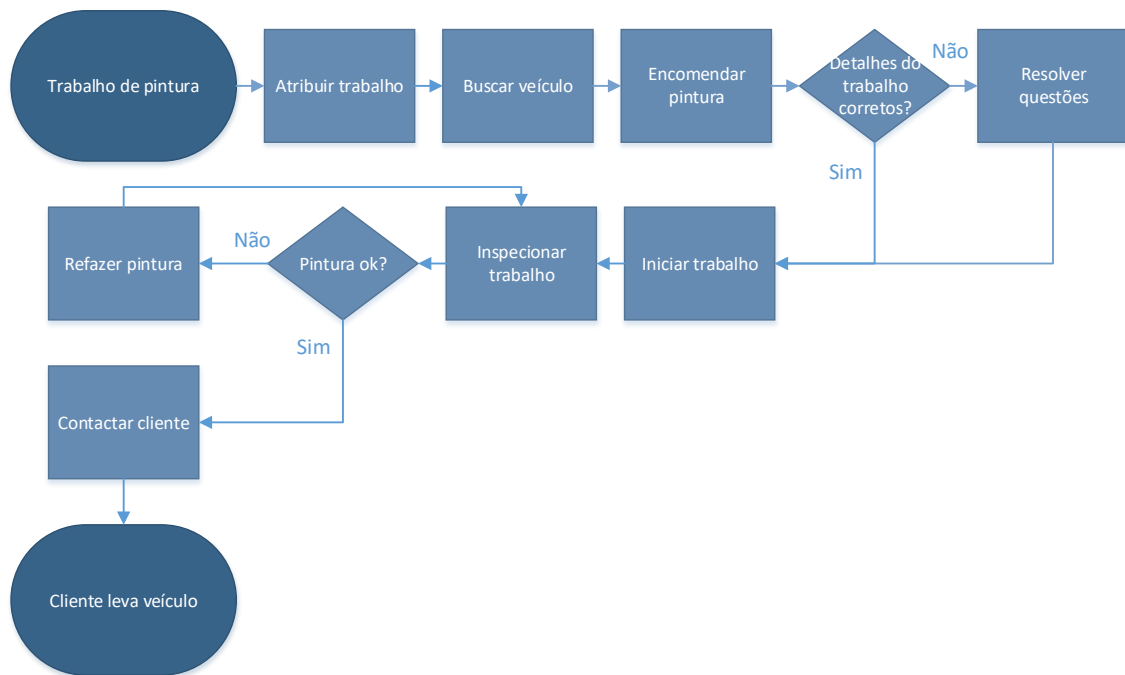


Figura 3.5 - Exemplo de Fluxograma de Processo  
(Adaptado de John et al, 2015)

Na construção do plano de recolha de dados, primeiramente inquires-se o cliente relativamente aos requisitos da qualidade que pretendem ver satisfeitos, tanto expressos como latentes. De seguida, os elementos da equipa decidem conjuntamente qual ou quais os dados a recolher que permitiram avaliar o estado atual do projeto quantitativamente, partindo de uma avaliação qualitativa (Pyzdek, 2003).

### 3.6.7 Teste de Hipóteses

O teste de hipóteses é um método de inferência estatística que permite verificar se uma determinada hipótese feita sobre um determinado parâmetro de uma população (ou várias populações) deve ser rejeitada ou não, com base nos resultados obtidos a partir de uma ou mais amostras (Pereira e Requeijo, 2012).

A hipótese que se pretende testar é a Hipótese Nula ( $H_0$ ), que contém sempre uma igualdade na sua formulação. Assume-se a veracidade da Hipótese Nula ao longo do teste, até que exista uma evidência estatística que permita rejeitá-la, rejeição que é baseada numa estatística de teste adequada ao caso em questão (Pereira e Requeijo, 2012).

A Hipótese Alternativa ( $H_1$ ) é uma afirmação que constitui uma alternativa à Hipótese Nula, e contém sempre uma desigualdade na sua formulação; dependendo do caso, o teste de hipóteses será bilateral ( $\neq$ ), ou unilateral ( $<$  ou  $>$ ). A Figura 3.6 ilustra um teste unilateral à direita (Pereira e Requeijo, 2012).

A zona de rejeição é definida pelo conjunto de valores da estatística de teste que levam à rejeição de  $H_0$ . A correspondente zona de não rejeição pode ser unilateral ou bilateral, dependendo do caso em questão (Pereira e Requeijo, 2012).

Considerando duas populações com distribuições Normais, independentes e com médias  $\mu_1$  e  $\mu_2$ , variâncias conhecidas  $\sigma_1^2$  e  $\sigma_2^2$ , a hipótese a testar para verificar se a diferença das duas médias é igual a um valor  $\Delta_0$  é formulada por (Pereira e Requeijo, 2012):

$$\begin{aligned} H_0: \mu_1 - \mu_2 &= \Delta_0 \\ H_1: \mu_1 - \mu_2 &\neq \Delta_0 \end{aligned} \quad (3.1)$$

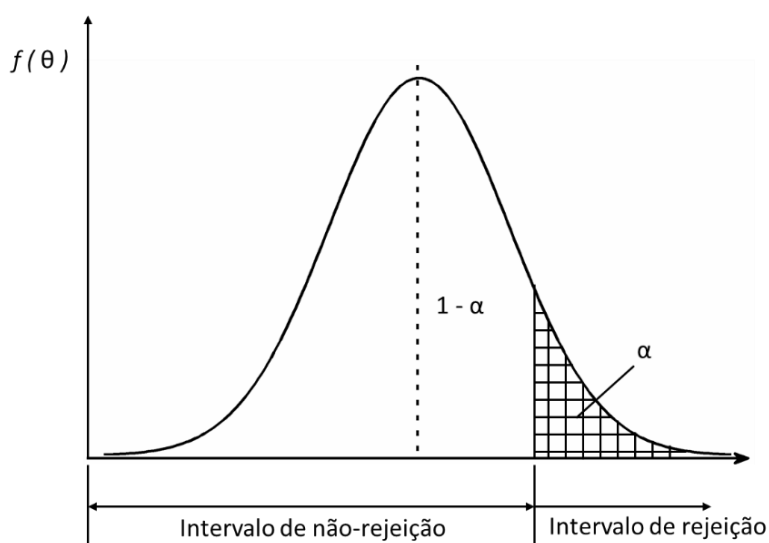


Figura 3.6 - Teste unilateral (à direita)  
(Adaptado de Pereira e Requeijo, 2012)

Assim, recolhendo duas amostras de dimensão  $n_1$  e  $n_2$ , calculam-se as médias amostrais  $\bar{X}_1$  e  $\bar{X}_2$ . A estatística de teste será então (Pereira e Requeijo, 2012):

$$Z_0 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - \Delta_0}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}} \quad (3.2)$$

Se as duas populações apresentarem distribuições Normais com variâncias desconhecidas, as hipóteses são igualmente definidas pela equação anterior, e o teste dependerá do facto de as duas variâncias serem significativamente diferentes ou não (Pereira e Requeijo, 2012).

Assim, se as variâncias não forem significativamente diferentes, calcula-se a Variância Combinada,  $S_p^2$  (Pereira e Requeijo, 2012):

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (3.3)$$

A estatística de teste é definida por:

$$t_0 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - \Delta_0}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (3.4)$$

A hipótese nula é rejeitada quando  $|t_0| > t_{\alpha/2; (n_1 + n_2 - 2)}$  (Pereira e Requeijo, 2012).

Se, pelo contrário, as variâncias forem significativamente diferentes, a estatística de teste é definida por (Pereira e Requeijo, 2012):

$$t_0 = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (3.5)$$

A hipótese nula é rejeitada quando  $|t_0| > t_{\alpha/2; \nu}$ .

A expressão utilizada para calcular o número de graus de liberdade  $\nu$  é a seguinte (Pereira e Requeijo, 2012):

$$\nu = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)^2}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{n_2 - 1}} \quad (3.6)$$

Considerando duas Distribuições Normais com variâncias  $\sigma_1^2$  e  $\sigma_2^2$ , e pretendendo testar-se a hipótese destas não serem significativamente diferentes, as hipóteses a testar são formuladas por (Pereira e Requeijo, 2012):

$$\begin{aligned} H_0: \sigma_1^2 &= \sigma_2^2 \\ H_1: \sigma_1^2 &\neq \sigma_2^2 \end{aligned} \quad (3.7)$$

A estatística de teste é dada por

$$F_0 = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad (3.8)$$

A hipótese nula é rejeitada se  $F_0 > F_{\alpha/2; (n_1-1) (n_2-1)}$  ou se  $F_0 < F_{(1-\alpha/2); (n_1-1) (n_2-1)}$ .

### 3.6.8 Cartas de Controlo

Uma carta de controlo (Figura 3.7) é um gráfico que demonstra a evolução ao longo do tempo de uma estatística ( $\omega$ ) referente a uma determinada característica da qualidade. São representados neste gráfico os pontos relativos ao par  $(t, \omega)$ , e os limites inferior (LIC), superior (LSC) de controlo estatístico e a linha central (LC) (Pereira e Requeijo, 2012).

Se um ou mais pontos se encontrar fora do intervalo [LIC, LSC], infere-se que o processo está fora de controlo estatístico. Nos casos em que os pontos apresentam uma tendência especial ou sistemática e não um comportamento aleatório, embora não existam pontos fora do intervalo [LIC, LSC], pode indicar a existência de causas especiais; neste caso, deve investigar-se a razão da sua presença e estabelecer ações corretivas (Pereira e Requeijo, 2012).

A construção de uma carta de controlo é um processo iterativo, onde inicialmente se desconhecem os parâmetros do processo (Fase I), e uma segunda fase, em que os parâmetros já foram estimados anteriormente (Fase II). A Fase I corresponde ao controlo do processo, enquanto que a Fase II corresponde à monitorização do processo (Pereira e Requeijo, 2012).

Pressupondo que os valores da estatística  $\omega$  seguem uma distribuição Normal  $N(\mu_\omega, \sigma_\omega^2)$ , os limites de ação e a linha central de uma carta de controlo de Shewhart são dados por (Pereira e Requeijo):

$$LSC_{\omega} = \mu_{\omega} + 3\sigma_{\omega}$$

$$LC_{\omega} = \mu_{\omega} \quad (3.9)$$

$$LIC_{\omega} = \mu_{\omega} - 3\sigma_{\omega}$$

Isto significa que os limites de controlo de Shewhart estão localizados a  $\pm 3\sigma_{\omega}$  da linha central. Supondo que  $\omega$  é Normalmente distribuída, isto significa que a probabilidade de um ponto se situar entre os limites de controlo é de 99,73% (Pereira e Requeijo, 2012).

De acordo com os princípios de Shewhart, sempre que um ponto se situar fora dos limites de controlo, assume-se que é devido a causas especiais de variação, ou seja, esse ponto não pertence à distribuição da estatística que se está a controlar, correspondendo a um risco  $\alpha$  igual a 0,27% de um ponto pertencente à distribuição de  $\omega$  estar fora dos limites de controlo. Esta probabilidade é designada por erro tipo I, risco do produtor ou nível de significância. Desta forma, de 370 em 370 pontos existirá em média um falso alarme, supondo-se erroneamente que o valor de  $\omega$  não pertence à distribuição que se está a controlar (Pereira e Requeijo, 2012).

O valor 370 é designado por ARL (*Average Run Length*), sendo este o número médio de ponto numa carta de controlo antes de um ponto não pertencer ao intervalo [LIC, LSC] - situação de fora de controlo (Pereira e Requeijo, 2012).

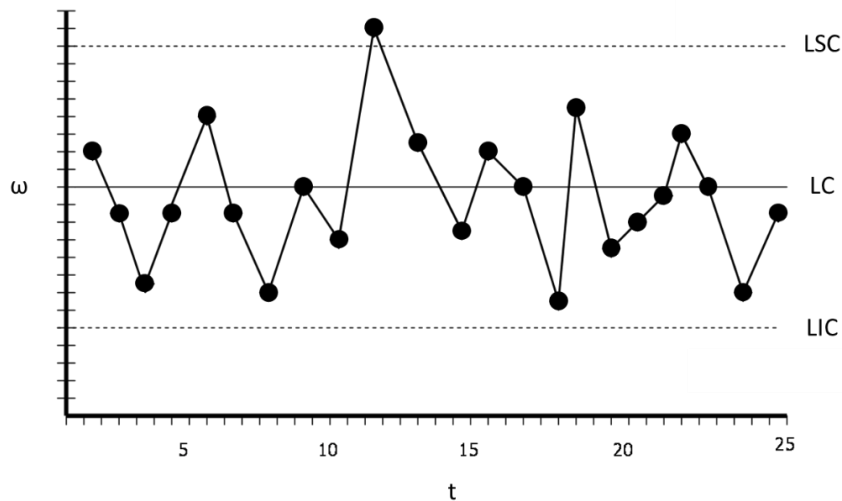


Figura 3.7 - Carta de Controlo  
(Adaptado de Pereira e Requeijo, 2012)

Na Fase I da implementação, cujo objetivo é a verificação da estabilidade do processo, as etapas a seguir são as seguintes (Pereira e Requeijo, 2012):

1. Seleção da característica da qualidade;
2. Desenvolvimento de um plano de controlo onde consta a dimensão da amostra, a frequência de amostragem, o equipamento de medição e o método de medição;
3. Seleção do tipo de carta em função da estatística amostral a controlar;
4. Recolha de  $m$  amostras de dimensão  $n$  durante determinado período de tempo, fazendo um total de  $m \cdot n = N$  unidades ( $N \geq 100$ );
5. Cálculo da estatística a controlar para cada amostra;
6. Determinação dos limites de controlo e linha central;
7. Verificação da existência de causas especiais de variação;
8. Eliminação (se necessário) dos pontos que indicam a existência de causas especiais de variação;
9. Determinação dos limites revistos e a linha central;
10. Construção da carta de controlo revista;
11. Verificação de que o processo apresenta unicamente causas comuns de variação.

Na Fase II, considerando que já foram definidos a característica, o plano de controlo e o tipo de carta, deve-se (Pereira e Requeijo, 2012):

1. Representar no gráfico os limites de controlo LIC, LSC e a linha central LC definidos na Fase I;
2. Recolher a amostra  $i$ , determinar a estatística  $\omega_i$  e representar o valor no gráfico;
3. Verificar se o valor se deve a uma causa especial de variação;
4. Caso se detete uma situação fora de controlo, identificar a causa e implementar ações corretivas;
5. Recolher a amostra  $i + 1$ , calcular  $\omega_{i+1}$ , representando no gráfico o respetivo valor;
6. Proceder sequencialmente de acordo com os pontos 3, 4 e 5.

A recolha de dados é um passo particularmente importante na implementação das cartas de controlo. Se não for realizada convenientemente, corre-se o risco de todas as conclusões retiradas com a sua aplicação estarem incorretas, ao indicarem situações que na verdade não estão a acontecer (Pereira e Requeijo, 2012).

Existem dois tipos de cartas de controlo tradicionais: as cartas de controlo de variáveis e as cartas de controlo de atributos. Dentro das cartas de controlo de variáveis, estas devem ser utilizadas sempre que seja economicamente viável o controlo de características medidas numa escala contínua, e estas apresentam as seguintes vantagens (Pereira e Requeijo, 2012):

- Existem muitos processos e produtos com características mensuráveis numa escala contínua;
- Este tipo de medição contém muito mais informação do que uma avaliação feita de forma binária (*sim-não*, *conforme-não conforme*);

- Embora a recolha de informação de variáveis contínuas tenha um custo maior, é necessário no geral a recolha de um menor número de dados, diminuindo assim muitas os custos relativamente ao controlo de atributos;
- Como é necessária menos informação, o tempo para deteção de um problema e respetiva resolução é também menor, dando origem a uma maior quantidade de produto conforme;
- Mesmo que todas as observações individuais estejam dentro das especificações, o comportamento global do processo pode ser avaliado, algo que é crucial na procura de soluções que permitam a melhoria contínua do processo.

Variáveis são todas as características suscetíveis de serem expressas numa escala contínua; neste caso, dada a dispersão da população não depender unicamente da medida de tendência central, devem ser construídas duas cartas de controlo: uma para controlar o parâmetro de localização e outra para controlar o parâmetro de dispersão (Pereira e Requeijo, 2012).

Se a dimensão das amostras for superior a 10, é aconselhável a utilização das cartas de controlo da média e do desvio padrão. De seguida se apresenta um resumo dos limites das cartas de controlo da média e do desvio padrão para controlo de variáveis, quando os parâmetros do processo não são conhecidos (Pereira e Requeijo, 2012):

Tabela 3.2 – Limites de controlo (parâmetros do processo não conhecidos)

(Adaptado de Pereira e Requeijo, 2012)

<b>Cartas de controlo</b>	<b>LIC</b>	<b>LC</b>	<b>LSC</b>
<b>Carta <math>\bar{X}</math></b>	$\bar{\bar{X}} - A_3\bar{S}$	$\bar{\bar{X}}$	$\bar{\bar{X}} + A_3\bar{S}$
<b>Carta S</b>	$B_3\bar{S}$	$\bar{S}$	$B_4\bar{S}$

Os valores  $A_3$ ,  $B_3$  e  $B_4$  dependem apenas da dimensão da amostra e encontram-se tabelados.

### 3.6.9 Histograma

O histograma (Figura 3.8) é um gráfico de barras que ilustra a frequência de ocorrência dos valores de uma variável contínua ou discreta, permitindo assim a obtenção de informação importante sobre a dispersão e localização dos valores recolhidos.

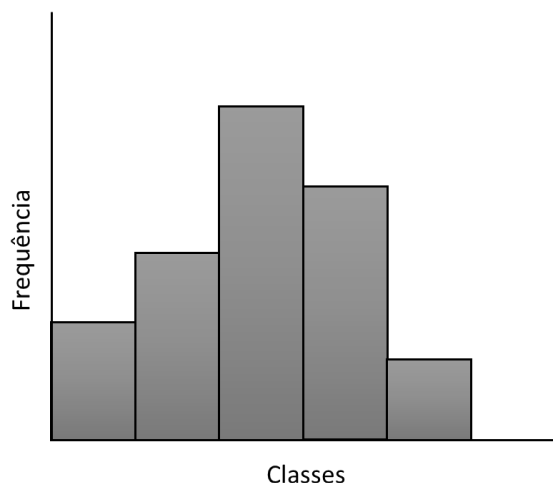


Figura 3.8 - Exemplo de histograma

Para a construção de um histograma, primeiramente é necessário agrupar os dados recolhidos em classes, cujas amplitudes geralmente são iguais para todas as classes, e procedendo-se de seguida à contagem do número de ocorrências em cada classe, que corresponde à frequência absoluta da classe. O número de classes varia dependendo do número total de observações.

Uma das regras mais utilizadas para a determinação do número de classes é a regra de Sturges, definida pela seguinte expressão (Pereira e Requeijo, 2012):

$$k = 1 + 3,322 \times \log(N) \quad (3.10)$$

Onde:

$k$  – número de classes

$N$  – número total de observações

Na representação gráfica do histograma inscreve-se as classes no eixo das abcissas e marca-se a frequência absoluta ( $f_a$ ) no eixo das ordenadas.

Um histograma deve ser construído com pelo menos 50 observações para que seja possível obter-se uma boa aproximação da distribuição da população, embora seja preferível utilizar um mínimo de 100 observações.

### 3.6.10 *Brainstorming*

A técnica de *Brainstorming* consiste na geração de possíveis soluções em grupo para problemas, através do uso da criatividade dos membros da equipa e da aceitação de todas as ideias geradas (Osborn, 1998).

Esta técnica tem como base as seguintes regras (Ait e Guy, 2014):

- **Descartar quaisquer críticas** – Para evitar impedimentos na geração de ideias, os participantes de uma sessão de *brainstorming* nunca devem criticar.
- **O não cumprimento de regras e convenções é bem-vindo** – Como a crítica não é permitida, ideias incomuns e não convencionais são possíveis e desejadas.
- **A quantidade de ideias é desejada** – Um dos propósitos do *brainstorming* é a recolha de um número elevado de ideias, assumindo que quanto maior o número de ideias, maior a probabilidade de se encontrar algumas que sejam bem-sucedidas.
- **Combinação e melhoria são procuradas** – Os participantes são encorajados a usar as ideias dos outros, combinando-as com as suas e melhorando-as.

O cerne da ideologia da técnica de *Brainstorming* está na quantidade de ideias em prol da sua qualidade, para que consiga aceder à criatividade coletiva do grupo através da remoção de barreiras que previnam os participantes de sugerirem soluções (Gobble, 2014).

### 3.6.11 Diagrama de Causa-e-Efeito

O diagrama de Causa-e-Efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa, foi desenvolvido por Kaoru Ishikawa em 1943. Este diagrama (Figura 3.9) visa relacionar as causas com os efeitos (problemas) que as mesmas produzem, de forma gráfica. Esta ferramenta é particularmente adequada para a realização de trabalho em equipa. A construção do diagrama implica as seguintes fases (Pereira e Requeijo, 2012):

- **Definição clara do problema**  
A generalização do problema implica que as causas serão também por sua vez generalistas, o que complica a análise e resolução do problema. Assim, devem ser discutidos todos os contornos do problema em questão e definir com precisão um título para o problema ou efeito. Em seguida traça-se uma linha horizontal central e descreve-se o problema à direita do diagrama.
- **Identificação das causas do problema**  
As causas que conduzem ao efeito podem ser classificadas a vários níveis: em contexto produtivo habitualmente consideram-se seis categorias de causas gerais (os 6M – Mão de obra, Métodos, Meio, Máquinas, Materiais e Medições), embora esta definição de categorias não seja obrigatória, dependendo da equipa a definição de categorias que se adaptam melhor ao problema em análise. Estas causas gerais (ou principais) afetam diretamente o problema em questão. A equipa procura identificar o máximo de causas possíveis para o problema, frequentemente através do *Brainstorming*, e de seguida estas

causas são afetadas a cada uma das categorias previamente definidas, podendo haver várias subdivisões nestas.

As categorias identificadas são representadas por setas oblíquas que convergem para o eixo horizontal do Diagrama. Completa-se o diagrama tendo em consideração que as causas de nível 1, que afetam diretamente as respectivas categorias principais, são representadas por setas horizontais ligadas às setas oblíquas das causas gerais, e que as causas de nível 2 são representadas por setas oblíquas apontadas para a seta horizontal da causa de nível 1.

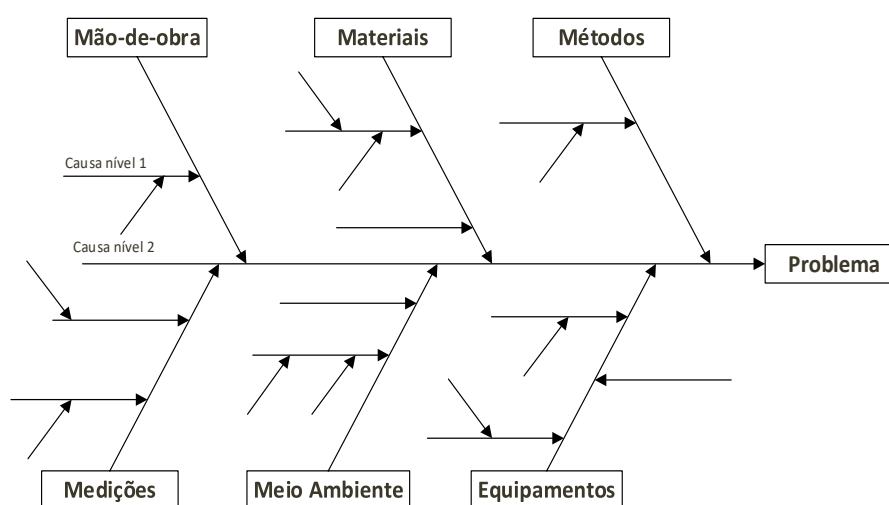


Figura 3.9 - Diagrama de Ishikawa (exemplo)

- **Seleção das causas mais prováveis**

Concluído o Diagrama, segue-se a análise do mesmo para selecionar as causas mais prováveis de estarem a causar o problema em questão. Cada elemento da equipa deve individualmente pontuar as causas que considera mais prováveis, recorrendo ao voto ponderado. Geralmente consideram-se 4 a 5 causas mais prováveis.

- **Definição e implementação de ações corretivas**

Seguidamente definem-se as ações que permitem a eliminação das causas do problema, identificam-se os responsáveis pela sua implementação e estabelecem-se prazos para a sua execução. As ações corretivas implementadas devem ser monitorizadas durante a fase de implementação, para que seja possível a realização de ajustes, caso os mesmos sejam necessários.

- **Avaliação da eficácia das ações implementadas**

Deve proceder-se à avaliação da eficácia das ações corretivas que foram implementadas, e também à divulgação dos resultados obtidos.

### 3.6.12 Diagrama de Afinidades

O Diagrama de Afinidades é uma ferramenta que permite reunir uma quantidade mensurável de informação de carácter qualitativo, e organizá-la em grupos dependendo das afinidades existentes (Pereira e Requeijo, 2012).

A construção de um Diagrama de Afinidades segue o seguinte procedimento (Pereira e Requeijo, 2012):

- **Seleção do tema a tratar**, através das sessões de brainstorming;
- **Registo das ideias** em cartões e agrupamento dos mesmos por afinidade;
- **Validação do conteúdo** dos cartões, de forma a ser assegurado o consenso na interpretação por parte de todos os participantes, pertinência, unicidade (não haver mais do que um cartão com o mesmo conteúdo) e objetividade na informação;
- **Formação de grupos** de cartões de nível 1, juntando os cartões com significado semelhante e não incluindo, geralmente, mais do que três cartões por grupo - cartões que não possuam afinidade com nenhum outro ficam isolados;
- **Titular cada grupo** de nível 1.

### 3.6.13 Diagrama de Pareto

O Diagrama de Pareto baseia-se no princípio do economista Vilfredo Pareto, que definiu no século XIX que 20% da população possui 80% da riqueza. O princípio básico de 80/20 foi então adotado na descrição de outras realidades, e, mais tarde, melhorado com as classificações A, B e C, em que (Grosfeld-nir et al, 2007):

- **A classe A**, que consiste em aproximadamente 20% dos atributos, é responsável por 80% do fenómeno;
- **A classe B**, que consta os seguintes 30% de informação, é responsável por 10% do fenómeno;
- **A classe C**, que contém 50% dos restantes itens, são também responsáveis por 10% do fenómeno.

Esta ferramenta tem como objetivo a organização, compreensão, interpretação e apresentação dos dados recolhidos, através da combinação da frequência absoluta dos itens com a sua frequência relativa (Bai, 2015).

A construção de um diagrama de Pareto efetua-se de acordo com os seguintes passos (Pereira e Requeijo, 2012):

1. Definição dos dados a recolher, bem como o período de recolha;

2. Recolha dos dados;
3. Classificação dos dados obtidos em categorias e quantificação das mesmas;
4. Cálculo da percentagem relativa de cada categoria;
5. Ordenação das percentagens obtidas por ordem decrescente de valor;
6. Representação das categorias num gráfico de barras (eixo horizontal) e das respetivas percentagens relativas (eixo vertical);
7. Traçar a curva dos valores valores cumulativos das frequências (frequência relativa acumulada).

### 3.6.14 Matriz de Prioridades

A matriz de prioridades é uma ferramenta que provém da combinação de outras duas: o diagrama em árvore e o diagrama matricial. Esta ferramenta da qualidade permite a redução de opções formuladas a priori às mais eficazes para a resolução do problema em análise, sendo estas as que apresentam um maior índice de prioridade definido por determinados critérios, e a sua utilização é adequada quando se está perante um conjunto de ações/soluções diferentes que resolvam a questão, e o pretendido é a tomada de decisão consensual (Pereira e Requeijo, 2012).

A construção de uma matriz de prioridades deve seguir os seguintes passos (considere-se  $C_i$  os  $i$  critérios definidos e  $O_j$  as opções a selecionar):

- Definição dos critérios a consideração e atribuição das respetivas ponderações;

Tabela 3.3 - Matriz de prioridade de critérios  
(Adaptado de Pereira e Requeijo, 2012)

	$C_1$	$C_2$	...	$C_i$	Total	Ponderação (%)
$C_1$						
$C_2$						
$\vdots$						
$C_i$						
Total						

- Avaliação de cada opção  $O_j$  face aos critérios  $C_i$  estabelecidos, construindo uma matriz para cada critério;

Tabela 3.4 - Matriz de prioridades das opções para cada critério  
(Adaptado de Pereira e Requeijo, 2012)

	$O_1$	$O_2$	...	$O_j$	Total	Ponderação (%)
$O_1$						
$O_2$						
$\vdots$						
$O_j$						
Total						

- Preenchimento da coluna de prioridades com base nos pesos atribuídos e nos critérios  $O_j$  definidos;

Tabela 3.5 - Matriz de prioridades Opções vs. Critérios  
(Adaptado de Pereira e Requeijo, 2012)

	$C_1$	$C_2$	...	$C_i$	Importância (%)
$O_1$					
$O_2$					
$\vdots$					
$O_j$					

- Avaliar os resultados obtidos e abdicar das opções com menores percentagens de importância.

### 3.6.15 5W2H

A ferramenta 5W2H é uma sigla que significa: *what?* (o quê?), *who?* (quem?), *where?* (onde?), *when?* (quando?), *why?* (porquê?), *how?* (como?), e *how much?* (quanto?). Esta ferramenta permite, através da definição de todas as variáveis constituintes de um projeto ou de uma solução, propiciar os executantes a maiores possibilidades de alto rendimento na execução do projeto (Neto et al, 2016).

Esta ferramenta é sobretudo utilizada nas fases de identificação das opções para melhoria, implementação de alterações, avaliação de ações e planeamento de monitorização, e programas de continuidade (Silva, Medeiros, e Vieira, 2017).



## **4 Caracterização da empresa**

Este capítulo incidirá sobre os aspetos a ter em consideração sobre a empresa onde foi realizado o presente caso de estudo. Primeiramente será descrita de forma breve a história da empresa, seguida da sua presente missão, visão e objetivos. Seguidamente será feita uma pequena abordagem ao portfólio de produtos que a empresa possui, incidindo com maior detalhe nos produtos que foram objetos de estudo nesta dissertação, assim como uma breve menção às tecnologias que atualmente os produzem. Serão ainda mencionados a capacidade produtiva e os mercados onde a empresa se encontra presente.

### **4.1 História da Empresa**

A empresa Gelpeixe, Alimentos Congelados, S.A. foi fundada a 21 de Janeiro de 1977 por Francisco Tarré, em conjunto com os seus dois filhos, Manuel Tarré e Joaquim Tarré. Inicialmente a empresa por ter como negócio a venda de arcas congeladores e gelados. No entanto foi identificada a inexistência de um mercado alargado de alimentos congelados (especialmente o pescado), o que aliado ao conhecimento obtido no negócio das arcas frigoríficas fez com que nascesse a atividade atual da organização. A primeira fábrica da empresa surge em 1979, que se situou num terreno pertence aos pais de Francisco Tarré, no qual na altura se encontravam empregados 15 trabalhadores, que cortavam e embalavam o peixe manualmente. No início da década de 80, a Gelpeixe iniciou pela primeira vez relações comerciais internacionalmente, através da compra de matéria-prima em Vigo e Las Palmas (Espanha), e posteriormente em 1985, a Gelpeixe iniciou também a importação de matéria-prima vinda da África do Sul (pescada), que se viria a tornar fulcral para a atividade e desenvolvimento da empresa sendo que se tornou no seu mercado internacional estratégico. Posteriormente expandiu o seu mercado de exportação, exportando para países europeus como a Espanha, Alemanha, Bélgica, Luxemburgo, França, Suíça, Polónia e Reino Unido, e para outros países além-Europa como Angola, Moçambique, Cabo Verde, Macau, e Austrália.

Em 2001, a empresa recebeu certificação segundo o referencial normativo ISO 9001, e em 2002 a certificação segundo o referencial normativo DS 3027E, sendo a primeira empresa na indústria dos produtos de pesca congelados em Portugal a obter simultaneamente certificação nestas duas normas. Em 2009, recebeu certificação segundo o referencial normativo ISO 22000:2005, referente à segurança alimentar.

Atualmente a Gelpeixe encontra-se sediada em Loures, no distrito de Lisboa, Portugal e conta com cerca de 170 colaboradores, que trabalham em instalações com uma área total de mais de 10 000 m<sup>2</sup>, e com uma capacidade de armazenagem de 20 000 metros cúbicos.

## 4.2 Missão, visão e objetivos

Num setor que em Portugal se encontra bastante amadurecido e algo saturado, a Gelpixe mantém-se como um nome de referência principalmente no pescado congelado e ultracongelado, sendo uma empresa bem estabelecida no mercado e com um *know-how* já vindo de muitos anos em funcionamento. Não obstante, a empresa continua a procurar exceder os seus próprios padrões, introduzindo recentemente novas gamas de produtos no seu portfólio, realizando acordos com novos fornecedores e clientes, melhorando sempre a qualidade e eficiência da sua atividade, e através da realização de parcerias externas estratégicas.

A principal missão desta empresa de referência nacional portuguesa é o fornecimento de produtos do maior nível de qualidade possível através da escolha das melhores de origem da matéria-prima e do estabelecimento de parcerias em cada uma dessas áreas, garantindo a segurança alimentar dos consumidores finais dos seus produtos, criando produtos à medida das necessidades dos seus clientes e utilizando estratégias de distribuição que permitam a facilidade de aquisição de todas as suas gamas por parte dos consumidores.

A empresa encontra-se focada na inovação do seu negócio, através do aumento do seu portfólio e da diversificação das suas gamas de produtos, procurando alargar o seu mercado através da exportação dos seus produtos, e tentando sempre melhorar e inovar os seus processos produtivos.

Nas práticas da empresa encontra-se também a responsabilidade em manter as suas atividades sustentáveis, sobretudo no que respeita à responsabilidade e às boas práticas de pesca e captura, garantindo a não existência de peixe capturado ilegalmente. Esta organização já obteve a certificação MSC relativamente à sardinha e procura fazê-lo também para a pescada nos tempos futuros. Reconhecendo o mérito e a excelência do desempenho financeiro da Gelpixe, esta foi já distinguida com o prémio PME Prestígio e PME Excelência pelo IAPMEI.

## 4.3 Produtos

Atualmente a empresa conta com uma vasta gama de produtos, que tem vindo a aumentar devido à expansão do seu portfólio na tentativa de inserir a empresa em mais nichos de mercado de alimentos ultracongelados.

Os produtos transformados na fábrica da empresa e comercializados por esta podem ser agrupados nas seguintes categorias:

- Peixes, com especial referência à pescada (Figura 4.1);
- Mariscos;
- Moluscos;
- Carnes;
- Vegetais;
- Sopas;
- Refeições;
- Salgados;
- Sobremesas;
- Pães.

Contudo os únicos produtos que são transformados e/ou embalados dentro do estabelecimento são os peixes, os mariscos e os moluscos. Os restantes produtos são fabricados por empresas externas e a Gelpeixe apenas efetua a comercialização e distribuição destes.



Figura 4.1 - Produto Gelpeixe (Pescada nº 5)  
(Catálogo Gelpeixe, 2017)

## 4.4 Fluxo produtivo

Na sede, a empresa realiza várias atividades (Figura 4.2), incluindo mas não se limitando ao processo de produção (transformação e embalagem). O processo geral inicia-se com a receção das matérias-primas e produtos acabados, ambas são armazenadas nas câmaras de gelo caso a matéria-prima em questão não esteja no plano de produção referente ao seu dia de chegada, caso contrário passa diretamente para a sala de produção. Na sala de produção as matérias-primas são transformadas (corte) e embaladas, passando à paletização onde as paletes são montadas também tendo em conta as especificações requeridas por cada cliente.

Estas por sua vez, quando completas, são armazenadas nas câmaras frigoríficas (as quais se encontram normalmente a temperaturas de -22° C), e por fim, caso haja pedido de encomenda por parte dos clientes, as paletes passam à zona de *picking*, onde são alocadas nos veículos de frio pertencentes à frota da própria empresa, que efetuam a distribuição dos produtos acabados.

Receção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Descarregamento de MP</li> <li>• Inserção no <i>software</i> de gestão da chegada</li> <li>• Verificação da conformidade do produto recebido</li> </ul>
Armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gestão de <i>stocks</i></li> <li>• <i>Picking</i></li> </ul>
Produção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transformação de MP</li> <li>• Embalamento de MP</li> <li>• Verificação da conformidade do produto acabado</li> </ul>
Paletização	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Receção das caixas <i>master</i> (cartão canelado) e montagem das paletes</li> <li>• Armazenamento <i>pré-picking</i></li> </ul>
Distribuição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Picking</i> de encomenda específica do cliente</li> <li>• Definição das rotas dos veículos</li> <li>• Entrega das encomendas porta-a-porta e a grandes superfícies</li> </ul>

Figura 4.2 - Principais atividades da empresa

## 4.5 Capacidade produtiva e tecnologias

A empresa conta com cerca de 170 colaboradores, como já foi referido, e o pico de atividade da empresa, i.e., quando se encontra o maior número de funcionários a trabalhar verifica-se entre as 8h30 e as 17h30 (horário diurno). No entanto, o departamento de Logística também funciona em horário noturno, que é quando é realizado o carregamento dos veículos, que saem do recinto para distribuição de madrugada. A fábrica não produz na sexta-feira durante a tarde. Atualmente a empresa produz cerca de 23 toneladas de produto por dia.

Os equipamentos e tecnologias dos quais a empresa usufrui são bastante modernos e especializados para o setor em questão, nomeadamente pode dar-se como exemplo a existência de empilhadores com cabine que permitam aos operadores efetuar as suas tarefas nos armazéns com toda a segurança, sobretudo devido às baixas temperaturas climáticas dentro dos mesmos. Também se pode encontrar na zona de logística empilhadoras *standard*, *walkie-stackers*, entre outros. Na produção, pode-se encontrar equipamentos técnicos avançados, de carácter

autónomo, como as doseadoras, os túneis criogénicos, máquinas de embalagem *standard* e embalagem a vácuo, balanças, detetores de metais, máquinas de inserção de fita-cola nas caixas *master*. Embora se verifique já uma grande quantidade de equipamento moderno e autónomo, algumas atividades do processo produtivo em certas linhas (como o corte e embalagem) ainda são realizadas manualmente pelos operadores.

Relativamente à distribuição, a empresa não recorre ao *outsourcing*, possuindo uma frota de veículos especializados para transporte de congelados e ultra congelados. Entre outros podemos distinguir os veículos de frio forçado, cujo motor mantém a temperatura do carro nas condições desejadas, e os veículos de placas eutéticas, que funcionam sendo baixada a temperatura dentro das caixas destes previamente antes da viagem de distribuição por meio de ventilação, e o isolamento do próprio carro mantém o frio durante a rota.



## 5 Estudo de Caso

Este capítulo aborda a aplicação da metodologia Seis Sigma enquanto metodologia e métrica, de forma prática no processo produtivo da empresa Gelpeixe S.A., particularmente na sala de produção, onde se efetua o corte e embalagem de vários produtos de peixe e marisco congelados. O parâmetro da Qualidade escolhido para análise dos mesmos foi a temperatura, factor de extrema importância no setor de alimentos congelados. Com este estudo pretendeu-se avaliar o processo que se encontra no centro da atividade de negócio desta empresa, no qual a temperatura destes produtos é altamente regulada e controlada por meios legislativos, pelo que o objetivo se focou na diminuição da temperatura e diminuição da variabilidade da mesma. As medidas estatísticas utilizadas para medição do comportamento da temperatura foram a média e o desvio padrão.

Para se atingir o objetivo descrito anteriormente, aplicou-se o ciclo DMAIC. Neste capítulo apresentam-se em pormenor as fases deste ciclo aplicadas ao estudo de caso. Ao longo deste capítulo é utilizado um esquema de cores, atribuindo-se uma cor específica para cada uma das fases do ciclo DMAIC, de forma a facilitar a diferenciação entre as mesmas.

### 5.1 Fase *Define*

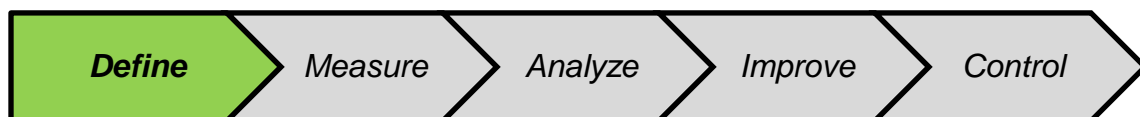


Figura 5.1 - Fase *Define*

Tal como foi referido no capítulo 3.5.1, a fase *Define* é a primeira do ciclo DMAIC (Figura 5.1). Nesta fase procurou-se identificar o problema a ser alvo de melhoria, e consequentemente definir as metas, o âmbito e os objetivos do projeto, identificar as necessidades dos clientes, identificar os defeitos atualmente existentes no processo, definir a equipa Seis Sigma e respetivas responsabilidades e elaborar o calendário de projeto.

A equipa do presente projeto Seis Sigma que aqui se apresenta foi definida procurando a heterogeneidade da mesma, sendo a mesma caracterizado por elementos de vários departamentos e funções distintas, que de seguida se descrevem:

- Elemento A – Técnico do Departamento da Qualidade, com 17 anos de experiência;
- Elemento B – Responsável pelo Departamento da Qualidade, com 5 anos de experiência;
- Elemento C – Técnico na área da Produção, com 15 anos de experiência;
- Elemento D – *Green Belt* em Seis Sigma, consultor externo à empresa, com 10 anos de experiência;
- Elemento E – Estagiário do Departamento da Qualidade, sem experiência profissional;
- Elemento F – Técnico do Departamento Comercial, com 5 anos de experiência.

### 5.1.1 Seleção do projeto

Inicialmente foi realizada uma reunião com o departamento da Qualidade, na qual com base na necessidade da empresa foram identificados três possíveis projetos de melhoria, todos eles relacionados com uma das características mais fundamentais e importantes neste tipo de indústria alimentar – a temperatura. Os projetos considerados para seleção foram os seguintes:

- Estudo das temperaturas dos produtos que são transportados nos veículos da frota de distribuição da empresa (carros de placas eutéticas e carros de frio forçado);
- Estudo das temperaturas das paletes guardadas no armazém após a sua saída da sala de paletização, com o objetivo de determinar qual a melhor ordem de produção com base nos produtos que demoram mais ou menos tempo a perder temperatura;
- Estudo das temperaturas dos produtos no fim do processo de produção.

Qualquer um destes projetos envolve um parâmetro relacionado com as características de qualidade mais críticas para os clientes, isto é, a temperatura. Esta afeta diretamente as CTQs dos clientes, nomeadamente os fatores microbiológicos, químicos e sensoriais, que na prática afetam o aspeto, o cheiro e o sabor do produto, assim como a sua segurança para consumo.

No entanto, nem todos os projetos apresentados se mostraram indicados para recolha de dados e avaliação para melhoria. No caso das temperaturas na distribuição, a calibração dos aparelhos de medição (*data loggers*) disponíveis já tinha ultrapassado a sua validade, e após algumas medições preliminares observou-se que os resultados apresentavam algumas discrepâncias com o que seria esperado, principalmente na capacidade em acompanhar o produto quando este era sujeito a mudanças bruscas de temperatura (longos períodos de tempo de estabilização). Este problema também se identificou para o caso da paletização, visto que se utilizava os mesmos aparelhos que os da distribuição para as medições. Outros problemas na execução destes projetos envolviam questões relacionadas com o pessoal. No caso da distribuição, a dificuldade em acompanhar todo o processo de distribuição com a devida assiduidade (por exemplo, não haver possibilidade de acompanhar o motorista durante a viagem), assim como

em acompanhar e observar todos os processos adjacentes à distribuição (por exemplo, cargas e descargas muitas vezes são realizadas durante o turno noturno). No caso do armazenamento, verificou-se que o controlo da localização da paleta apresentava dificuldade acrescida, devido ao dinamismo do próprio armazenamento, o que impedia uma simulação perto do ideal, i.e., que demonstrasse um cenário realista.

Optou-se então por desenvolver o projeto de melhoria das temperaturas na sala de produção, cuja importância é extremamente elevada e o qual não apresentava nenhum tipo aparente de problemas face à sua execução. Na Figura 5.2 apresenta-se o fluxo do processo que decorre na sala de produção.

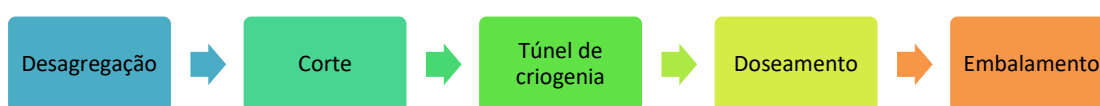


Figura 5.2 - Fluxo do processo - Sala de produção

Selecionado o projeto, iniciou-se então a primeira fase do ciclo DMAIC, cujos objetivos são descrever o problema específico, identificar os objetivos do projeto, determinar os clientes chave do processo a ser melhorado, assim como os seus CTQs, e garantir que o projeto é aceite (John et al, 2015).

### 5.1.2 Project Charter

Cumpriram-se os pontos acima fazendo uso da ferramenta *Project Charter*, que para além de fornecer uma descrição e definição clara e concisa do problema, identifica os elementos da equipa do projeto importantes à sua realização, assim como as suas funções no mesmo (Tabela 5.1).

O presente *Project Charter* foi apresentado aos restantes elementos da equipa, e aceite globalmente pela mesma.

Este documento apresenta um cariz dinâmico, o que significa que ao longo do estudo de caso poderá sofrer alterações conforme se verifique que exista necessidade de atualização, o que acontecerá possivelmente após conclusão da fase *Measure* do ciclo DMAIC.

Tabela 5.1 - *Project Charter* inicial

Nome do projeto			
Aplicação do Seis Sigma na transformação e embalagem de alimentos congelados			
Data de início	09/01/2017	Data de término	09/06/2017
Empresa	Gelpeixe, Alimentos Congelados, S.A.		
Objetivo do projecto			
Na indústria alimentar, a qualidade e segurança alimentar dos alimentos congelados é crucial, especialmente quando se trata de peixe e marisco, cujas composições os tornam muito propícios ao desenvolvimento de micro-organismos que são prejudiciais se consumidos. A empresa Gelpeixe, tendo conhecimento desta situação, pratica valores limite de aceitação, os quais quando se encontram acima do mesmo são rejeitados. O pretendido com este projeto é melhorar o atual processo de forma a que os produtos a rejeitar no final da produção sejam menores.			
Âmbito do projeto			
As temperaturas recolhidas no final da produção, após transformação e embalagem dos produtos, dentro das datas indicadas no presente <i>Project Charter</i> , são o objeto de estudo a ter em consideração.			
Descrição do problema			
A empresa deseja melhorar/diminuir o nível das temperaturas atuais dos produtos no final do processo de produção, garantindo assim que todos os seus produtos que são distribuídos são seguros para consumo, e por consequente que os seus clientes apresentam uma maior satisfação face aos produtos.			
Definição da meta			
Diminuir a variabilidade e melhorar o nível de temperaturas atual, ou seja, aumentar o nível Sigma atual.			
Restrições e suposições			
Restrições		Suposições	
Dificuldade na implementação de melhorias devido à falta de estabilidade atual do processo e alguma inércia por parte da organização atual da própria empresa.		As linhas da produção fornecem aos produtos condições semelhantes de transformação e embalagem, e a diferença entre produtos depende na sua própria morfologia e capacidade para reter a temperatura.	
Análise de risco do projeto			
Risco		Estratégia de Mitigação	
Não cumprimento das datas estipuladas; Não conseguir diminuir as temperaturas.		Expor os resultados ao departamento da produção e colaborar conjuntamente.	
Nível Sigma do projeto			
Situação inicial: <b>Por definir</b>		Meta: <b>Por definir</b>	
Equipa do projeto			
Nome		Responsabilidade	
Sofia Quirino Rosa		Elemento <i>Pivot</i>	
José Gomes Requeijo		Coordenador do projeto	
Inês Pimentel		<i>Green Belt</i>	
Ana Brazuna		Técnica Superior de Suporte	

### 5.1.3 Diagrama de Gantt

Juntamente com o *Project Charter*, apresentou-se um diagrama de Gantt para cada fase do ciclo DMAIC e suas correspondentes atividades (Tabela 5.2), para que existam *milestones* completamente definidas que permitam manter a equipa focada nas suas tarefas.

Tabela 5.2 - Diagrama de Gantt

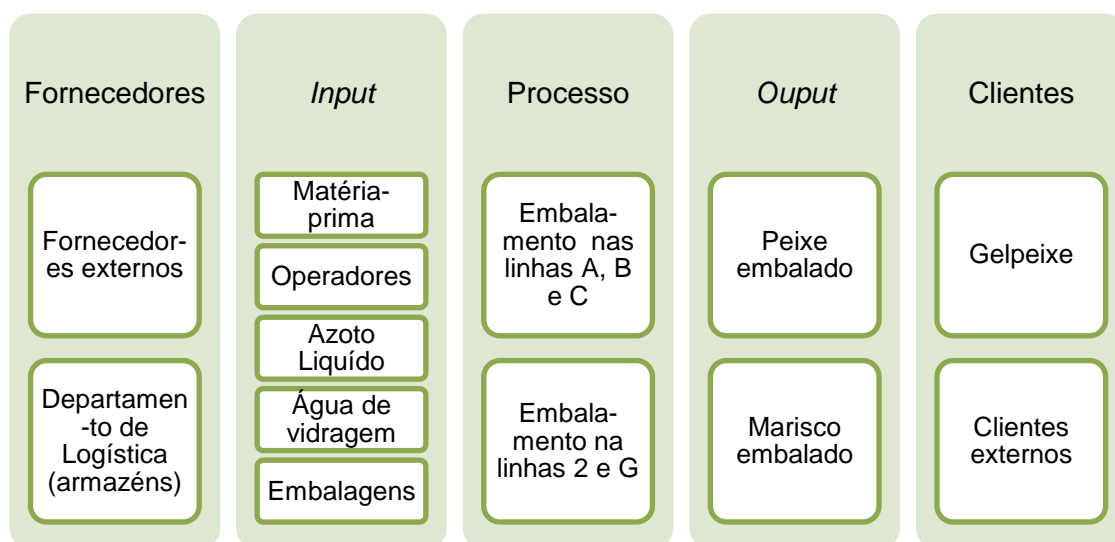
Fases e atividades DMAIC	Janeiro				Fevereiro				Março				Abril				Maio				Junho			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>DEFINE</b>																								
1. Formulação do problema																								
2. Elaboração SIPOC																								
3. Recolha dos requisitos dos clientes																								
4. Elaboração Plano de projeto																								
<b>MEASURE</b>																								
5. Identificar e definir medições																								
6. Recolha de dados																								
7. Atualização do <i>Project Charter</i>																								
<b>ANALYZE</b>																								
8. Recolha de possíveis causas																								
9. Análise do processo																								
10. Análise dos dados																								
11. Verificação das causas raiz																								
<b>IMPROVE</b>																								
12. Recolha de possíveis soluções																								
13. Seleção de soluções																								
14. Elaboração de plano de implementação de ações																								
15. Teste e implementação de soluções																								
<b>CONTROL</b>																								
16. Finalizar documentação																								
17. Implementação de sistema de monitorização efetivo a longo prazo																								

### 5.1.4 SIPOC

Juntamente com o *Project Charter*, o diagrama SIPOC é uma ferramenta que ilustra detalhadamente o processo a ser melhorado, relativamente às tarefas envolvidas no processo

em si, assim como aos fornecedores, *inputs*, *outputs* e clientes do processo (Tabela 5.3). Isto permite uma compreensão maior do processo por parte dos elementos da equipa de projeto, assim como a determinação da relação entre os diferentes clientes e fornecedores através dos *inputs* e *outputs* relevantes do processo, e a identificação dos clientes chave (John et al., 2015).

Tabela 5.3 - SIPOC



O processo realizado pelas linhas A, B e C difere do processo realizado pelas linhas 2 e G, tendo estas duas últimas que envolve menos tarefas relativamente às realizadas nas linhas A, B e C.

### 5.1.5 Critical-to-Quality (CTQs)

As necessidades verificadas pela Gelpeixe enquanto cliente correspondem às mesmas necessidades dos restantes clientes desta organização, as quais foram traduzidas nas características críticas à qualidade dos produtos em estudo, i.e., os CTQs. Estas necessidades foram obtidas atendendo à visão e objetivos da empresa, complementada com discussão e diálogo com os responsáveis pelo Departamento de Controlo da Qualidade.

Após ouvir as preocupações da empresa e registo cuidado destas, conclui-se que as características críticas da qualidade para os clientes da Gelpeixe são os que se seguem:

- **Fatores sensoriais:**
  - Sabor;
  - Cheiro;

- Aspeto;
- **Fatores químicos;**
- **Fatores microbiológicos.**

Definidas as características críticas, verificou-se que existe um fator com um efeito direto em todas as características: a temperatura. Na Tabela 5.4 encontra-se a listagem destes efeitos de acordo com cada um dos fatores identificados.

Tabela 5.4 - Efeitos da temperatura nos CTQs

CTQ	Efeito da temperatura
<b>Fatores sensoriais</b>	Mantendo os produtos a baixas temperaturas, permite-se a conservação máxima do peixe e do marisco, permitindo assim que o cliente receba o produto praticamente nas condições sensoriais em que estes foram pescados.
<b>Fatores químicos</b>	As temperaturas negativas permitem ao produto não sofrer tantas alterações químicas de decomposição que alteram severamente a qualidade deste (exemplo: rancidez).
<b>Fatores microbiológicos</b>	A temperaturas negativas, o desenvolvimento de colónias de micróbios prejudiciais para a saúde dos seres humanos diminui com a diminuição de temperatura.

## 5.2 Fase *Measure*

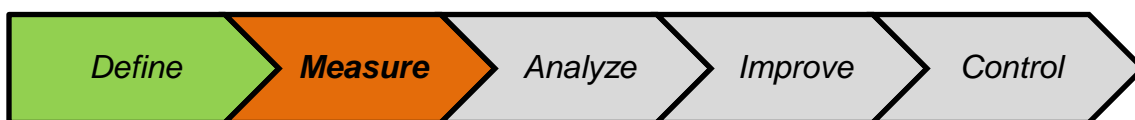


Figura 5.3 - Fase *Measure*

Definido detalhadamente o problema, a próxima etapa a realizar é a fase *Measure* (Figura 5.3), na qual se determina as medições sistematicamente, se procede à verificação da precisão através de um sistema de análise de medição, se realiza a análise das medições usando ferramentas e técnicas que podem possuir ou não um suporte visual, analisar as medições quanto aos seus parâmetros de localização e dispersão, e determinar a capacidade do processo

utilizando o cálculo do Sigma do processo e outros métodos (John et al, 2015).

### 5.2.1 Fluxograma do Processo (*Process Flowchart*)

Num projeto Seis Sigma, é crucial a definição precisa do processo a melhorar, relativamente a todos os detalhes acerca das atividades, recursos, decisões, dependências e valores. O mapeamento do processo traduz-se numa representação desta definição precisa de processo.

Nesta fase do ciclo DMAIC, a Figura 5.4 permite definir no projeto qual o local (ou atividade) do processo mais apropriada para recolha de dados, ou seja, a que permita obter mais informação acerca do processo.

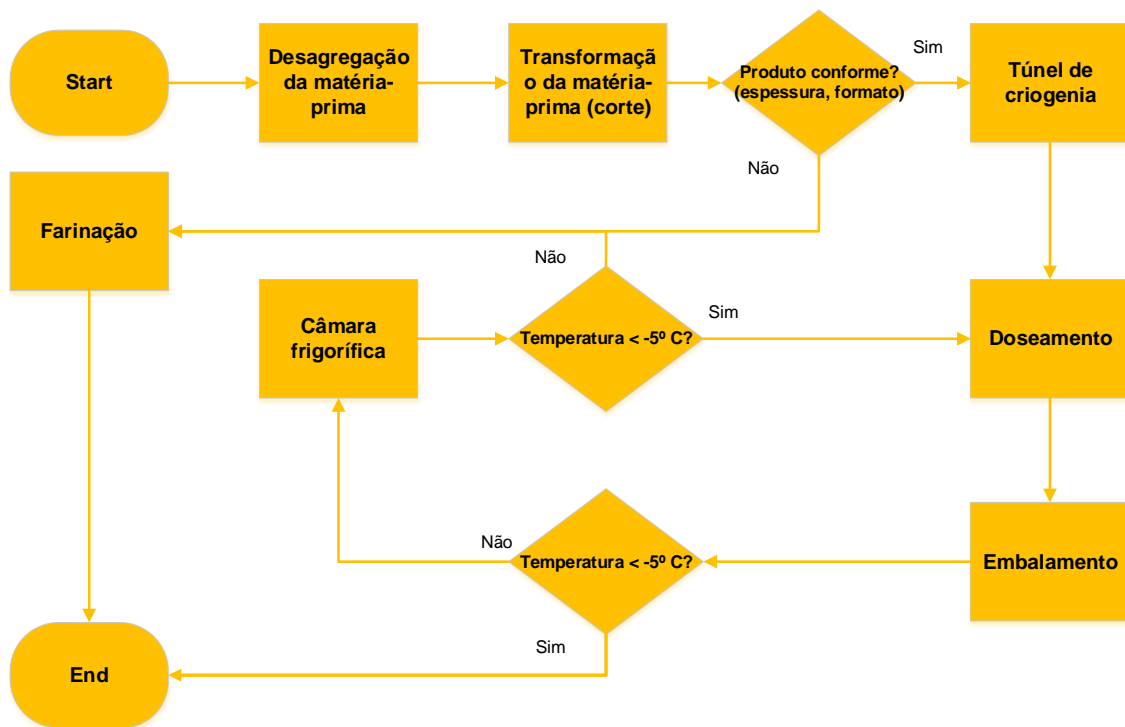


Figura 5.4 - Fluxograma do processo produtivo

Referente à figura apresentada acima, pode-se verificar que existem três momentos de decisão no processo de produção:

- 1ª decisão – Após o corte, cabe aos operadores verificar que o produto resultante corresponde às especificações do cliente, em termos de espessura do corte e formato. As “aparas”, resultantes do corte da zona mais próxima da cabeça do pescado, são um exemplo de produto que não corresponde às especificações, as quais vão diretamente para farinação;

- 2ª decisão – Após o embalamento das peças em conjuntos (mais uma vez por especificação referente a cada cliente), é verificado a cada intervalo de tempo estabelecido se a temperatura de uma embalagem removida aleatoriamente da roda de embalamento nas caixas de cartão canelado tem uma temperatura inferior a  $-5^{\circ}\text{C}$ ;
- 3ª decisão – Para os produtos que se verificou não estarem conformes, i.e., temperatura superior a  $-5^{\circ}\text{C}$ , estes são colocados numa câmara frigorífica para ganharem temperatura para que possam ser reprocessados; caso estes demorem muito tempo a atingir a temperatura desejada, nomeadamente se chegar ao final do turno diário de produção e o produto permanecer não conforme, o mesmo vai para farinação, visto uma especificação comum a todos os clientes é a de só pode haver produção e paletização dos lotes diários.

Tomou-se a decisão de recolher os dados do parâmetro temperatura no final do processo de produção, local onde o Departamento de Controlo da Qualidade da própria empresa efetua atualmente a amostragem de temperaturas para verificação de conformidade.

Pretende-se assim reduzir a quantidade de reprocessamento e farinação de produto que após a 1ª decisão se encontrava conforme. A focalização na 2ª decisão garante também que os produtos não sofram tantas alterações climáticas, que afetam em larga escala o aspeto dos produtos (o produto mesmo a  $-5^{\circ}\text{C}$  começa a perder a forma, apresentando um aspeto “mole”), uma das características definidas como críticas para os clientes.

Na fase *Measure*, têm-se como objetivos a recolha de dados com vista nas especificações necessárias para cumprir os requisitos dos clientes; a garantia da precisão das medições, a quantificação dos problemas estabelecidos na situação inicial baseados nos dados recolhidos do output do processo, e a utilização de ferramentas e métodos estatísticas para descrever e analisar as medições chave do output e identificar as suas características específicas.

## 5.2.2 Plano de Recolha de Dados

Para a realização precisa e correta da recolha de dados do estudo de caso, começou-se por descrever de uma forma geral o procedimento, mais concretamente os dados a recolher, onde seria feita a recolha destes, em que altura do processo, e quem seria o responsável pela recolha dos dados (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 - Plano de Recolha de Dados

<b>What? (O quê?)</b>	<b>Medição</b>	<b>Temperatura interna</b>
	<b>Tipo de Medição</b>	Output da produção
	<b>Tipos de dados</b>	Contínuos
	<b>Definição operacional (R&amp;R)</b>	O produto foi cortado, passou pelo túnel de criogenia e foi embalado em grupo de peças.
<b>How? (Como?)</b>	<b>Definição operacional (como)</b>	Medições periódicas de temperatura devem garantir que qualquer produto removido aleatoriamente do fim do processo de produção possua um valor de temperatura menor ou igual a -5° C.
<b>Who? (Quem?)</b>	<b>Responsável</b>	Elemento da equipa do projeto.
<b>When? (Quando?)</b>	<b>Frequência</b>	O intervalo de tempo entre recolhas de amostras é de uma hora.
<b>Where? (Onde?)</b>	<b>Fonte/Localização</b>	Peça de produto acabado no final da produção, antes da colocação nas caixas master e da paletização.

### 5.2.3 Recolha dos Dados

Na sala de produção, existem produtos com maior relevância que outros, por serem os produtos mais procurados pelos clientes (especificamente o consumidor final), e por consequente são os produtos que são transformados e embalados com maior frequência. Optou-se por realizar as medições nestes produtos, devido à sua importância na receita da empresa. Os produtos escolhidos para realização de medições foram:

- Pescada nº 3;
- Pescada nº 5;
- Filetes de Pescada;
- Lombos de Pescada;
- Lulas;
- Chocos.

É de referir que a diferença entre a Pescada nº 3 e Pescada nº 5 está no seu diâmetro (a Pescada nº 5 tem por definição um diâmetro superior).

A recolha de dados foi realizada com recurso a um aparelho de medição de temperaturas fabricado especificamente para o setor alimentar. Ao efetuar a medição, o termómetro foi sempre colocado na zona mais central do produto, de forma a obter a temperatura de forma o mais semelhante possível em todas as observações.

Depois de algumas recolhas de temperaturas teste (Tabela 5.6), verificou-se que possivelmente poderia haver grandes semelhanças entre os comportamentos das temperaturas dos produtos a estudar. Procurou-se verificar isto recorrendo a um teste de hipóteses (teste bilateral):

$H_0: \mu_i = \mu_j$  (hipótese nula)

$H_1: \mu_i \neq \mu_j$  (hipótese alternativa)

Sendo que  $i, j$  representam todas as combinações de pares de médias possíveis de comparar dentro da gama de produtos escolhidos.

Visto não se conhecer as variâncias de nenhuma das populações em estudo, a estatística de teste apropriada neste caso específico é definida através da distribuição  $t$  de Student:

$$t_0 = \frac{(\bar{X}_i - \bar{X}_j) - \Delta_0}{Sp \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}}} \quad (5.1)$$

Onde  $\bar{X}_i$  e  $\bar{X}_j$  representam médias amostrais e  $n_i, n_j$  são as dimensões das amostras recolhidas.

No entanto, o cálculo desta estatística depende do comportamento das variâncias das próprias populações. Se as variâncias não forem significativamente diferentes, no cálculo da estatística de teste  $t$  pode-se usar a variância combinada das duas populações,  $Sp^2$ . Caso contrário, terá que se utilizar as variâncias separadamente.

Para se verificar a existência de diferenças significativas entre as variáveis, recorre-se ao seguinte teste de hipóteses:

$$H_0: \sigma_i^2 = \sigma_j^2 \quad (5.2)$$

$$H_1: \sigma_i^2 \neq \sigma_j^2$$

E a respetiva estatística de teste é a seguinte

$$F_0 = \frac{S_i^2}{S_j^2} \quad (5.3)$$

Onde  $S_i^2$ ,  $S_j^2$  são variâncias amostrais.

Tabela 5.6 - Amostras iniciais para teste de hipóteses

	Pescada nº 3	Pescada nº 5	Filetes de Pescada	Lombos	Lulas	Chocos
<b>n=10</b>	-7,0	-6,4	-5,7	-13,0	-11,5	-10,1
	-8,0	-6,4	-7,2	-10,5	-11,6	-13,4
	-5,7	-6,3	-7,2	-12,0	-13,5	-11,3
	-7,0	-7,2	-6,8	-10,7	-10,9	-13,5
	-7,5	-7,4	-5,7	-12,6	-13,0	-10,6
	-5,5	-8,7	-5,2	-10,1	-12,8	-12,7
	-6,0	-8,9	-5,8	-12,2	-12,1	-10,7
	-6,7	-7,8	-5,5	-10,0	-12,3	-12,3
	-5,3	-5,6	-7,4	-10,8	-11,2	-10,1
	-6,0	-6,4	-7,4	-10,0	-12,0	-10,5
<b>Média amostral</b>	<b>-6,47</b>	<b>-7,11</b>	<b>-6,39</b>	<b>-11,19</b>	<b>-12,09</b>	<b>-11,5</b>
<b>Variância amostral</b>	<b>0,818</b>	<b>1,194</b>	<b>0,7810</b>	<b>1,3143</b>	<b>0,685</b>	<b>1,8</b>

De seguida realizou-se o teste de hipóteses para cada par de produtos (Tabela 5.7). Se dois produtos quando testados permitiam concluir que não se rejeitava a hipótese nula, e juntava-se as duas populações num grupo só, e em análises futuras considerou-se o estudo composto pelos dois produtos. Para um terceiro produto poder ser considerado no grupo previamente criado, terá que ter uma média não diferente das duas populações já integradas naquele grupo. Basta a média do terceiro produto ser diferente de pelo menos um dos integrantes para esse produto não poder ser considerado como pertencente àquele grupo.

Dos resultados dos testes de hipóteses chegou-se à conclusão que os seis produtos se podiam juntar em dois grupos diferentes, os quais se nominaram de grupo A e grupo B (Tabela 5.8).

Esta categorização é congruente com o que se verifica na sala de produção, sendo que a Pescada nº 3, a Pescada nº5 e os Filetes de Pescada são processados pelas mesmas linhas de produção, e o mesmo se verifica para as Lulas e os Chocos. Embora os Lombos de Pescada não sejam processados pelas mesmas linhas (por motivos legislativos existem linhas afetas apenas à produção de marisco e moluscos, devido à existência de alergénios na composição

destes), as suas linhas respetivas são extremamente semelhantes respetivamente às fases pelo que o produto passa.

Tabela 5.7 - Testes de hipóteses para as várias combinações

	P3 e F	P3 e P5	P5 e F	P3 e Lb	Lb e Lu	Lb e Cho	Lu e Cho
<b>F<sub>0</sub></b>	1,0472	0,6848	1,5292	0,6223	1,9175	0,7349	0,3833
<b>F<sub>crítico</sub> = 3,179</b>							
<b>Sp<sup>2</sup></b>	0,7994	1,0061	0,9877	1,0661	0,9999	1,5514	1,2369
<b>Sp</b>	0,8941	1,0031	0,9938	1,0	0,9999	1,2455	1,1
<b>t<sub>0</sub></b>	-0,2001	1,4267	-1,6200	10,2	2,0126	0,5924	-1,1460
<b>T = t (5%, 18)</b>	2,1009	2,1009	2,1009	2,1009	2,1009	2,1009	2,1009
<b>Grupo A</b>	Sim	Sim	Sim	Não			
<b>Grupo B</b>					Sim	Sim	Sim

Tabela 5.8 - Agrupamento dos produtos em estudo

<b>Grupo A</b>	Pescada nº 3
	Pescada nº 5
	Filetes de Pescada
<b>Grupo B</b>	Lombos de Pescada
	Lulas
	Chocos

## 5.2.4 Cartas de controlo

Definidos os grupos, procedeu-se à recolha das amostras para a realização das cartas de controlo. Cada amostra é constituída por 5 observações, neste caso peças de peixe, marisco e moluscos, e a medição entre duas amostras efetuou-se tendo em conta um determinado intervalo de tempo para se garantir uma representação fidedigna do comportamento do processo ao longo do turno de produção. Considerou-se uma hora entre recolha de amostras para esse intervalo de tempo.

Recolheram-se 40 amostras para cada grupo, e elaborou-se as cartas de controlo para a média e o desvio padrão para o grupo A e o grupo B, recorrendo-se ao *software* Statistica.

Apresentam-se nas Figuras 5.5 e 5.6 as cartas de controlo da média e do desvio padrão para o grupo A:

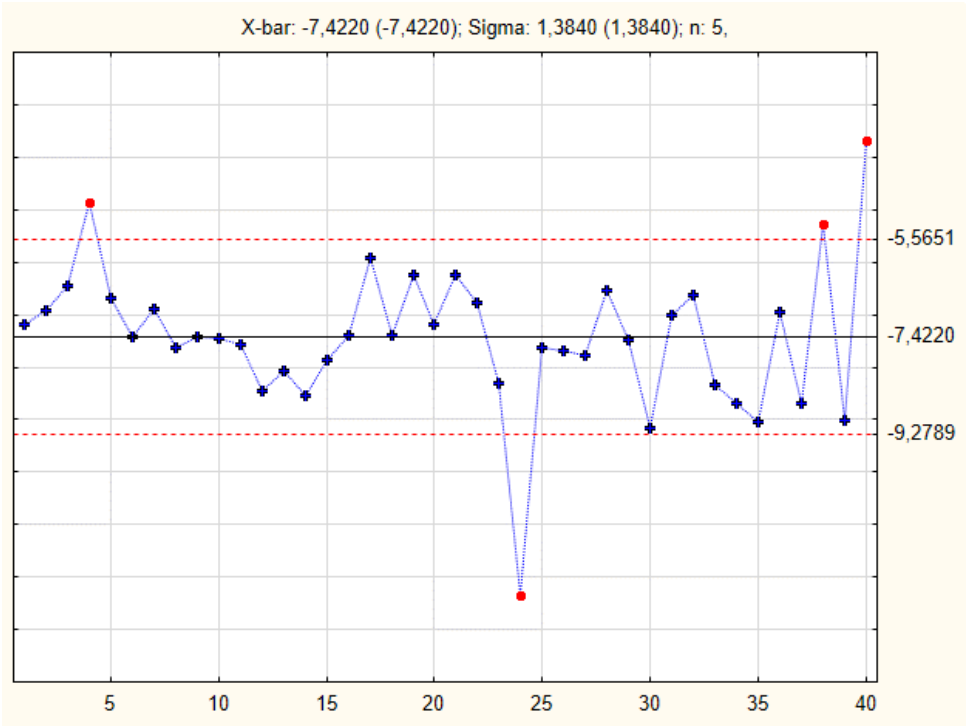


Figura 5.5 - Carta de controlo da média (grupo A)

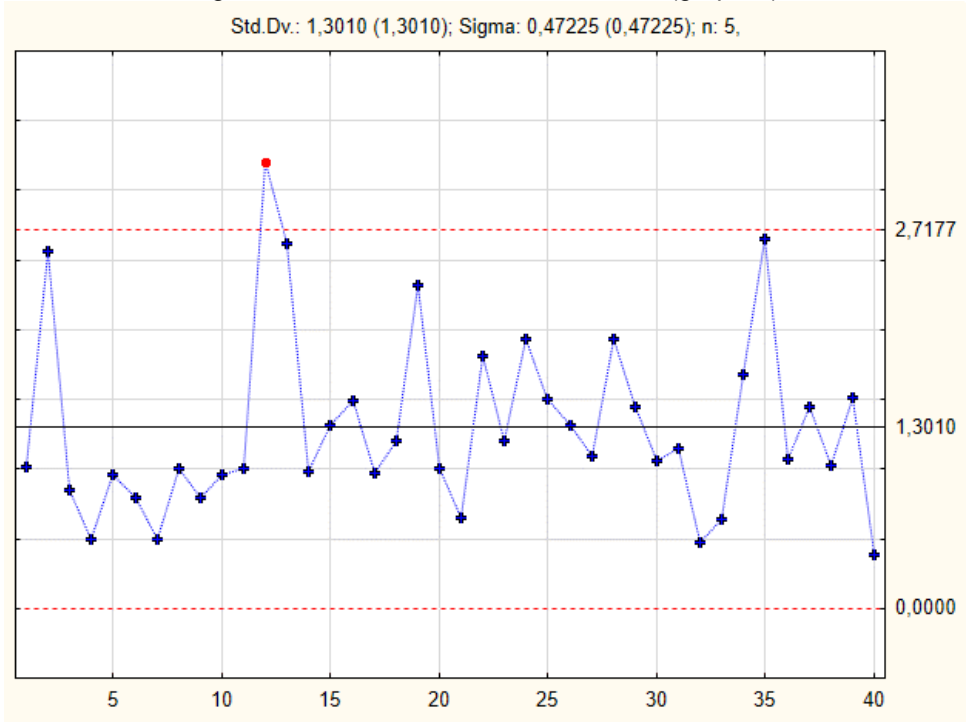


Figura 5.6 - Carta de controlo do desvio padrão (grupo A)

Segundo a ISO 7870-2:2013, um processo encontra-se fora de controlo estatístico quando não cumpre pelo menos uma das seguintes regras:

1. Um ponto qualquer fora dos limites de controlo (*outliers*);
2. Nove pontos consecutivos de um mesmo lado da linha central;
3. Seis pontos consecutivos em sentido ascendente ou descendente;
4. Catorze pontos crescendo e decrescendo alternadamente;
5. Dois de três pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado da linha central;
6. Quatro de cinco pontos consecutivos na zona B ou A, do mesmo lado da linha central;
7. Quinze pontos consecutivos na zona C;
8. Oito pontos de ambos os lados da linha central, sem nenhum na zona C.

Verificou-se a existência de *outliers* tanto nas medições referentes ao grupo A, como nas do grupo B (regra nº 1). Como são ocorrências pontuais, procedeu-se à remoção destes (ilustrados como pontos vermelhos nas figuras) e criou-se as novas cartas de controlo com os novos limites.

De seguida se apresentam nas Figuras 5.7 e 5.8 as cartas de controlo da média e do desvio padrão do grupo A revistas:

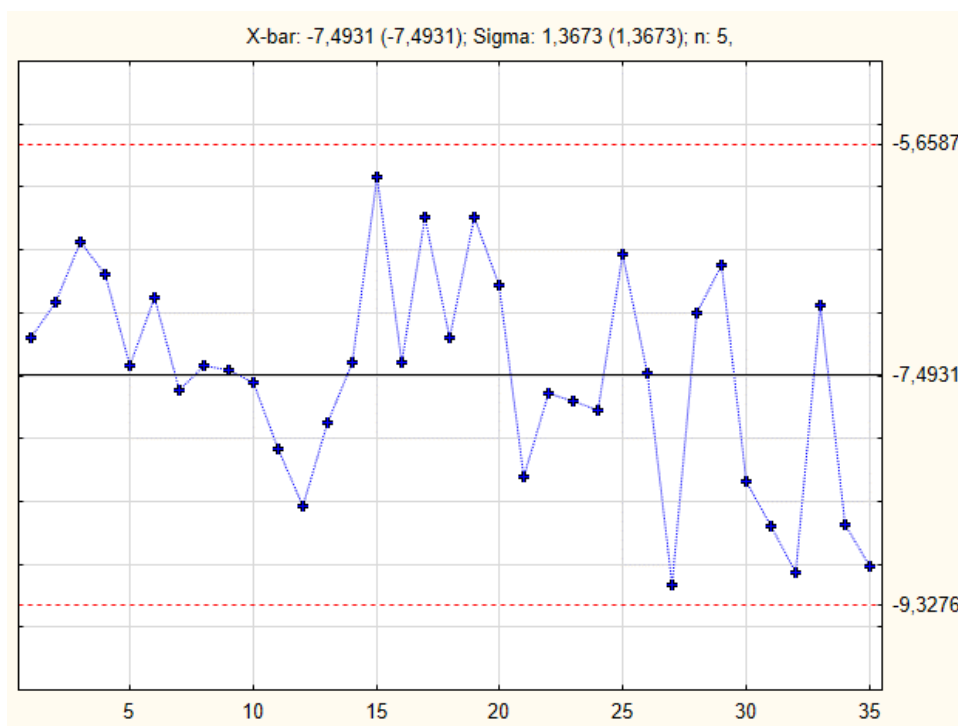


Figura 5.7 - Carta de controlo da média (grupo A) sem *outliers*

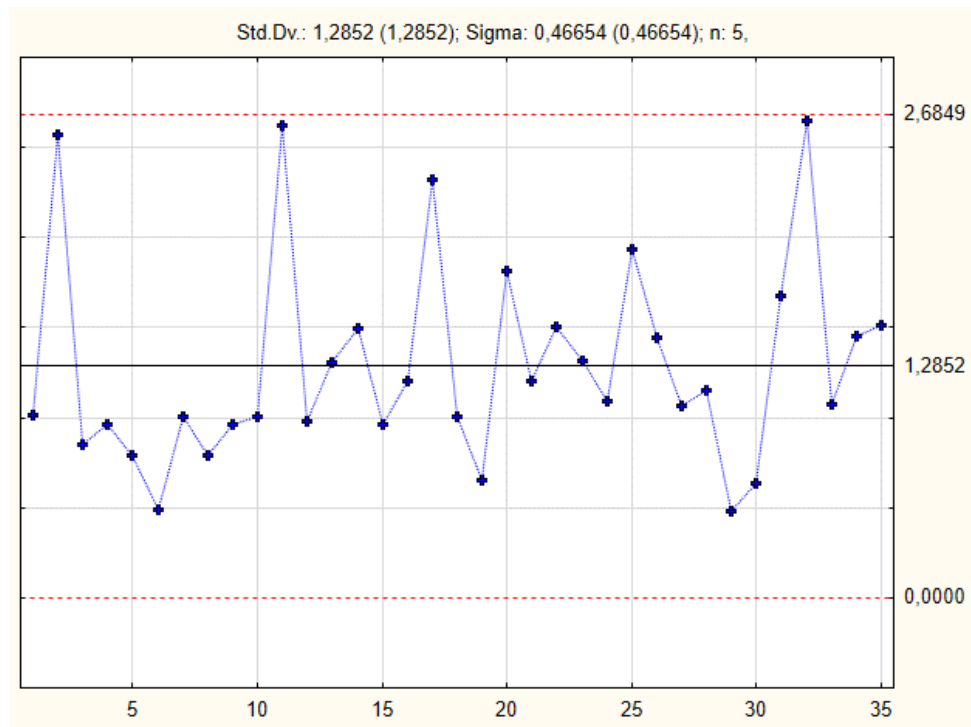


Figura 5.8 - Carta de controlo do desvio padrão (grupo A) sem outliers

De forma análoga, apresentam-se nas Figuras 5.9 e 5.10 as cartas de controlo da média e do desvio padrão do grupo B:

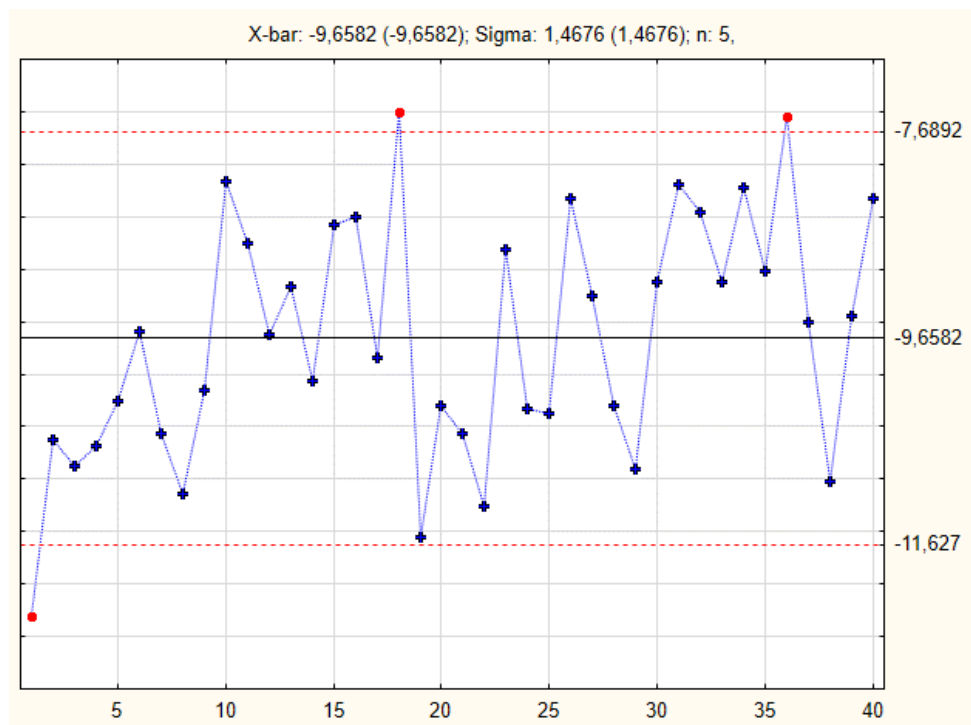


Figura 5.9 - Carta de controlo da média (grupo B)

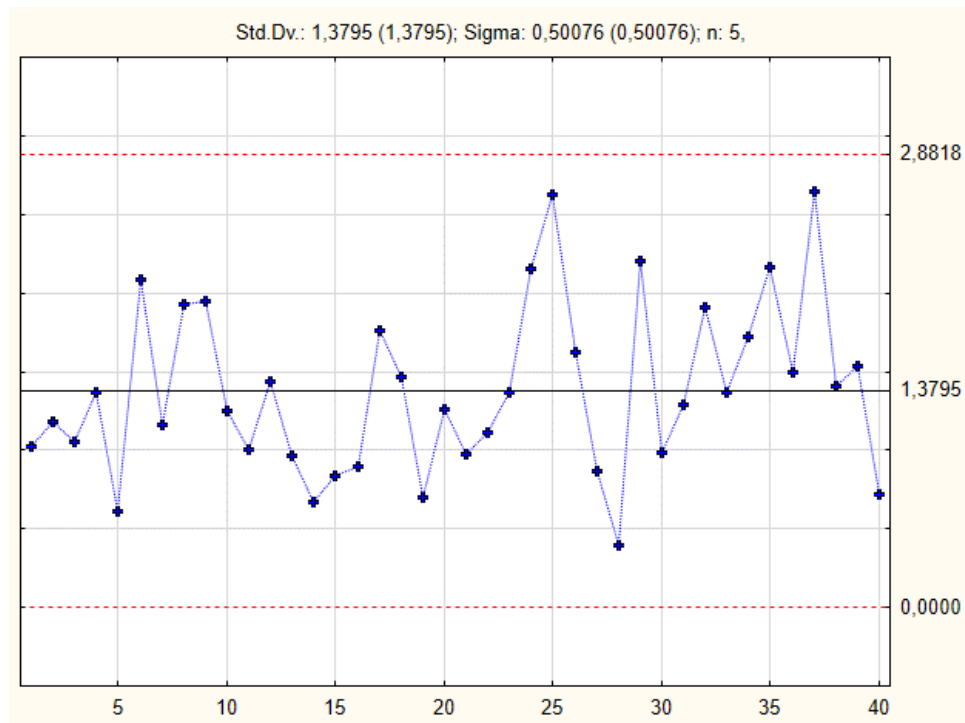


Figura 5.10 - Carta de controlo do desvio padrão (grupo B)

Tal como foi referido anteriormente, também no grupo B se verificou a existência de *outliers*. Analogamente ao grupo A, estas ocorrências eram pontuais, logo as mesmas foram removidas e as cartas de controlo da média e do desvio padrão do grupo B foram revistas, como se pode ver nas Figuras 5.11 e 5.12.

Verificou-se que nenhuma das cartas de controlo revistas viola as regras definidas anteriormente, pelo que se pode assumir que ambos os processos se encontram sob controlo estatístico, o que significa que se pode estimar os parâmetros do processo para cada um dos dois grupos, tal como se verifica na Tabela 5.9.

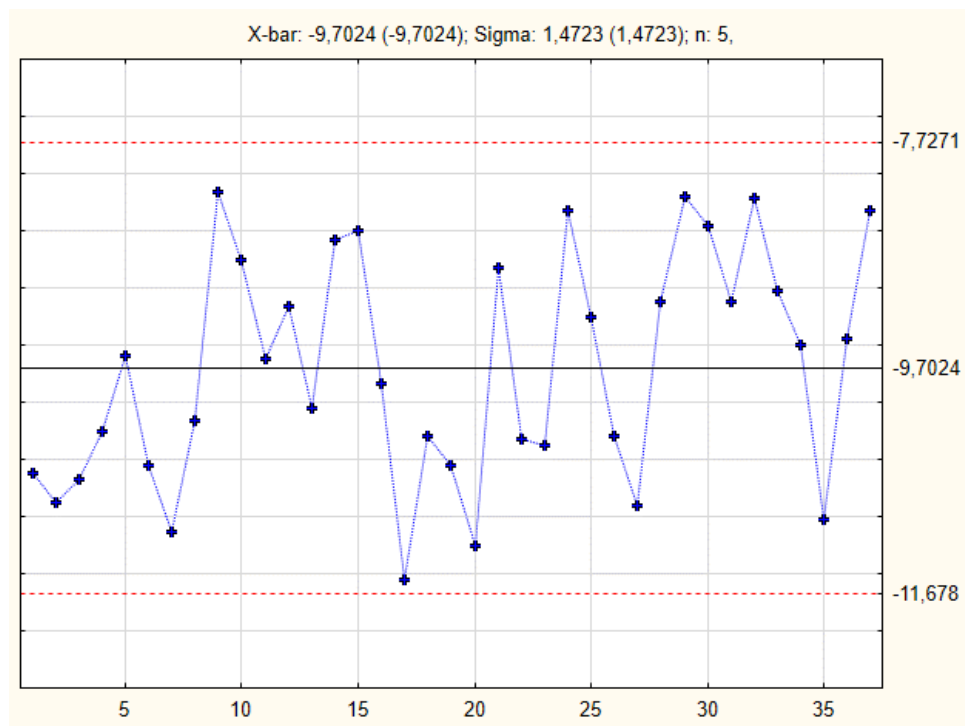


Figura 5.11 - Carta de controle da média (grupo B) sem outliers

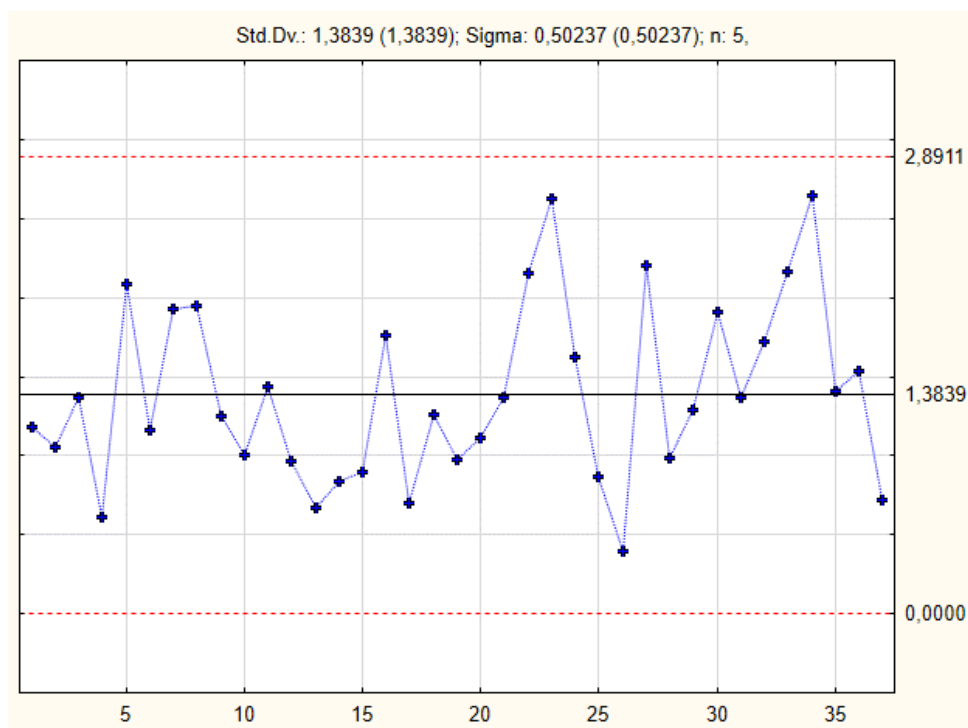


Figura 5.12 - Carta de controle do desvio padrão (grupo B) sem outliers

Tabela 5.9 - Estimação dos parâmetros

	Grupo A	Grupo B
Média	-7,49	-9,7
Desvio Padrão	1,3673	1,4723

### 5.2.5 Normalidade dos dados

Para se conseguir calcular o nível Sigma dos processos atuais, é necessário ter-se como pressuposto que as populações seguem uma distribuição Normal. Logo, realizou-se os histogramas para o grupo A e o grupo B (Figuras 5.13 e 5.14, respetivamente), utilizando o *software* Statistica:

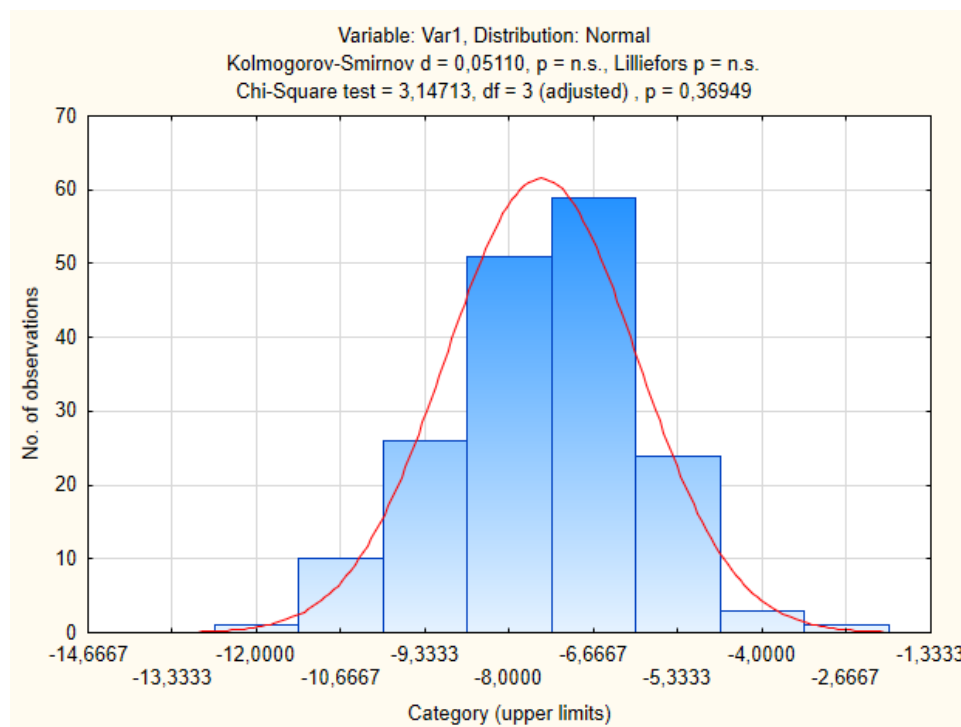


Figura 5.13 - Histograma (grupoA)

Para confirmar a Normalidade do conjunto de dados recolhidos, e tendo em conta que os parâmetros foram estimados com base nas cartas de controlo, recorreremos à distribuição estatística D de *Lilliefors* (Tabela 5.10).

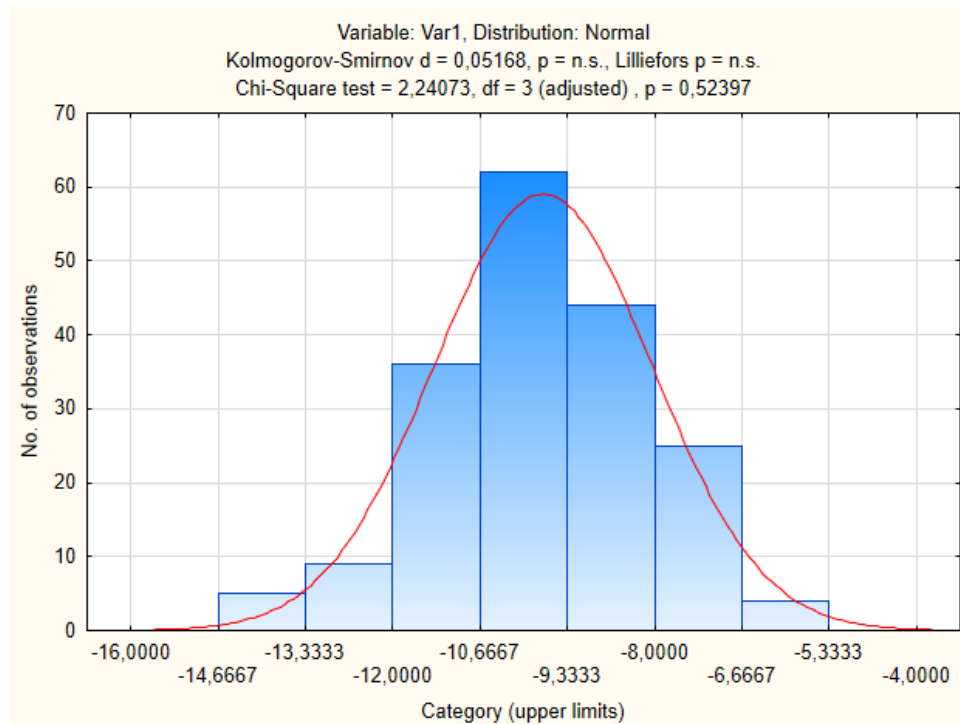


Figura 5.14 - Histograma (grupo B)

Para  $n > 30$ , e considerando um nível de significância de  $\alpha=5\%$ , os valores críticos de D são dados por:

$$D = \frac{0,886}{\sqrt{n}} \quad (5.4)$$

Tabela 5.10 - Verificação da Normalidade dos grupos A e B

	Grupo A	Grupo B
<b>N (dimensão da amostra)</b>	175	185
<b>K (número de classes)</b>	9	9
<b>D</b>	0,0511	0,0517
<b>D crítico</b>	0,067	0,065
<b>Distribuição</b>	Normal	Normal

A única especificação do cliente é que a temperatura do produto não deve exceder os  $-5^{\circ}\text{C}$  (LSE), i.e., está-se perante uma especificação unilateral. Tendo isto em conta e que os dados seguem uma distribuição Normal, para se efetuar o cálculo do nível Sigma utilizou-se a distribuição Normal Reduzida Z, através da probabilidade  $p$  ( Figura 5.15) do produto se encontrar com uma temperatura acima dos  $-5^{\circ}\text{C}$ .

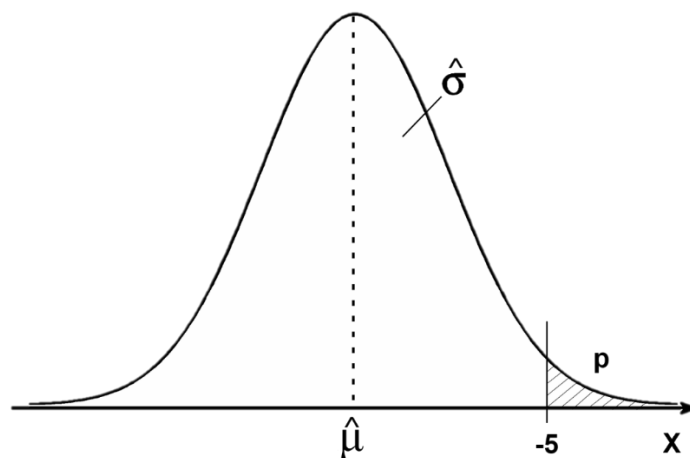


Figura 5.15 - Probabilidade  $p$

Conhecida esta probabilidade, o valor aproximado de DPMO para cada grupo, e consequentemente os níveis Sigma atuais pode ser determinado. Apresenta-se na Tabela 5.11 estes valores:

Tabela 5.11 - Cálculo do nível Sigma atual

	Grupo A	Grupo B
<b>Média</b>	-7,49	-9,7
<b>Desvio Padrão</b>	1,3673	1,4723
<b>LSE</b>	-5	-5
<b>Z</b>	1,82	3,19
<b>p</b>	0,0343	0,0007
<b>DPMO</b>	34295,3	705,8
<b>Nível Sigma</b>	3,32	4,69

O nível Sigma definido como meta no *Project Charter* elaborado na fase *Define* considerou-se adequado para o grupo B, mas é atualmente um valor irrealista para o grupo A, pelo que se procedeu à retificação do *Project Charter* (Tabela 5.12) relativamente aos valores atuais dos níveis Sigma e aos novos valores Sigma meta a atingir.

Tabela 5.12 - *Project Charter* atualizado

Nome do projeto			
Aplicação do Seis Sigma na transformação e embalagem de alimentos congelados			
Data de início	09/01/2017	Data de término	09/06/2017
Empresa	Gelpeixe, Alimentos Congelados, S.A.		
Objetivo do projeto			
Na indústria alimentar, a qualidade e segurança alimentar dos alimentos congelados é crucial, especialmente quando se trata de peixe e marisco, cujas composições os tornam muito propícios ao desenvolvimento de micro-organismos que são prejudiciais se consumidos. A empresa Gelpeixe, tendo conhecimento desta situação, pratica valores limite de aceitação, os quais quando se encontram acima do mesmo são rejeitados. O pretendido com este projeto é melhorar o atual processo para que os produtos a rejeitar no final da produção sejam menores.			
Âmbito do projeto			
As temperaturas recolhidas no final do processo de produção, após transformação e embalagem dos produtos, dentro das datas indicadas no presente <i>Project Charter</i> , são o objeto de estudo a ter em consideração.			
Descrição do problema			
A empresa deseja melhorar/diminuir o nível das temperaturas atuais dos produtos no final do processo de produção, garantindo assim que todos os seus produtos que são distribuídos são seguros para consumo, e por consequente que os seus clientes apresentam uma maior satisfação face aos produtos.			
Definição da meta			
Diminuir a variabilidade e melhorar o nível de temperaturas atual, ou seja, aumentar o nível Sigma atual.			
Restrições e suposições			
Restrições		Suposições	
Dificuldade na implementação de melhorias devido à falta de estabilidade atual do processo e alguma inércia por parte da organização atual da própria empresa.		As linhas da produção fornecem aos produtos condições semelhantes de transformação e embalagem, e a diferença entre produtos depende na sua própria morfologia e capacidade para reter a temperatura.	
Análise de risco do projeto			
Risco		Estratégia de Mitigação	
Não cumprimento das datas estipuladas; Não conseguir diminuir a variabilidade e média das temperaturas.		Expor os resultados ao departamento da produção e colaborar conjuntamente.	
Nível Sigma do projeto			
Situação inicial: Grupo A – 3,32; Grupo B – 4,69		Meta: Grupo A – 4,5; Grupo B - 5	
Equipa do projeto			
Nome		Responsabilidade	
Sofia Quirino Rosa		Elemento Pivô	
José Gomes Requeijo		Coordenador do projeto	
Inês Pimentel		Green Belt	
Ana Brazuna		Técnica Superior de Suporte	

## 5.3 Fase *Analyze*



Figura 5.16 - Fase *Analyze*

Nesta fase do ciclo DMAIC, pretende-se identificar as causas potenciais do problema em estudo, analisar o processo atual para identificar os seus pontos de fraqueza, identificar e recolher as medições do processo e os *inputs* críticos e analisar a sua possível relação com os *outputs*, e realizar a análise dos dados recolhidos e tratados na fase *Measure* (Figura 5.16).

### 5.3.1 *Brainstorming*

Através de sessões de *Brainstorming* por parte da equipa de projeto, de recolher a informação pelos funcionários que passam mais tempo no terreno, e da própria observação dos elementos da equipa das diferentes fases do processo atual, foram identificadas as potenciais causas, e as quais foram listadas.

De seguida se apresenta a listagem das possíveis causas para o problema em estudo:

- a. Produto chega à produção já com baixa temperatura.
- b. Tempo indeterminado passado no chão e produto que cai durante a linha.
- c. Paragens na produção devido à avaria de máquinas.
- d. Paragens na produção devido à ausência de operadores na linha.
- e. Temperatura na sala de produção inadequada.
- f. Falta de estabilidade dos parâmetros no túnel de criogenia.
- g. Velocidade dentro do túnel de criogenia desajustada.
- h. Incertezas de medição inatas ao termómetro.
- i. Falta de manutenção dos equipamentos.
- j. Tempo excessivo de espera na fase do corte.
- k. Tempo excessivo passado na despaletização.
- l. Tempo excessivo passado na fase de desagregação.
- m. Falta de organização na fila de espera para a selagem dos produtos (linha A).
- n. Tempo excessivo passado nos recuperadores da zona de dosagem.

- o. Falta de organização na espera para corte.
- p. Variação elevada de desempenho entre operadores.
- q. Produto fica preso a meio da linha.
- r. Elevado número de fases do processo dependentes da intervenção humana.
- s. Variabilidade de medição na recolha da temperatura.
- t. Negligência por parte dos operadores.
- u. Falta de formação dos operadores.
- v. Temperatura da água de vidragem elevada.
- w. Composições biológicas diferentes de cada peça.
- x. Manutenção das máquinas inadequada.
- y. Erro da calibração da balança no fim da produção.
- z. Erro da calibração do detetor de metal no fim da produção.
- aa. Programação das balanças e dos detetores de metal incorreta.
- bb. Especificação da qualidade desajustada.
- cc. Equipamento obsoleto.
- dd. Linhas de produção de elevado comprimento.
- ee. *Layout* da sala de produção inadequado.

### 5.3.2 Diagrama de Ishikawa

Visualizadas as possíveis causas dos problemas, procurou-se estabelecer as relações entre estas através de um diagrama de causa-efeito, também conhecido como diagrama de Ishikawa ou diagrama espinha de peixe. Focando na questão “Porque diminui tanto a temperatura ao longo da produção?”, ordenou-se as potenciais causas obtidas no *Brainstorming* através da definição de seis categorias ou causas principais: Método, Operadores, Equipamentos, Matéria-prima, Medição e Sala de Produção (Figura 5.17). O efeito, tal como já foi referido em capítulos anteriores, é a temperatura se encontrar acima dos -5°C.

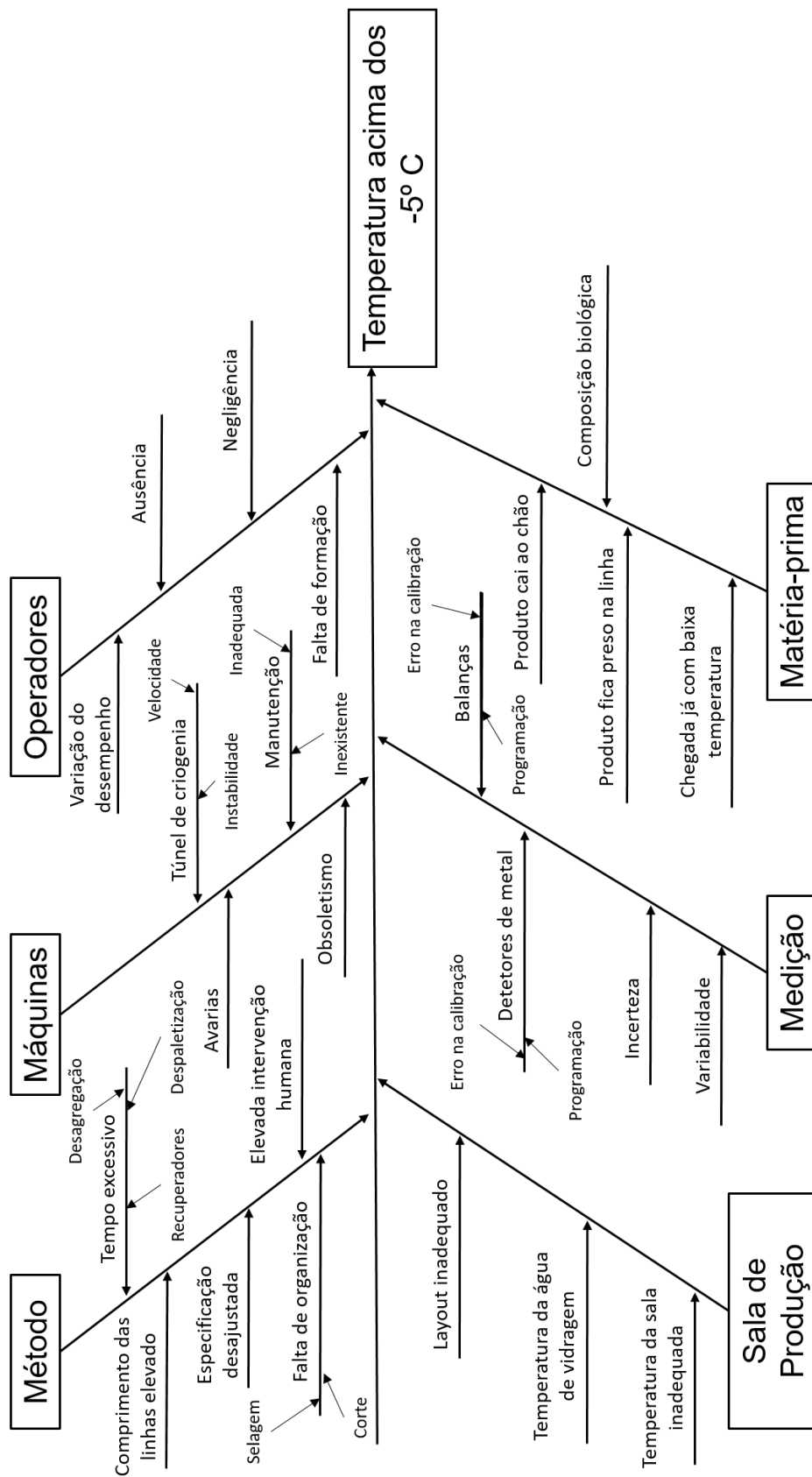


Figura 5.17 - Diagrama de Ishikawa

### 5.3.3 Diagrama de Afinidades

A elevada quantidade de causas identificadas durante a sessão de *Brainstorming*, assim como a sua dispersão em género e a sua natureza qualitativa levaram à necessidade da construção de um diagrama de afinidades, por forma a categorizar as diferentes causas e facilitar a sua posterior avaliação por parte da equipa de projeto, tornando-se assim facilitada a visualização do conjunto e delimitando o essencial.

Procedeu-se então, na Tabela 5.13, ao agrupamento das ideias descritas acima por afinidades e à atribuição de títulos de nível 1 que categorizam estas ideias de uma forma mais generalizada.

Tabela 5.13 - Agrupamento de ideias e atribuição de títulos de nível 1

1. Layout da sala	2. Especificação do cliente	3. Temperatura	4. Tempos imprevistos	5. Tempo das atividades	6. Paragens	7. Túnel de criogenia
Layout da sala inadequado	Especificação do cliente desajustada	Chegada à produção já com temperatura elevada	Produto permanece no chão por tempo indeterminado quando cai	Tempo excessivo de espera na fase do corte	Paragens devido a avarias	Falta de estabilidade
Linhas de produção de elevado comprimento		Temperatura na sala de produção inadequada	Produto fica preso na linha	Tempo excessivo passado na despaletização	Paragens devido à ausência de operadores na linha	Velocidade desajustada
		Temperatura da água de vidragem elevada		Tempo excessivo na fase da desagregação		
				Tempo excessivo passado nas recuperadoras		
8. Medição	9. Manutenção	10. Organização	11. Fator humano	12. Biologia	13. Erros fim da produção	14. Equipamentos
Incertezas na medição	Falta de manutenção	Falta de organização na selagem do produto	Variação no desempenho dos operadores	Composição biológica do produto	Erro na calibração das balanças	Equipamentos obsoletos
Variabilidade	Manutenção inadequada	Falta de organização na fase do corte	Produção com elevada dependência humana		Erro na calibração dos detetores de metal	
			Negligência por parte dos operadores		Programação incorreta da balança	
			Falta de formação		Programação incorreta do detetor de metal	

### 5.3.4 Diagrama de Pareto

Agrupadas as causas, a equipa de trabalho procurou identificar as causas principais, i.e., as causas que mais afetam a falta de conformidade no final do processo produtivo. Tendo categorizado as 32 causas iniciais em 14 causas, pediu-se a cada elemento da equipa que pontuasse as causas que consideram as mais impulsionadoras do problema em estudo (Tabela 5.14). Recorreu-se a um *scoreboard* com um sistema ímpar de pontuações, em que cada interveniente atribuiu a cada causa uma pontuação, de entre os valores 9, 5, 3 e 1, sendo que à causa considerada mais importante pelo elemento é atribuído um 9, e às restantes causas mais importantes são atribuídas as restantes pontuações, por ordem decrescente.

Tabela 5.14 - Tabela de pontuações atribuídas por cada elemento

Intervenientes	Pontuação			
	9	5	3	1
A	4	10	11	13
B	11	1	5	3
C	5	4	14	9
D	10	7	4	6
E	11	6	14	12
F	1	5	11	2

Seguidamente procedeu-se na Tabela 5.15 ao cálculo das pontuações totais atribuídas a cada uma das 14 causas e das suas respetivas percentagens relativamente à pontuação total, assim como a sua ordenação por ordem decrescente de relevância, tendo assim o necessário para ser possível elaborar o diagrama de Pareto e determinar quais as causas principais, sobre as quais se irá focar a fase *Improve* do ciclo DMAIC.

Tabela 5.15 - Diagrama de Pareto

	Pontuação	Percentagem (%)	Percentagem acumulada (%)
11.	24	22,22	22,22
4.	17	15,74	37,96
5.	17	15,74	53,70
1.	14	12,96	66,67
10.	14	12,96	79,63
6.	6	5,56	85,19
14.	6	5,56	90,74
7.	5	4,63	95,37
2.	1	0,93	96,30
3.	1	0,93	97,22

Tabela 5.15 - Diagrama de Pareto (continuação)

	Pontuação	Percentagem (%)	Percentagem acumulada (%)
9.	1	0,93	98,15
12.	1	0,93	99,07
13.	1	0,93	100
8.	0	0	100
<b>Total</b>	<b>108</b>		<b>100</b>

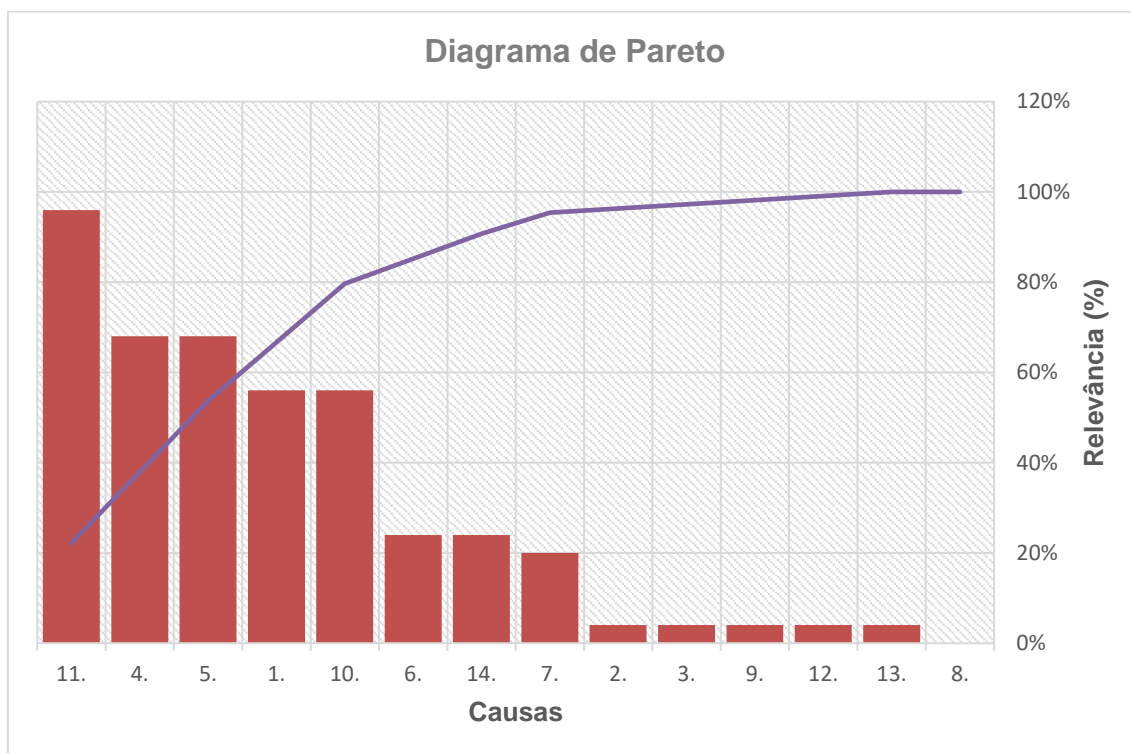


Figura 5.18 - Diagrama de Pareto

Construído o Diagrama de Pareto (Figura 5.18), considerando as suas postulações, é possível verificar que as primeiras 5 causas possuem a maior relevância, visto que o gráfico que representa a relevância em percentagem apresenta nestas causas um declive mais elevado relativamente à relevância das restantes causas. Como tal, estabeleceu-se as seguintes relações:

- **Classe A** (5 causas): 79,6%
- **Classe B** (3 causas): 15,75%
- **Classe C** (6 causas): 4,65%

Decidiu-se entre os elementos da equipa que as soluções na fase *Improve* será feita apenas sobre as causas pertencentes à classe A no diagrama de Pareto, na tentativa de focalizar os esforços da empresa nas causas com maior impacto, produzindo assim os melhores resultados sem haver necessidade de alocação de recursos desnecessariamente.

Com base na decisão de se focar apenas na classe A e dos resultados obtidos através da categorização e pontuação das causas, chegou-se às causas que mais afetam o problema central no nosso estudo de caso, que são as seguintes:

- Fator humano;
- Tempos imprevistos;
- Tempos das atividades do processo;
- *Layout* da sala de produção;
- Organização da sala de produção.

## 5.4 Fase *Improve*

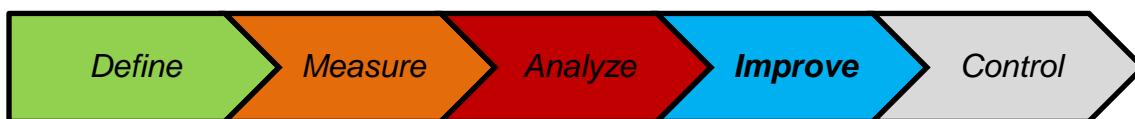


Figura 5.19 - Fase *Improve*

Identificadas na fase *Analyze* as causas principais da existência de não conformidade dos produtos no processo produtivo, segue-se a fase *Improve* (Figura 5.19), cujo principal objetivo é a criação de soluções com base nas causas raiz, a seleção das melhores soluções/ações de melhoria, e assegurar a implementação das medidas derivadas das soluções.

Tal como na fase *Analyze*, recorreu-se a sessões de brainstorming com os elementos da equipa para se discutir e recolher possíveis soluções e/ou ações de melhoria para cada causa raiz. Na Tabela 5.16 encontram-se definidas as soluções, tendo sido atribuída a cada causa raiz uma possível solução.

Tabela 5.16 - Identificação das soluções/ações de melhoria

Categoria/causa raiz	Solução/Ação de melhoria
<b>Fator humano</b>	Plano de formação especializado, avaliação da eficácia do mesmo, revisão periódica dos procedimentos e ações de verificação e avaliação do desempenho dos funcionários.
<b>Tempos imprevistos</b>	Rejeição de produtos que caíam no chão (enviar diretamente para farinação), e inserção de mecanismos que diminuam a probabilidade de produto ficar estagnado na linha. Recolha periódica planeada de produto que ficou nas cubas de rejeição dor excesso de metal e inconformidade de peso.
<b>Tempos das atividades</b>	Reestruturação das atividades realizadas no processo produtivo.
<b>Layout</b>	Projeção de um novo <i>layout</i> com linhas de menor comprimento e de uma sala que permita maior movimentação por parte dos operadores.
<b>Organização</b>	Inserção de mecanismos que permitam a aplicação da técnica FIFO nas atividades do processo.

#### 5.4.1 Matriz de Prioridades

Definidas as soluções que se pensa terem maior impacto nas causas identificadas, procurou-se definir, através de vários critérios previamente definidos, qual a solução mais eficaz que irá ter o maior impacto no problema em que se foca o estudo de caso. Nesta avaliação teve-se em conta não só a eficácia da solução, assim como se teve em consideração a dicotomia custo-benefício, e também o tempo que é necessário dispensar na implementação da mesma.

Para o efeito utilizou-se como ferramenta de decisão a Matriz de Prioridades, por forma a chegar a uma decisão sobre qual a solução a implementar, onde se começou por identificar as possíveis soluções.

### **Possíveis soluções:**

**S1:** Plano de formação especializado, avaliação da eficácia do mesmo, revisão periódica dos procedimentos e ações de verificação e avaliação do desempenho dos funcionários.

**S2:** Rejeição de produtos que caiam no chão (enviar diretamente para farinação), e inserção de mecanismos que diminuam a probabilidade de produto ficar estagnado na linha.

**S3:** Reestruturação das atividades realizadas no processo produtivo.

**S4:** Projeção de um novo *layout* com linhas de menor comprimento e de uma sala que permita maior movimentação por parte dos operadores.

**S5:** Inserção de mecanismos que permitam a aplicação da técnica FIFO nas atividades do processo.

### **Definição dos critérios:**

Considerou-se o custo, impacto e rapidez de implementação como os critérios de maior impacto na escolha da solução mais adequada.

**A:** Custo da implementação da solução

**B:** Impacto da solução no problema

**C:** Rapidez na implementação da solução

### **Definição da ponderação das soluções e dos critérios:**

Optou-se por definir a mesma ponderação para as possíveis soluções e para os critérios:

**1:** A mesma importância

**5:** Mais importante do que a alternativa

**10:** Muito mais importante do que a alternativa

**1/5:** Menos importante do que a alternativa

**1/10:** Muito menos importante do que a alternativa

De seguida procurou-se estabelecer as prioridades entre os critérios previamente definidos:

Tabela 5.17 - Matriz de prioridades dos critérios

	A	B	C	Total	Ponderação (%)
A		0,2	5	5,2	33,33
B	5		5	10	64,10
C	0,2	0,2		0,4	2,56
Total	5,2	0,4	10	15,6	100,00

Para se obter as ponderações na Tabela 5.17, fez-se a divisão da soma de cada linha A, B e C pelo valor total. Exemplificando,  $(5,2/15,6) \times 100 = 33,33\%$ .

Procedeu-se de forma análoga para as possíveis soluções, estabelecendo as prioridades de cada critério relativamente às soluções na Tabela 5.18:

Tabela 5.18 - Matriz de prioridades para o critério A

Critério A	S1	S2	S3	S4	S5	Total	Ponderação (%)
S1		5	10	5	1	21	37,91
S2	0,2		5	5	1	11,2	20,22
S3	0,1	0,2		0,2	0,1	0,6	1,08
S4	0,2	0,2	5		0,2	5,6	10,11
S5	1	1	10	5		17	30,69
Total	1,5	6,4	30	15,2	2,3	55,4	100,00

Tal como na tabela de prioridades dos critérios, calculou-se as ponderações dividindo a soma de cada linha pelo valor total. Por exemplo:  $(11,2 / 55) \times 100 = 20,22\%$ .

Analogamente, calculou-se as prioridades para os critérios B e C relativamente às soluções identificadas nas Tabelas 5.19 e 5.20:

Tabela 5.19 - Matriz de prioridades para o critério B

Critério B	S1	S2	S3	S4	S5	Total	Ponderação (%)
S1		5	1	1	1	8	18,14
S2	0,2		5	10	1	16,2	36,73
S3	1	0,2		5	5	11,2	25,40
S4	1	0,1	0,2		5	6,3	14,29
S5	1	1	0,2	0,2		2,4	5,44
Total	3,2	6,3	6,4	16,2	12	44,1	100,00

Tabela 5.20 - Matriz de prioridades para o critério C

Critério C	S1	S2	S3	S4	S5	Total	Ponderação (%)
<b>S1</b>		0,1	10	5	1	16,1	24,69
<b>S2</b>	10		10	10	5	35	53,68
<b>S3</b>	0,1	0,1		1	0,2	1,4	2,15
<b>S4</b>	0,2	0,1	1		0,2	1,5	2,30
<b>S5</b>	1	0,2	5	5		11,2	17,18
<b>Total</b>	11,3	0,5	26	21	6,4	65,2	100,00

Calculadas as ponderações, a última etapa consiste na determinação da importância de cada solução face aos critérios estabelecidos. De seguida se apresenta a Tabela 5.21, com o resumo dos coeficientes de ponderação para cada critério obtidos das tabelas anteriores, assim como a matriz de prioridades final, na Tabela 5.22:

Tabela 5.21 - Coeficientes de ponderação das soluções por critério

	A	B	C
<b>S1</b>	37,91	18,14	24,69
<b>S2</b>	20,22	36,73	53,68
<b>S3</b>	1,08	25,40	2,15
<b>S4</b>	10,11	14,29	2,30
<b>S5</b>	30,69	5,44	17,18

Tabela 5.22 - Matriz de prioridades Soluções vs. Critérios

	A	B	C	Importância	Prioridade
<b>S1</b>	0,1264	0,1163	0,0063	0,2490	2 <sup>a</sup>
<b>S2</b>	0,0674	0,2355	0,0138	0,3166	1 <sup>a</sup>
<b>S3</b>	0,0036	0,1628	0,0006	0,1670	3 <sup>a</sup>
<b>S4</b>	0,0337	0,0916	0,0006	0,1259	5 <sup>a</sup>
<b>S5</b>	0,1023	0,0349	0,0044	0,1416	4 <sup>a</sup>

Para se obter os valores das colunas A, B e C, multiplica-se os coeficientes de ponderação calculados na matriz de prioridades de critérios por cada coeficiente de ponderação de cada solução relativo a cada critério. Exemplificando, para o primeiro valor temos  $0,3333 \times 0,3791 = 0,1264$ .

Obtém-se os valores da coluna da Importância somando os valores de cada linha. Exemplificando,  $0,1264 + 0,1163 + 0,0063 = 0,2490$ . Por último, ordena-se as soluções por ordem decrescente, como se pode verificar na coluna Prioridade.

Tendo por base a matriz de prioridades Soluções vs. Critérios, deve ser selecionada a Solução S2, pois é a que apresenta a importância mais elevada.

Para que a implementação da solução prioritária selecionada ser bem-sucedida, foi delineado um plano de ação, utilizando a ferramenta de gestão de planos de ação 5W2H, apresentado na Tabela 5.23, que recorre ao uso de 7 perguntas (*What, Why, Who, When, Where, How e How much*) para permitir a criação de um plano eficaz e com elevada probabilidade de sucesso.

Tabela 5.23 - Plano de ação 5W2H

<b>What?</b>	Rejeição de produtos que caiam no chão (enviar diretamente para farinação), e inserção de mecanismos que diminuam a probabilidade de produto ficar estagnado na linha. Recolha periódica planeada de produto que ficou nas cubas de rejeição por excesso de metal e inconformidade de peso.
<b>Why?</b>	Produto que cai ao chão ou fica preso na linha permanece naquele estado por períodos indeterminados de tempo, ficando na grande maioria das vezes não conforme.
<b>Who?</b>	Aos departamentos de Produção e Qualidade da empresa.
<b>When?</b>	Ações de formação: daqui a 1 mês; Aplicação de técnicas para melhor retenção de produto na linha: daqui a 3 meses; Estudo piloto: Imediato; Auditorias: 4 meses.
<b>Where?</b>	Ações de formação: Gelpeixe; Estudo piloto: Gelpeixe; Auditorias: Gelpeixe.
<b>How?</b>	Ações de formação com os operadores sobre: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Novos procedimentos relativamente aos produtos que caem no chão e que ficam presos na linha;</li> <li>• Gestão do tempo e das atividades efetuadas para controlo periódico sobre a área da sala de produção;</li> <li>• Ações preventivas e corretivas para produtos não conformes.</li> </ul> Aplicação de técnicas para melhor retenção de produto na linha: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inserção de instrumentos que permitam melhor retenção do produto durante a sua passagem nas diferentes fases da linha de produção.</li> </ul> Estudo-piloto: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar solução no processo produtivo.</li> </ul> Realização de auditorias à sala de produção para avaliação do desempenho das ações tomadas no local de trabalho.

<b>How much?</b>	Ações de formação: 1 dia (8 horas); Aplicação de técnicas para melhor retenção de produto na linha: Por definir. Estudo piloto: sem custo; Auditorias à sala de produção.
------------------	--

Devido a restrições de tempo e falta de disponibilidade, não foi possível realizar o estudo piloto na empresa. No entanto, se o estudo piloto fosse executado, seria por um período de 1 mês, no qual a empresa se regeria pelas novas regras de procedimento, nomeadamente as de rejeitar produto que caia ao chão, que fique preso na linha durante tempos indefinidos e/ou cuja embalagem final seja rejeitada por excesso de metal ou inconformidade de peso, e que seja feita uma recolha periódica destes produtos pelos operadores assinalados por meio de uma tabela diária, que para cada dia da semana atribuiria a cada um dos operadores esta função (ou que a mesma possa ser realizada periodicamente pelos elementos do departamento da Qualidade).

## 5.5 Fase *Control*



Figura 5.20 - Fase *Control*

Esta fase (Figura 5.20) tem por objetivos o controlo do processo melhorado e a monitorização da eficácia das ações implementadas, por forma a assegurar a sustentabilidade do projeto e o seu sucesso a longo prazo.

### 5.5.1 Plano de controlo e monitorização do processo

Embora neste estudo de caso não tenha sido possível monitorizar devidamente o sucesso a longo prazo destas ações (devido à impossibilidade de implementação das mesmas), de seguida se apresenta delineado um plano do que deverá ser realizado para garantir o sucesso das soluções implementadas, em termos de monitorização, controlo e correção do processo, caso as ações de melhoria cheguem a ser implementadas no processo:

- **Normalização e institucionalização das ações de melhoria na empresa:** Através de avaliações periódicas calendarizadas que permitem a avaliação do desempenho dos novos métodos de procedimentos e das novas aquisições nas linhas de produção.
- **Execução de novas cartas de controlo de follow-up:** Realização periódica de cartas de controlo para monitorizar o comportamento das diferentes referências de produto para garantir que as melhorias se estão a dar continuamente, ou que pelo menos não houve um retrocesso dos resultados, garantido assim que as ações implementadas não afetaram negativamente a atividade da empresa. A determinação do nível de produção Sigma é recomendado neste procedimento, recorrendo ao uso das cartas de controlo para verificar que as médias das temperaturas dos produtos continuam a descer e que não se verifica um aumento da variabilidade do processo.
- **Criação de grupos de trabalho Seis Sigma:** Futuramente é crucial a criação de equipas que possam dar continuidade aos projetos de melhoria realizados, e também que através da transmissão de conhecimentos seja possível a realização dos demais projetos tidos em consideração na fase Define do presente estudo, assim como a implementação de novas e possivelmente soluções mais adequadas para a resolução do problema.
- **Planos de formação de sensibilização:** Cabe à empresa sensibilizar e dar a perceber aos seus colaboradores a importância de garantir que o produto se mantenha nas condições de temperaturas estipuladas. Para tal é crucial que se cumpra as regras dos procedimentos dentro do tempo estipulado para os mesmos. Visto tratar-se de produção de alimentos congelados, o maior constrangimento é o tempo, por isso é necessário transmitir esta urgência de ação aos operadores, assim como de reafirmar a importância em manter a segurança alimentar dos produtos, que depende em larga escala da temperatura que o produto consegue manter durante toda a cadeia de abastecimento.
- **Acompanhamento do estudo feito por peritos:** A participação de um *Black Belt* de Seis Sigma e sua colaboração com peritos na área biológica, alimentar e industrial irá permitir novas soluções com um maior grau de eficácia e durabilidade, assim como uma visão e conhecimento mais especializados dos procedimentos e tecnologias praticados na indústria alimentar de congelados atual, permitindo a realização de projetos mais orientados e com resultados mais gratificantes para os objetivos e visão da empresa.
- **Comparação custo-benefício:** Realizar estudos estatísticos da evolução nos custos da empresa relativamente à produção e à matéria-prima, que são os fatores mais afetados pela solução implementada, para garantir que a maior frequência de rejeição de produto não afeta grandemente a quantidade de produto embalado quando comparado com a

quantidade de matéria-prima utilizada na produção, assim como à evolução do número de reclamações dos seus clientes, procurando garantir o seu declínio (pelo menos no que diz respeito à inconformidade de temperaturas), e verificando de forma objetiva os resultados das ações implementadas.



## 6 Conclusões e Sugestões

Neste capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho desenvolvido, através da exposição dos ganhos obtidos no decorrer do projeto, assim como as limitações encontradas ao longo do mesmo. São também apresentadas as contribuições teóricas e práticas que possam advir do desenvolvimento da presente dissertação.

Por último, são apresentadas propostas para o desenvolvimento de trabalhos futuros na empresa.

### 6.1 Conclusões do estudo

Com este estudo, demonstrou-se a utilidade e aplicabilidade da metodologia Seis Sigma no setor da indústria alimentar, particularmente no setor de alimentos congelados. Reiterou-se também que o ciclo DMAIC constitui um método eficaz para o suporte da implementação da metodologia Seis Sigma, através da combinação de ferramentas e técnicas da qualidade aplicadas em cada fase, trazendo para o projeto uma forma organizada na estruturação coerente dos passos a serem seguidos.

Ao longo do projeto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, fundamentada sobretudo em artigos e livros, entre outros documentos relevantes. Esta pesquisa forneceu as bases para uma aplicação eficaz, organizada e fazendo uso das ferramentas e técnicas da qualidade adequadamente em cada fase do ciclo DMAIC.

No estudo de caso, de especial destaque foram a definição correta do problema, utilizando para o efeito a elaboração do *Project Charter*, da definição do fluxo de processo e dos CTQs identificados. Esta definição do problema, pertencente à fase *Define*, foi de extrema importância, sendo que só através da precisão da mesma se consegue proceder à aplicação correta das ferramentas e técnicas da qualidade de forma a medir o desempenho atual, e posteriormente selecionar medidas, ações e oportunidades de melhoria que surtam o efeito desejado no parâmetro em estudo. Como não se tinha conhecimento do nível de qualidade do processo no seu estado atual, optou-se por não se definir o nível Sigma na 1ª iteração do *Project Charter*.

Depois de definido o problema do projeto, avaliou-se o desempenho do processo atual de produção, primeiramente avaliando o fluxo do processo, por forma a selecionar a etapa mais adequada para a recolha de dados, seguida da recolha de dados válidos e coerentes. Nesta fase (*Measure*) optou-se por agrupar os vários produtos selecionados para o estudo de caso, utilizando como critério para o agrupamento dos mesmos a média e a variância. Agrupados os

produtos, procedeu-se novamente à recolha de dados, desta vez para a elaboração de cartas de controlo da média e do desvio padrão. Por fim, foi avaliado o nível Sigma do processo para os dois grupos A e B, e definido o nível Sigma ideal a obter, sendo este refletido na atualização do *Project Charter*.

Na fase *Analyze*, a terceira fase do ciclo DMAIC, analisou-se a informação recolhida, para se identificar as potenciais causas do problema para posterior priorização das mesmas. Constatou-se que a principal causa do problema em estudo do projeto assentava nas práticas atuais do processo relativamente ao produto que caía no chão durante o processo produtivo, que consistiam em lavar o produto e voltá-lo a colocar na linha de produção, independentemente do tempo que o produto tivesse passado no chão.

Identificada a causa raiz do problema, procedeu-se na fase *Improve* à definição de possíveis ações de melhoria de modo a que as metas delineadas fossem atingidas. Estas assentaram na rejeição de produto que caísse no chão, e que o mesmo fosse enviado diretamente para farinação, na inserção de mecanismos que permitam reduzir a quantidade de produto no chão, e na elaboração de um plano de recolha periódica das embalagens que são direcionadas para as cubas de rejeição devido a excesso de metal e/ou inconformidade de peso.

A principal limitação neste projeto foi o tempo disponível para a implementação das melhorias identificadas e posterior controlo dos efeitos e alteração ou ajustamento da implementação das ações de melhoria, sendo que este último (fase *Control*) é um processo cuja conclusão só seria possível a médio ou longo prazo. Assim sendo, não foi possível aferir a eficácia das melhorias identificadas face ao parâmetro estudado.

## 6.2 Contribuições da dissertação

Esta dissertação fornece um conjunto de informações conciso e útil, tanto sobre a indústria alimentar como para a aplicação da metodologia Seis Sigma no setor produtivo, assim como as suas principais técnicas e ferramentas, e a sua utilização de forma organizada e sequencial, por meio da utilização do ciclo DMAIC, que provou ser bastante útil na concretização de um projeto bem estruturado.

A importância de várias ferramentas complementares em cada fase do ciclo DMAIC constituiu outra contribuição teórica. Especificamente, o uso de várias ferramentas na fase *Analyze* permitiu colmatar quaisquer dúvidas sobre as ações de melhorias mais apropriadas a implementar face ao problema escolhido.

Numa vertente mais prática, demonstrou-se na presente dissertação uma combinação de ferramentas e técnicas que se adequam não só ao setor industrial alimentar, mas a qualquer

atividade do setor produtivo, visto que a conformidade da maioria dos processos produtivos em qualquer setor de produção se podem assentar em parâmetros de localização e dispersão, sendo que neste caso foram utilizados como parâmetros a média e o desvio padrão. Como tal, este estudo de caso poderá contribuir para projetos semelhantes, servindo como exemplo e podendo ser aplicado a qualquer empresa do setor industrial.

### 6.3 Sugestões a desenvolver futuramente

Como já foi referido anteriormente, não houve a possibilidade de implementar as ações de melhoria identificadas na fase *Analyze* devido a restrições de tempo, e consequentemente não foi possível verificar se estas seriam eficazes em melhorar o desempenho atual do processo produtivo. O nível Sigma atual obtido no final da fase *Measure* foi de 3,32 para o grupo A e de 4,69 para o grupo B, o que significa que existe claramente uma oportunidade de melhoria da qualidade, especialmente para o grupo A. Tendo isto em conta, e de forma a completar e enriquecer o trabalho já desenvolvido na presente dissertação, com o objetivo de aumentar o nível Sigma, deixou-se seguidamente algumas sugestões a abordar em trabalhos futuros:

- **Implementação das ações de melhoria identificadas no presente estudo de caso –** No decorrer do projeto, devido a restrições de tempo não foi possível implementar as alterações que viriam a melhorar o desempenho atual do processo produtivo. Assim, sugere-se a sua implementação, realizando uma série piloto que permita aferir que as medidas de melhoria se adequam ao objetivo definido inicialmente.
- **Controlo dos efeitos das ações de melhoria implementadas –** Por forma a dar seguimento à metodologia Seis Sigma, a fase *Control* requer um período de avaliação da eficácia das melhorias implementadas no processo, utilizando como forma de controlo as cartas de controlo, aplicadas de forma periódica e comparadas entre si, com o objetivo de se verificar melhorias e realizar ajustes.
- **Implementação de mais ações de melhoria do estudo de caso –** Na fase *Improve* selecionou-se apenas uma das ações de melhoria para implementação e controlo das 5 soluções identificadas. As restantes soluções apresentam também valor para a empresa, na medida em que as mesmas foram identificadas no âmbito da causa raiz do problema identificado no projeto. Assim, caso seja possível, sugere-se a implementação das mesmas no futuro pela ordem estabelecida na matriz de prioridades determinadas na fase *Improve*, procedendo-se de forma análoga como para a solução prioritária determinada na fase *Analyze*.

- **Utilização de outras ferramentas na aplicação do Seis Sigma** – Neste estudo de caso, foram aplicadas várias ferramentas e técnicas da qualidade. No entanto, existem outras que poderão ser adequadas aplicar também, pois servem o mesmo propósito. Como exemplo, na fase *Analyze*, uma matriz de risco seria adequada na hierarquização das possíveis causas do problema em vez do diagrama de Pareto.
- **Estender o estudo a outros parâmetros e** – O projeto focou-se no estudo da temperatura dos alimentos congelados processados na empresa. No entanto, outros parâmetros poderão ser de interesse avaliar, nomeadamente o tempo total que uma peça passa na linha de produção, a título de exemplo.
- **Estender o estudo a outros produtos** – Para a realização do estudo de caso, selecionou-se os produtos processados com maior frequência na empresa. No futuro seria de interesse alargar o estudo a toda a gama de produtos processados pela empresa, por forma a obter uma visão mais aprofundada e detalhada acerca do processo produtivo e tendo em conta as características diferentes em termos morfológicos, químicos e dimensionais dos produtos processados.

## Referências Bibliográficas

- Adamson Melitta Weiss (2004): *Food in medieval times*, pp 64-67; Greenwood Publishing Group, 88 Post Road West, Westport, CT 06881.
- Ait, H., & Guy, H. (2014). Prediction of Ideas Number During a Brainstorming Session, *Springer Science+Business Media B.V.*, 23, 271–298. <https://doi.org/10.1007/s10726-012-9312-8>
- American Society for Quality (2017). History of Quality. Consultado em: 20 de dezembro de 2017. Disponível em <http://asq.org/learn-about-quality/history-of-quality/overview/overview.html> (consultado em 20 de dezembro de 2017).
- Armand V. Feigenbaum (1961), *Total Quality Control*, 3<sup>rd</sup> Edition, McGraw-Hill, Pennsylvania, United States.
- Associação Portuguesa de Certificação - APCER Portugal (2017). Segurança Alimentar – Marine Stewardship Council – Cadeia de Responsabilidade. Consultado em: 2 de julho de 2017. Disponível em: <https://www.apcergroup.com/portugal/index.php/pt/certificacao/54/msc> (consultado em 2 de julho de 2017).
- Baert, K., F. Devlieghere, L. Jacxsens, J. Debevere (2005): *Quality Management Systems. In: The Food Industry in Safety in the agri-food chain*, pp 877- 879, Wageningen Academic Publishers, Wageningen, Netherlands.
- Bai, J. M. S. (2015). Statistical Process Control, *International Journal of Research in Commerce & Management*, Volume 6, Issue 1 (January) 10–14.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is free: the art of making quality certain*. 2<sup>nd</sup> Edition, McGraw-Hill, New York, USA.
- Chuck McKeever. (2006). The Project Charter - Blueprint for Success. *The Journal of Defense Software Engineering*, (January), 6–9.
- Cudney, E.A., & Kestle, R. (2010). *Implementing Lean Six Sigma throughout the Supply Chain: The Comprehensive and Transparent Case Study*, CRC Press, Boca Raton, Florida, United States.
- Deming, W.E. (1981), Improvement of quality and productivity through action by management. *Natl. Prod. Rev.*, 1: 12–22. doi:10.1002/npr.4040010105
- Deming, W.E. (1991) "A Tribute to Walter A. Shewhart On the Occasion of the 100th Anniversary of His Birth", *Newsletter from Statistical Process Controls Inc. and SPC Press Inc*, Winter.

- Drummond, H. (1995) Beyond quality, *Journal of General Management*, 20, No. 4, pp. 68- 78.
- Dusharme, D. (2003). Six Sigma Survey: Big Success... What About Other 98 Percent? *Quality Digest Magazine*, Vol. 23, 2, p. 24-32.
- FAO (1998); Food Quality and Safety Systems - A Training Manual on Food Hygiene and Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System; Rome, Italy.
- Fikiin, Kostadin. (2007). Handbook of frozen food processing and packaging. *International Journal of Refrigeration*. 30. 745-746. doi:10.1016/j.ijrefrig.2006.08.002.
- Forrest W. Breyfogle, III, Cupello, J.M., & Meadows, B. (2000). *Managing Six Sigma: A Practical Guide to Understanding, Assessing, and Implementing the Strategy That Yields Bottom-Line Success*: John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, United States.
- Franchetti, M. (2015). *Lean Six Sigma for Engineers and Managers*. CRC Press, Boca Raton, Florida, United States.
- Gelpeixe (2017). Catálogo Gelpeixe. Consultado em: 2 de julho de 2017. Disponível em: <http://gelpeixe.pt/pt/a-empresa> (consultado em 2 de julho de 2017).
- Gobble, MaryAnne M. (2015) The Persistence of Brainstorming, *Research-Technology Management*, 57:1, 64-67.
- Grosfeld-Nir Abraham, Boaz Ronen & Nir Kozlovsky (2007) The Pareto managerial principle: when does it apply?, *International Journal of Production Research*, 45:10, 2317-2325.
- Imai, M. (1986) *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw Hill, Singapore.
- Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e à Inovação- IAPMEI (2017). Qualidade e Certificação. Consultado em: 2 de julho de 2017. Disponível em: <https://www.iapmei.pt/PRODUTOS-E-SERVICOS/Qualificacao-Certificacao.aspx> (consultado em 2 de julho de 2017).
- Ishikawa, K. (1985). *What is Total Quality Control? The Japanese Way*. Prentice Hall Direct, Upper Saddle River, New Jersey, United States.
- ISO 7870-2. (2013). Control charts – Part 2: Shewhart Control Charts. *International Organization for Standardization, Genève, Switzerland*.
- John, A., Meren, R., Roenpage, O., & Christian, S. (2015). *Six Sigma + Lean Toolset*, 2<sup>nd</sup> Edition, Springer-Verlag GmbH, Berlin, Germany.

- Josephine Yong & Adrian Wilkinson. (2002) The long and winding road: The evolution of quality management, *Total Quality Management*, 13:1, 101-121
- Juran, J. (1995) Summary, trends, and prognosis. In: J.M. Juran (Ed.) *A History of Managing for Quality: The Evolution, Trends and Future Directions of Managing for Quality*. Milwaukee, WI, ASQC Quality Press, pp. 603- 657.
- Juran, Joseph and A. Blanton Godfrey (1999). *Juran's Quality Handbook*. McGraw Hill. New York. United States.
- Klaus G. Grunert (2005): Food quality and safety: consumer perception and demand, *European Review of Agricultural Economics*, Vol. 32 (3) pp. 369–391.
- Kumar, U. D., Nowicki, D., Ramírez-Márquez, J. E., & Verma, D. (2008). On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation. *International Journal of Production Economics*, 111, 456–467.
- Langley, Gerald J.; Moen, Ronald D.; Nolan, Kevin M.; Nolan, Thomas W.; Norman, Clifford L.; Provost, Lloyd P. (2009). *The improvement guide: a practical approach to enhancing organizational performance*. 2<sup>nd</sup> Edition. Wiley - Jossey-Bass. San Francisco, United States.
- Lillrank, P. & Kano, N. (1989) *Continuous Improvement: Quality Control Circles in Japanese Industry*. Centre for Japanese Studies, Ann Arbor, Michigan, United States.
- McCarty, T., Daniels, L., Bremer, M., Gupta, P., Heisey, J., & Mills, K. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook, Chapter 1 - Introduction to Six Sigma*: McGraw-Hill Education. New York, United States.
- Montgomery, D. C., & Woodall, W. H. (2008). An Overview of Six Sigma. *International Statistical Review*, 76(3), 329-346.
- Nahmias, S. (2001) *Gantt charts*. In: Encyclopedia of Operations Research and Management Science. Springer, Boston, Massachusetts, United States.
- Orris, G.D., A.J. Whitehead (2000): Hazard analysis and critical control point (HACCP) as a part of an overall quality assurance system in international food trade. *Food Control*. 11, 345–351.
- Osborn, A. F. (1948). *Your creative power*. Charles Scribner's Sons. New York, United States.

- Pande, Peter S., Neuman, Robert P., & Cavanagh, Roland R. (2000). *The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. McGraw-Hill Education. New York, United States.
- Pande, P., & Holpp, L. (2001). *What Is Six Sigma?*. Vol. 16, p. 98. McGraw Hill Professional. New York, United States.
- Park, Sung H., & Asian Productivity, Organization. (2003). *Six Sigma for quality and productivity promotion*. Asian Productivity Organization. Tokyo, Japan.
- Park, S.H., & Antony, J. (2008). *Robust Design for Quality Engineering and Six Sigma*: World Scientific. Singapore.
- Pereira, Zulema, & Requeijo, José G. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*. 2ª Edição. Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. Lisboa, Portugal.
- Provic, U., Rj, I., Gomes, S., Provic, U., & Rj, I. (n.d.). Quadro 5w2h: uma ferramenta para definição do problema de projeto e de suas variáveis, 23–30.
- Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma handbook*. McGraw Hill Education. New York, United States.
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2014). *The Six Sigma Handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels* (4 ed., p. 560). New York: McGraw Hill Professional. New York, United States.
- Radomir Lásztity, Marta Petro-Turza, Tamas Foldesi (2009): *History of food quality standards, in Food Quality and Standards*, in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS), Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxford ,UK.
- Raju, K. V. R., Onishi Yoshihisa. (2005). Report of the APO Seminar on Quality Control for Processed Food held in the Republic of China, Asian Productivity Organization.
- Reeves, C.A. & Bednar, D.A. (1994) Defining quality: alternatives and implications, *Academy of Management Review*, 19, pp. 419- 445.
- Roe R.S. (1956): *The food & Drugs Act- past,present & future* in Welch H marti-Ibunez. The impact of the food & Drug Admin. on our society, MD Publications. New York, United States, pp. 15-17.
- Schroeder, R. G., Linderman, K., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2008). Six Sigma: Definition and underlying theory. *Journal of Operations Management*, 26, 536–554.
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). The Cans Loss Index in a beverage

company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>

Shafer, S. M., & Moeller, S. B. (2012). The effects of Six Sigma on corporate performance: An empirical investigation. *Journal of Operations Management*, 30(7-8), 521–532.

Shewhart, W.A. (1931) *Economic Control of Quality of Manufactured Product*. Van Nostrand Company. New York, United States.

Thirupathi. V., Viswanathan .R. & Devadas. CT (2006). *Science Tech Entrepreneur*.

Warner, F. (1977) *Standards and Specifications in the Engineering Industries*. National Economic Development Organization.

Werkema, C. (2004). *Criando a cultura Seis Sigma (Volume 1)*. Nova Lima, Brasil: WERKEMA Editora Ltda.

Ximing Zhan, Da-Wen Sun, Zhiwei Zhu & Qi-Jun Wang (2017). Improving the quality and safety of frozen muscle foods by emerging freezing techniques: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1, 1-14.

Yang, K., & El-Haik, B.S. (2003). *Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development*. McGraw-Hill. New York, United States.

Yong, Josephine & Wilkinson, Adrian. (2002). The long and winding road: The evolution of quality management. *Total Quality Management*. 13. 10.1080/09544120120098591.



## **Anexos**

## Anexo A – Amostras recolhidas (1ª iteração)

Tabela A.1 – Amostras recolhidas (1ª iteração) – grupo A

Amostra	Valores					Média	SD
1	-7,9	-7,6	-7,6	-5,4	-7,5	-7,2	1,017
2	-11,1	-4,9	-7,6	-5,9	-5,1	-6,9	2,567
3	-5,7	-7,4	-5,4	-6,9	-6,8	-6,4	0,850
4	-4,6	-5,4	-5,3	-4,2	-4,8	-4,9	0,498
5	-5,8	-8,1	-5,8	-7,0	-6,8	-6,7	0,959
6	-8,2	-8,3	-6,8	-6,6	-7,2	-7,4	0,789
7	-6,7	-7,2	-7,3	-7,1	-6,1	-6,9	0,492
8	-6,5	-9,0	-7,5	-8,2	-6,9	-7,6	1,003
9	-8,2	-8,3	-6,8	-6,6	-7,2	-7,4	0,789
10	-7,9	-7,2	-6,2	-7,2	-8,8	-7,5	0,963
11	-6,6	-8,5	-7,4	-6,6	-8,7	-7,6	1,006
12	-13,0	-5,4	-8,7	-9,8	-5,4	-8,5	3,209
13	-8,4	-10,9	-10,3	-5,1	-5,7	-8,1	2,623
14	-7,2	-9,4	-9,6	-8,3	-8,2	-8,5	0,979
15	-7,8	-9,0	-9,4	-6,5	-6,7	-7,9	1,310
16	-9,2	-5,3	-8,0	-7,9	-6,6	-7,4	1,492
17	-5,8	-5,2	-7,0	-6,8	-4,8	-5,9	0,965
18	-7,2	-7,1	-8,1	-5,7	-8,9	-7,4	1,200
19	-4,6	-4,6	-4,5	-9,3	-8,2	-6,2	2,324
20	-7,8	-5,9	-6,4	-8,3	-7,6	-7,2	1,007
21	-6,2	-7,1	-6,1	-5,3	-6,5	-6,2	0,654
22	-8,7	-6,2	-4,9	-8,7	-5,4	-6,8	1,813
23	-8,4	-9,2	-6,6	-9,6	-7,7	-8,3	1,200
24	-12,2	-15,3	-10,2	-12,8	-11,2	-12,3	1,928
25	-8,3	-5,6	-9,3	-8,4	-6,6	-7,6	1,501
26	-7,6	-9,7	-8,1	-6,3	-6,8	-7,7	1,317
27	-8,8	-7,3	-7,0	-9,1	-6,7	-7,8	1,094
28	-6,7	-8,1	-7,3	-7,4	-3,2	-6,5	1,932
29	-6,5	-7,3	-9,8	-6,1	-7,7	-7,5	1,443
30	-10,6	-9,1	-9,7	-8,6	-7,8	-9,2	1,064
31	-7,1	-7,8	-7,7	-7,4	-5,0	-7,0	1,151
32	-5,8	-6,6	-6,9	-6,9	-6,9	-6,6	0,476
33	-9,0	-8,2	-7,6	-7,9	-9,0	-8,3	0,639
34	-10,0	-10,1	-8,3	-6,0	-9,1	-8,7	1,678
35	-10,2	-12,3	-8,0	-5,2	-9,6	-9,1	2,651
36	-8,6	-7,1	-6,9	-5,7	-6,4	-6,9	1,074
37	-11,1	-8,4	-8,2	-7,2	-8,5	-8,7	1,448
38	-4,5	-6,0	-6,3	-3,9	-5,7	-5,3	1,031
39	-10,5	-8,3	-6,8	-10,2	-9,3	-9,0	1,509
40	-3,1	-3,9	-3,5	-4,1	-3,8	-3,7	0,390

Tabela A.2 – Amostras recolhidas (1ª iteração) – grupo B

Amostra	Valores					Média	SD
1	-13,1	-12,3	-11,5	-13,5	-11,1	-12,30	1,020
2	-12,3	-10,7	-9,6	-9,4	-11,1	-10,62	1,182
3	-9,3	-11,2	-12,1	-11,3	-10,5	-10,88	1,050
4	-11,0	-12,6	-10,7	-10,3	-8,8	-10,68	1,366
5	-11,1	-9,7	-9,9	-9,9	-10,7	-10,26	0,607
6	-10,2	-11,6	-6,1	-10,5	-9,6	-9,60	2,087
7	-9,1	-11,8	-11,7	-10,2	-10,0	-10,56	1,163
8	-9,9	-9,6	-13,8	-12,6	-9,8	-11,14	1,931
9	-11,8	-11,0	-6,9	-11,2	-9,9	-10,16	1,948
10	-8,3	-7,0	-10,2	-7,3	-8,0	-8,16	1,254
11	-9,5	-8,4	-10,1	-8,1	-7,7	-8,76	1,004
12	-10,1	-7,8	-11,7	-9,5	-9,0	-9,62	1,438
13	-10,4	-8,5	-8,0	-9,1	-9,8	-9,16	0,966
14	-9,7	-10,8	-10,3	-9,1	-10,4	-10,06	0,666
15	-9,1	-7,4	-9,6	-8,3	-8,5	-8,58	0,835
16	-9,0	-7,5	-7,6	-8,9	-9,5	-8,50	0,897
17	-10,8	-6,9	-11,5	-9,8	-10,2	-9,84	1,764
18	-8,6	-7,0	-9,0	-5,3	-7,6	-7,50	1,463
19	-10,8	-12,0	-11,0	-12,5	-11,5	-11,56	0,702
20	-10,4	-10,4	-11,5	-8,2	-11,0	-10,30	1,261
21	-9,8	-11,3	-11,9	-10,0	-9,8	-10,56	0,976
22	-9,7	-11,5	-12,8	-11,3	-11,0	-11,26	1,110
23	-6,7	-10,0	-9,0	-8,4	-10,0	-8,82	1,368
24	-9,2	-13,5	-11,2	-9,8	-7,9	-10,33	2,152
25	-7,2	-9,8	-11,7	-14,1	-9,1	-10,38	2,630
26	-9,1	-9,9	-8,4	-5,6	-8,6	-8,32	1,627
27	-7,9	-10,0	-9,7	-9,8	-8,9	-9,26	0,868
28	-9,7	-10,6	-10,5	-10,6	-10,1	-10,30	0,394
29	-11,7	-14,3	-8,6	-10,2	-9,7	-10,90	2,203
30	-8,8	-10,4	-9,8	-8,7	-7,9	-9,12	0,983
31	-9,6	-9,3	-6,7	-7,1	-8,3	-8,20	1,288
32	-10,0	-10,7	-6,9	-6,3	-8,4	-8,46	1,903
33	-8,5	-7,9	-10,7	-10,5	-8,0	-9,12	1,372
34	-10,3	-9,9	-7,1	-7,0	-6,8	-8,22	1,725
35	-6,6	-9,2	-8,4	-8,4	-12,5	-9,02	2,166
36	-8,1	-9,6	-7,3	-7,2	-5,5	-7,54	1,491
37	-14,0	-9,2	-7,0	-8,5	-8,8	-9,50	2,650
38	-10,6	-10,2	-9,5	-11,7	-13,1	-11,02	1,410
39	-7,4	-8,6	-10,9	-11,0	-9,3	-9,44	1,537
40	-9,5	-8,5	-8,0	-7,7	-7,9	-8,32	0,722