



MARIANA DE PINHO GARCIA

Licenciada em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA NA INDÚSTRIA DOS LACTICÍNIOS

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa

Setembro, 2023

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA NA INDÚSTRIA DOS LACTICÍNIOS

MARIANA DE PINHO GARCIA

Licenciada em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos
Professora Associada, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Susana Carla Vieira Lino Medina Duarte,
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Vogais: Doutor André Mendes de Carvalho,
Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa
Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos,
Professora Associada da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade NOVA de Lisboa

Aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* na Indústria dos Lacticínios

Copyright © Mariana de Pinho Garcia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 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 e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Aos meus pais, ao meu irmão, às minhas avós
e em memória dos meus avôs

AGRADECIMENTOS

Uma dissertação não reflete apenas a dedicação pessoal do seu redator. Todo o trabalho elaborado deve-se também ao contributo e apoio de todo um conjunto de pessoas sem os quais este documento não seria possível e que merecem um agradecimento.

À professora Ana Sofia Matos, por ter despertado uma paixão e vocação pela área da Qualidade, agradeço todo o encorajamento, paciência e disponibilidade durante o longo processo de desenvolvimento desta dissertação.

Ao engenheiro Rui Castro pela oportunidade de realizar este projeto numa área que me desperta tanto interesse e ao lado de uma equipa fantástica.

Aos engenheiros Augusto Pereira e Bruno Moreira, assim como toda a equipa da produção, por me terem proporcionado uma experiência de aprendizagem única num ambiente fantástico rodeada por uma equipa profissional, acolhedora, compreensiva e com boa disposição.

A todos os colaboradores que disponibilizaram o seu tempo e conhecimento para a criação deste documento, um obrigado.

Ao Pedro, por estar presente em todas as alegrias e tristezas, me acompanhar nos serões de trabalho e dar lições de pontuação extremamente necessárias. Obrigada por todo o apoio e motivação durante este percurso.

Em especial, à minha família, aos meus pais e irmão, sem eles esta conquista não seria possível. Obrigada pelo apoio e confiança, pelas horas sem fim a ouvir falar de queijo, por toda a preocupação durante as noites sem dormir. Esta dissertação é dedicada a vocês e espero que seja uma fonte de orgulho para os anos vindouros. Fica aqui o meu eterno agradecimento.

"An expert is a person who has made all the mistakes that can be made in a very narrow field." – Neils Bohr

RESUMO

A indústria dos laticínios é um setor em crescimento com grande importância para a economia mundial. Nos últimos anos, as mudanças de paradigma na indústria transformadora têm levado a novos desafios no setor dos laticínios e a uma aposta em metodologias de melhoria contínua. Contudo, devido às suas características intrínsecas, existem ainda lacunas na literatura relativamente à aplicabilidade destas metodologias de melhoria, mais especificamente, do *Lean Seis Sigma* (LSS), no setor.

O principal objetivo deste estudo de caso foi aumentar a eficiência e eficácia duma queijaria através da metodologia LSS, testando a sua aplicabilidade no contexto do setor. Para tal, recorreu-se à utilização do ciclo DMAIC, uma abordagem disciplinada, sistemática e quantitativa, composta por cinco fases (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*), e vários métodos, técnicas, e ferramentas, do LSS. Após a definição (*Define*), quantificação (*Measure*), e análise do processo em estudo (*Analyse*), foram identificadas várias causas potenciais de ineficiências e ineficácias no processo. De modo a eliminar ou minimizar as causas identificadas, foram propostas ações de melhoria, tendo em conta limitações contextuais, assim como planos de implementação (*Improve*). Com o intuito de assegurar a sustentabilidade das ações de melhoria foi ainda criado um plano de monitorização e controlo (*Control*).

A aplicação da metodologia permitiu identificar que as ineficiências do processo produtivo estão relacionadas com problemas que causam variações e situações que exigem correção de desvios. Algumas ferramentas específicas do LSS mostraram-se de difícil adaptação ao contexto da indústria de laticínios, enquanto ferramentas mais generalistas foram mais úteis.

Embora a metodologia LSS permita a melhoria do processo, é mais adequada para medidas sustentáveis a longo prazo do que para correções temporárias. Conclui-se que, embora seja uma boa base para melhorar processos na indústria de laticínios, a metodologia não é a mais adequada e aplicável.

Palavras chave: *Lean Seis Sigma*, Ciclo DMAIC, Indústria Laticínios

ABSTRACT

The dairy industry is a growing sector of great importance to the global economy. In recent years, paradigm shifts in the manufacturing industry have led to new challenges in the dairy sector and a commitment to continuous improvement methodologies. However, due to their intrinsic characteristics, there are still gaps in the literature regarding the applicability of these improvement methodologies, more specifically Lean Six Sigma (LSS), in this sector.

The main objective of this case study was to increase the efficiency and effectiveness of a cheese factory through the LSS methodology, testing its applicability in the context of the sector. This was done using the DMAIC cycle, a disciplined, systematic, and quantitative approach made up of five phases (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) and various LSS methods, techniques, and tools. After defining (Define), quantifying (Measure) and analysing the process under study (Analyse), various potential causes of inefficiencies and ineffectiveness in the process were identified. In order to eliminate or minimize the causes identified, improvement actions were proposed, taking into account contextual limitations, as well as implementation plans (Improve). In order to ensure the sustainability of the improvement actions, a monitoring and control plan was also created (Control).

The application of the methodology made it possible to identify that inefficiencies in the production process are related to problems that cause variations and to situations that require deviations to be corrected. Some specific LSS tools proved difficult to adapt to the context of the dairy industry, while more generalised tools were more useful.

Although the LSS methodology allows for the implementation of improvement actions, it is more suitable for long-term sustainable measures than for temporary corrections. The conclusion is that, although it is a good basis for improving processes in the dairy industry, the methodology is not the most suitable and applicable.

Keywords: Lean Six *Sigma*, DMAIC, Dairy Industry

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	Objetivos	3
1.3	Estrutura do Documento.....	3
2	METODOLOGIA	5
2.1	Classificação da Investigação	5
2.1.1	Classificação quanto à sua natureza.....	5
2.1.2	Classificação quanto aos objetivos	6
2.1.3	Classificação quanto à abordagem	7
2.1.4	Classificação quanto aos procedimentos técnicos.....	8
2.2	Estudo de Caso	11
2.2.1	Metodologia Proposta	11
2.2.2	Recolha de Dados.....	14
2.2.2.1	Tipos e fontes de dados.....	14
2.2.2.2	Técnicas e ferramentas de recolha de dados	15
2.2.3	Tratamento e Análise de Dados.....	17
2.2.3.1	Qualidade dos dados recolhidos	17
3	FUNDAMENTO TEÓRICO.....	19
3.1	Lean	20
3.1.1	Conceito, origem e evolução	20
3.1.2	Princípios Lean.....	23

3.1.3	Conceitos	24
3.1.3.1	<i>Value Stream</i> (Cadeia de Valor)	24
3.1.3.2	<i>Muda, Muri e Mura</i> – identificação e eliminação de desperdícios	25
3.1.4	Desafios e Limitações de Implementação à Manufatura.....	29
3.2	<i>Seis Sigma</i>	31
3.2.1	Conceito, origem e evolução	31
3.2.2	Métrica <i>Seis Sigma</i>	32
3.2.2.1	<i>Seis Sigma</i> e o Custo da Qualidade.....	33
3.2.3	Metodologia <i>Seis Sigma</i> – Ciclo DMAIC	34
3.2.3.1	VOC e CTQ.....	36
3.2.3.2	<i>Project Charter</i>	37
3.2.3.3	Estudo da Capacidade	37
3.2.4	Críticas e Limitações	39
3.3	<i>Lean Seis Sigma</i>	40
3.3.1	Métricas, Métodos, Técnicas e Ferramentas	41
3.3.1.1	Métricas <i>Lean Seis Sigma</i>	41
3.3.1.2	Mapeamento de Processo – ferramentas de identificação e representação 46	
3.3.1.3	Plano de Recolha de dados.....	50
3.3.1.4	Tratamento de <i>outliers</i>	50
3.3.1.5	Teste de Kolmogorov-Smirnov	51
3.3.1.6	Transformação de Box-Cox.....	52
3.3.1.7	Representação gráfica de dados	52
3.3.1.8	OEE	58
3.3.1.9	FMEA	61
3.3.1.10	5W2H.....	62
3.3.2	<i>Lean Seis Sigma</i> na indústria alimentar	62
4	A INDÚSTRIA DOS LACTICÍNIOS	65
4.1	Definição, classificação e constituição do queijo	65

4.2	Caracterização e desafios atuais	67
4.2.1	A indústria dos laticínios em números	69
4.2.2	Tendências atuais de consumo	72
4.2.3	Principais desafios	74
4.2.4	Regras e Regulamentações.....	75
5	ESTUDO DE CASO	79
5.1	Apresentação da Empresa	79
5.1.1	A queijaria	80
5.1.1.1	Setores e Secções.....	80
5.1.1.2	Hierarquia.....	82
5.1.1.3	Produtos e Formatos	84
5.1.1.4	Descrição do Processo de Fabrico	85
5.2	Aplicação da metodologia <i>Lean Seis Sigma</i>	93
5.2.1	Fase <i>Define</i>	93
5.2.1.1	Análise Global da Queijaria - seleção e definição do projeto	94
5.2.1.2	Características críticas da qualidade - VOC e CTQ.....	105
5.2.1.3	Caracterização do processo.....	106
5.2.1.4	<i>Project Charter</i>	110
5.2.2	Fase <i>Measure</i>	112
5.2.2.1	Definição das métricas	112
5.2.2.2	Plano de recolha de dados.....	114
5.2.2.3	OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>) - Eficiência geral do equipamento 117	
5.2.2.4	Produtividade da Linha de Produção.....	125
5.2.2.5	Capacidade do processo	128
5.2.2.6	VSM (<i>Value Stream Mapping</i>) – Mapeamento da cadeia de valor.....	142
5.2.2.7	Revisão do <i>Project Charter</i>	168
5.2.3	Fase <i>Analyse</i>	170
5.2.3.1	Análise de variações, potenciais causas e efeitos	171

5.2.3.2	Categorização e relação das causas potências	179
5.2.3.3	Hierarquização das causas potências.....	181
5.2.4	Fase <i>Improve</i>	183
5.2.4.1	Identificação de soluções de melhoria	184
5.2.4.2	Hierarquização das soluções de melhoria	188
5.2.4.3	Plano de implementação de ações de melhoria	189
5.2.4.4	Projeção do fluxo de valor futuro (VSM futuro).....	193
5.2.5	Fase <i>Control</i>	193
5.2.5.1	Plano de Monitorização e Controlo	194
6	CONCLUSÕES	197
6.1	Conclusões	197
6.2	Limitações	199
6.3	Sugestões para estudos futuros	200
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	201
A	ANEXOS	209
	Anexo A. Principais regulamentações da Indústria dos Lacticínios.....	209
B	APÊNDICES.....	216
	Apêndice A. Plano de Recolha de Dados	216
	Apêndice B. Dados Brutos	220
	Apêndice C. Mapeamento do Processo.....	239
	Apêndice D. Análise do Processo	244
	Apêndice F. Propostas de melhoria	254

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Estrutura da Dissertação e Tópicos	4
Figura 2.1. Metodologia Geral de um Estudo de Caso.....	11
Figura 2.2. Metodologia Proposta do Estudo de Caso.....	11
Figura 2.3. Etapa da Metodologia - Definir e planear	12
Figura 2.4. Etapa da Metodologia – Preparar, Recolher e Analisar I.....	12
Figura 2.5. Proposta de Implementação do Ciclo DMAIC	13
Figura 2.6. Etapa da Metodologia - Definir e concluir	14
Figura 2.7. Recolha de dados - fontes, instrumentos e análises.....	16
Figura 3.1. Evolução do Lean.....	20
Figura 3.2. Casa TPS.....	21
Figura 3.3. Matriz de identificação de atividades VA, NVA e NNVA.	25
Figura 3.4. Representação das 3 fontes de desperdício: <i>Mura</i> , <i>Muri</i> e <i>Muda</i>	26
Figura 3.5. Relação entre <i>Mura</i> , <i>Muri</i> e <i>Muda</i>	28
Figura 3.6. Evolução do Seis <i>Sigma</i>	31
Figura 3.7. Nível Seis <i>Sigma</i> de Performance para um Processo Estável	33
Figura 3.8. Relação entre Requisitos CTQ, Métricas e o Processo.....	36
Figura 3.9. Lean Seis <i>Sigma</i> - Integração do Lean e Seis <i>Sigma</i>	41
Figura 3.10. Fluxograma de Análise da Medição dos Resultados de KPIs	46
Figura 3.11. Simbologia mais Utilizada no Fluxograma	47
Figura 3.12. Exemplo Mapa de Atividades.....	47
Figura 3.13. SIPOC e os seus Componentes	48
Figura 3.14. Processo de Elaboração do Plano de Recolha de Fatos e Principais Questões por Etapa.....	50
Figura 3.15. Método de Amplitude Interquartil para Identificação de <i>Outliers</i>	51
Figura 3.16. Exemplo Gráfico de Probabilidade: (a) Dados Ajustados à Distribuição e (b) Dados que Aparentemente não Seguem a Distribuição	52
Figura 3.17. Árvore de Decisão para Representação Gráfica de Dados.....	53

Figura 3.18. Exemplificação de uma Carta de Controlo	55
Figura 3.19. Zonas das cartas de controlo e regras da norma ISO 7870-2:2013 para deteção de padrões sistemáticos	55
Figura 3.20. Representação Esquemática do Processo de Escolha das Cartas de Controlo	56
Figura 3.21. Exemplo Gráfico de Efeitos Principais	57
Figura 3.22. Exemplo de Gráfico de Interações	57
Figura 3.23. Relação entre produção e perdas associadas aos fatores que influenciam o OEE	59
Figura 4.1. Volume Mundial de Negócios e Vendas na Indústria dos Lacticínios em 2021	69
Figura 4.2. Top 10 dos Maiores Produtores de Leite Mundiais em 2021.....	69
Figura 4.3. Quantidade de Leite Entregue a Fábricas de Lacticínios na União Europeia versus o Preço do Leite por 100 Kg	70
Figura 4.4. Principais Produtores Mundiais de Queijo em 2021.....	70
Figura 4.5. Evolução do Índice de Harmonização de Preços para o Consumidor na União Europeia e em Portugal de 2017 a 2022.....	71
Figura 4.6. Produção e Uso de Leite em Mil Toneladas – Portugal 2021	71
Figura 4.7. Evolução do Consumo Português per Capita (kg/habitante) de Leite e seus Derivados, entre 2010 e 2021.....	72
Figura 4.8. Mapa Árvore das Características que Influenciam a Escolha dos Consumidores Europeus nos Produtos da Indústria dos Lacticínios (com exceção do preço) entre 2021 e 2022.....	73
Figura 4.9. Evolução do Volume de Negócios Mundial por Formato de Comercialização de Queijo de 2019 a 2021.....	74
Figura 4.10. Conceito de Segurança Alimentar versus Defesa Alimentar	76
Figura 4.11. Elementos do Sistema de Controlo de Segurança Alimentar Europeu.....	77
Figura 5.1. Layout da unidade fabril.....	80
Figura 5.2. Principais Setores e Secções	81
Figura 5.3. Organograma Queijaria do Ponto de Vista da Produção.....	83
Figura 5.4. Exemplos de Formatos Produzidos de Queijo Barra, Bola e Prato	84
Figura 5.5. Composição do Queijo versus Textura.....	85
Figura 5.6. Diagrama de Operação do Processo de Fabrico de Queijo.....	87
Figura 5.7. Descrição Sucinta das Cinco Fases do Ciclo DMAIC.....	93
Figura 5.8. Quantidade Média de Produção no Setor do Fabrico por Formato de Queijo.....	96
Figura 5.9. Quantidade Média de Produção de Produto Acabado e Semiacabado II por Setor/Secção.....	96
Figura 5.10. Número de Reclamações de Abril a Dezembro por Setor da Unidade Fabril	98
Figura 5.11. Número de Reclamações de Abril a Dezembro por Formato do Produto	98

Figura 5.12. Número de Reclamações de Abril a Dezembro por Setor da Queijaria	99
Figura 5.13. Número de Reclamações de Abril a Dezembro por Formato Comercializado em Fatias	99
Figura 5.14. Causas das Reclamações.....	100
Figura 5.15. Número e Causas das Reclamações de Abril a Dezembro para o Formato Cuvete	100
Figura 5.16. Análise do Número de Avarias versus o Tempo de Avarias em Minutos por Setor da Queijaria do Ponto de Vista da Manutenção	101
Figura 5.17. Análise do Número de Avarias versus os Custos da Avaria por Equipamento da Queijaria do Ponto de Vista da Manutenção.....	101
Figura 5.18. Informação da Produção Média Semanal e a Percentagem do Número de Reclamações por Referências da Linha de Produção 604 Divididas por Base e Valor Nominal	104
Figura 5.19. Árvore CTQ.....	105
Figura 5.20. Diagrama SIPOC.....	107
Figura 5.21. Fluxograma do Processo Produtivo de Queijo Fatiado.....	109
Figura 5.22. Módulo em ACCEPT de Registos Diários de Tempos de Funcionamento e Paragens	118
Figura 5.23. Módulo em ACCEPT de Registo e Cálculo do OEE	119
Figura 5.24. Instruções para o Preenchimento dos Módulos de Tempo de Paragens (b) e OEE (a)	120
Figura 5.25. Número de Ocorrência em Relação ao Tempo Total de Paragem por Motivo Durante Janeiro e Fevereiro.....	121
Figura 5.26. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo.....	122
Figura 5.27. <i>Boxplot</i> e Estatística descritiva das quantidades teoricamente produzidas por turno.....	123
Figura 5.28. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo, após Alteração do Indicador da Performance	123
Figura 5.29. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo (a) e ao Longo de Todas as Entradas de Produção (b) para a Referência 4A51010.....	124
Figura 5.30. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo (a) e ao Longo de Todas as Entradas de Produção (b) para a Referência 4A51020	124

Figura 5.31. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo (a) e ao Longo de Todas as Entradas de Produção (b) para a Referência CA51036	125
Figura 5.32. Gráfico de Dispersão da Produtividade da Linha de Produção Face ao Número de Operadores na Linha de Produção	126
Figura 5.33. Produtividade da Linha de Produção com 7 Operadores Face à Equipa em Atuação	126
Figura 5.34. Percentagem de Absentismo no Mês de Janeiro e Fevereiro	127
Figura 5.35. Percentagem de <i>Backlog</i> Face ao <i>Mix</i> de Produtos, Quantidade Pedida e Quantidade Produzida Semanalmente	128
Figura 5.36. Carta de Controlo da Média e Amplitude para a Referência 4A51010	130
Figura 5.37. Carta de Controlo da Média e Amplitude para a Referência 4A51020	131
Figura 5.38. Carta de Controlo da Média e Amplitude para a Referência CA51036	131
Figura 5.39. Gráfico de Dispersão dos Valores dos Subgrupos da Referência 4A51010	132
Figura 5.40. Gráfico de Dispersão dos Valores dos Subgrupos da Referência 4A51020	132
Figura 5.41. Gráfico de Dispersão dos Valores dos Subgrupos da Referência CA51036	132
Figura 5.42. Carta de Controlo da Média e Variação para a Referência 4A51010	135
Figura 5.43. Carta de Controlo da Média e Variação para a Referência 4A51020	136
Figura 5.44. Nova Carta de Controlo da Média e Amplitude para a Referência CA51036	136
Figura 5.45. Esboço Inicial do VSM	143
Figura 5.46. Layout e Divisão das Áreas do Processo Produtivo	144
Figura 5.47. Representação Fotográfica de Ineficiências do Layout	145
Figura 5.48. Diagrama de Esparguete	146
Figura 5.49. Encravamentos a Montante da Linha	147
Figura 5.50. Encravamentos a Jusante da Linha	147
Figura 5.51. Módulo em ACCEPT de Desclassificação de Queijo	149
Figura 5.52. Evolução Semanal das Percentagens Médias de Desclassificação	150
Figura 5.53. Evolução Mensal das Percentagens Médias de Desclassificação	151
Figura 5.54. <i>Boxplot</i> e Estatística Descritiva do Desperdício Total Associado às Diferentes Referências em Estudo.	151
Figura 5.55. <i>Boxplot</i> e Estatística Descritiva da Quantidade de Embalagens Reprocessadas	154
Figura 5.56. <i>Boxplot</i> e Estatística Descritiva da Quantidade de Embalagens Reprocessadas por Referência	155
Figura 5.57. Tempo de Ciclo dos Vários Subprocessos por Referência Face ao <i>Takt Time</i>	165
Figura 5.58. <i>Boxplot</i> e Estatística Descritiva do Tempo de <i>Setup</i>	167
Figura 5.59. Gráfico de Barras do Tempo de <i>Setup</i> para as Referências em Estudo	167

Figura 5.60. Gráfico de Efeitos Principais e Pareto para o OEE	172
Figura 5.61. Diagrama de Pareto Ponderado - Motivos de Paragem	173
Figura 5.62. Diagrama de Rede dos Comentários dos Colaboradores aos Motivos de Paragem	174
Figura 5.63. <i>Boxplot</i> dos Tempos de Paragem por Limpeza da Linha Relativamente ao Turno e à Equipa	175
Figura 5.64. Gráfico de Efeitos Principais Tempos de Limpeza de Linha por Turno e Equipa.	176
Figura 5.65. <i>Boxplot</i> e Estatísticas Descritivas do Tempo de Paragem Devido à Embaladora em Minutos por Turno e por Equipa	177
Figura 5.66. Diagrama de Ishikawa para as Ineficiências e Ineficácias do Processo	180
Figura 5.67. Matriz Esforço x Impacto - Hierarquização das Ações de Melhoria Propostas .	189
Apêndice Figura A. VSM referência 4A51010	241
Apêndice Figura B. VSM referência 4A51020.....	242
Apêndice Figura C. VSM referência CA51036.....	243
Apêndice Figura D. Processo de mudança de produto	252
Apêndice Figura E. Encravamento entrada fatiadora	252
Apêndice Figura F. Evidências fotográficas de (a) desperdício devido a incorreto abastecimento e (b) danificação das barras de queijo.....	252
Apêndice Figura G. Evidências fotográficas de (a) resultado da escolha inadequada do programa, (b) problemas de regulação manual e (c) problemas com o papel <i>interleaver</i>	253
Apêndice Figura H. Evidências fotográficas da (a) balança inadequada e (b) resultado do sobrecarregamento do lado direito da linha	253
Apêndice Figura I. Proposta para o desenvolvimento do carro de <i>setup</i>	254
Apêndice Figura J. VSM futuro para a referência 4A51010.....	255
Apêndice Figura K. VSM futuro para a referência 4A51020	256
Apêndice Figura L. VSM futuro para a referência CA51036.....	257

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Descrição das Classificações Quanto à Natureza	6
Tabela 2.2. Descrição da Classificação Quanto aos Objetivos	6
Tabela 2.3. Descrição da Classificação Quanto à Abordagem	7
Tabela 2.4. Descrição das Classificações Quanto aos Procedimentos Técnicos	9
Tabela 2.5. Classificação da Investigação.....	11
Tabela 2.6. Vantagens e desvantagens da utilização de dados primários e dados secundários	15
Tabela 2.7. Vantagens e Desvantagens dos Instrumentos de Recolha de Dados	16
Tabela 2.8. Táticas utilizadas para garantir as condições de qualidade.....	18
Tabela 3.1. Correlação entre nível <i>sigma</i> de um processo, DPMO e rendimento	33
Tabela 3.2. Principais categorias dos custos de qualidade	34
Tabela 3.3. Principais Atividades, Métodos, Técnicas e Ferramentas mais Utilizadas em cada Fase do DMAIC	35
Tabela 3.4. Intervalos de referência para capacidade do processo	38
Tabela 3.5. Métricas Primárias (KPIs) versus Métricas Secundárias	42
Tabela 3.6. Simbologia do VSM mais Utilizado	49
Tabela 3.7. Valores de referência para o OEE	59
Tabela 3.8. Valores de referência para os indicadores do OEE	60
Tabela 4.1. Tipos de Queijo Quanto à sua Classificação	65
Tabela 5.1. Descrição dos Setores e Secções da Queijaria	81
Tabela 5.2. Cargos e as Suas Funções	83
Tabela 5.3. Atividades Realizadas na Fase <i>Define</i> , Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas	94
Tabela 5.4. Critérios de Decisão para Área de Atuação e Descrição	102
Tabela 5.5. Matriz de Decisão para Seleção da Área de Atuação do Projeto LSS.....	103
Tabela 5.6. Matriz de Seleção para as Referências a Estudar	104
Tabela 5.7. <i>Project Charter</i>	110

Tabela 5.8. Atividades Realizadas na Fase <i>Measure</i> , Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas	112
Tabela 5.9. KPIs as suas Definições Operacionais e as Métricas Secundárias que lhe estão Associadas	113
Tabela 5.10. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Média dos Tempos de Ciclo das Etapas do Processo Produtivo da Referência 4A51010	115
Tabela 5.11. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Média dos Tempos de Ciclo das Etapas do Processo Produtivo da Referência 4A51020	115
Tabela 5.12. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Média dos Tempos de Ciclo das Etapas do Processo Produtivo da Referência CA51036.....	116
Tabela 5.13. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Proporção de Defeitos da População	117
Tabela 5.14. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação do Peso Médio Unitário das Diferentes Referências em Estudo	117
Tabela 5.15. Lista de Motivos de Paragem	118
Tabela 5.16. Medições Piloto do OEE.....	120
Tabela 5.17. Limites de Especificação e Valor Alvo da Característica Peso das Referências em Estudo.....	129
Tabela 5.18. Estatísticas Descritivas dos Subgrupos Utilizados para a Análise de Capacidade do Processo.....	130
Tabela 5.19. Síntese e Representação Gráfica dos Resultados no Teste de Kolmogorov-Smirnov para as Diferentes Referências em Estudo	133
Tabela 5.20. Teste de Qualidade de Ajuste a Várias Distribuições para os Dados das Referências.....	134
Tabela 5.21. Estatísticas Descritivas dos Subgrupos Recolhidos para Análise de <i>Giveaway</i> do Processo	135
Tabela 5.22. Síntese e Representação Gráfica dos Resultados no Teste de Kolmogorov-Smirnov para as Diferentes Referências em Estudo Relativamente aos Dados para Análise do <i>Giveaway</i>	137
Tabela 5.23. Estudo da Performance do Processo Através dos Dados Recolhidos para a Análise de Capacidade	138
Tabela 5.24. Estudo da Performance do Processo Através dos Dados Recolhidos para a Análise de <i>Giveaway</i>	138
Tabela 5.25. Síntese do Estudo de <i>Giveaway</i> para a Referência 4A51010	139
Tabela 5.26. Síntese do Estudo de <i>Giveaway</i> para a Referência 4A51020	140
Tabela 5.27. Síntese do Estudo de <i>Giveaway</i> para a Referência CA51036.....	141

Tabela 5.28. Exemplos e Descrição do Tipo de Defeitos Visuais que Levam à Desclassificação de Queijo.....	148
Tabela 5.29. Estatística Descritiva da Quantidade Total de Queijo e Percentagem de Desclassificação.....	150
Tabela 5.30. Estatística Descritiva da Quantidade de Queijo Desclassificado em Quilogramas Referentes às Características Inerentes ao Processo.....	152
Tabela 5.31. Frequência Relativa da Observação de Conformidade ou não Conformidade Durante a Pesagem de Queijo.....	153
Tabela 5.32. Frequência Relativa da Observação de Conformidade e não Conformidade e Taxa de Reprocessamento para o Subprocesso de Datação e Detecção de Metais	153
Tabela 5.33. Frequência Relativa da Observação de Conformidade ou não Conformidade Durante a Selagem/Embalamento.....	154
Tabela 5.34. Qualidade da Produção para as Referências em Estudo.....	155
Tabela 5.35. Cálculo do <i>Takt Time</i> para a Linha de Produção	156
Tabela 5.36. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso A para as Várias Referências.....	158
Tabela 5.37. Tempo de Ciclo para o Subprocesso A – Abastecimento de Queijo	159
Tabela 5.38. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso B para as Várias Referências.....	159
Tabela 5.39. Tempo de Ciclo para o Subprocesso B – Fatiar Queijo	160
Tabela 5.40. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso C.1 para as Várias Referências	160
Tabela 5.41. Tempo de Ciclo para o Subprocesso C.1 – Pesagem de Queijo.....	160
Tabela 5.42. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso C.2 para as Várias Referências	160
Tabela 5.43. Tempo de Ciclo para o Subprocesso C.2 – Pesagem Manual.....	161
Tabela 5.44. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso D para as Várias Referências.....	161
Tabela 5.45. Tempo de Ciclo para o Subprocesso D – Embalamento Manual	161
Tabela 5.46. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso E para as Várias Referências.....	162
Tabela 5.47. Tempo de Ciclo para o Subprocesso E – Selagem	162
Tabela 5.48. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso F para as Várias Referências.....	162
Tabela 5.49. Tempo de ciclo para o subprocesso F – Datação e Detecção de Metais.....	163
Tabela 5.50. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso G para as Várias Referências.....	163

Tabela 5.51. Tempo de Ciclo para o Subprocesso G – Formação de Caixas	163
Tabela 5.52. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso H para as Várias Referências.....	164
Tabela 5.53. Tempo de Ciclo para o Subprocesso H – Detecção de Fugas de ATM	164
Tabela 5.54. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso I para as Várias Referências.....	164
Tabela 5.55. Tempo de Ciclo para o Subprocesso I – Paletização	164
Tabela 5.56. <i>Lead Time</i> entre Subprocessos.....	165
Tabela 5.57. Eficiência do Ciclo do Processo.....	166
Tabela 5.58. U/C em Relação aos Subprocessos Associados a Equipamentos	168
Tabela 5.59. <i>Project Charter</i> atualizado	169
Tabela 5.60. Atividades Realizadas na Fase <i>Analyse</i> , Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas	171
Tabela 5.61. Estatísticas Descritivas Tempos de Paragem por Limpeza para a Equipa A e B - Turno da Manhã.....	175
Tabela 5.62. Estatísticas Descritivas Tempos de Paragem por Limpeza para a Equipa A e B - Turno da Tarde	175
Tabela 5.63. Matriz de Decisão de Hierarquização de Causas Potenciais.....	181
Tabela 5.64. Atividades Realizadas na Fase <i>Improve</i> , Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas	184
Tabela 5.65. Identificação de Ações de Melhoria	184
Tabela 5.66. Plano de Implementação 5W2H.....	189
Tabela 5.67. Atividades Realizadas na Fase <i>Control</i> , Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas	193
Tabela 5.68. Definição da Periodicidade de Revisão das Métricas	194
 Anexo Tabela A. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à Higiene dos géneros alimentícios/ Controlos oficiais.....	 209
Anexo Tabela B. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à Segurança, higiene e saúde no trabalho.....	210
Anexo Tabela C. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes aos Controlos Metrológicos.....	210
Anexo Tabela D. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à Rotulagem Geral	210
Anexo Tabela E. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à Rotulagem Nutricional.....	211

Anexo Tabela F. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referentes às Alegações Nutricionais e de Saúde.....	211
Anexo Tabela G. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referentes aos Suplementos Alimentares.....	211
Anexo Tabela H. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referente a Outros.....	212
Anexo Tabela I. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referentes a Materiais em contacto com os géneros alimentícios	212
Anexo Tabela J. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referentes aos Resíduos ...	213
Anexo Tabela K. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referentes aos Subprodutos	213
Anexo Tabela L. Regulamentações da Indústria dos Laticínios específicos à indústria	213
Anexo Tabela M. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referentes à saúde animal	214
Anexo Tabela N. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referentes ao Licenciamento (Atividade Pecuária)	214
Anexo Tabela O. Regulamentações da Indústria dos Laticínios referentes ao Licenciamento (Atividade Pecuária)	214
Apêndice Tabela A. Plano de Recolha de Dados.....	216
Apêndice Tabela B. Dados brutos relativos aos tempos de paragem	220
Apêndice Tabela C. Dados brutos relativos ao OEE	231
Apêndice Tabela D. Dados brutos relativos à produtividade da linha de produção	236
Apêndice Tabela E. Dados brutos relativos ao reprocessamento de embalagens.....	237
Apêndice Tabela F. Mapa de Atividades do Processo Produtivo de Queijo Fatiado.....	239
Apêndice Tabela G. FMEA relativamente à performance durante o processo de fabrico de queijo fatiado	244
Apêndice Tabela H. Potencias causas e feitos para os problemas/variação identificados relativamente à produtividade.....	249
Apêndice Tabela I. Potencias causas e feitos para os problemas/variação identificados relativamente ao rendimento da matéria-prima e na qualidade de produção	249

GLOSSÁRIO

Bacteriófagos	Vírus que destrói bactérias. = Fago
Caseína	Proteína de maior concentração no leite.
Coalhada	Coágulo firme insolúvel formado através da coagulação do leite.
Coliformes	Bactérias com a capacidade de utilizar a lactose como nutriente.
Dissolução	Decomposição de um corpo sólido pela desagregação das suas moléculas.
Inoculação	Inserção de microrganismos em ambientes propícios.
Interleaver	Película de papel/plástico parafinado.
Metrológico	Relativo à metrologia, a ciência que trata dos sistemas de medidas e das medições.
Micelas	Estrutura globular formado por um agregado de moléculas.
Organolética	Propriedade dos corpos que impressionam os sentidos.
Proteólise	Conjunto das reações que presidem à desintegração das substâncias proteicas complexas.
Psicotróficos	Bactérias capazes de se desenvolver em temperaturas abaixo de 7°C.
Reologia	Estudo mecânico da deformação e do movimento da matéria, nomeadamente a elasticidade, o escoamento, a plasticidade ou a viscosidade.
Sala Branca	Ambientes com certas condições controladas de modo a manter um nível de contaminação baixo.
Valor Nominal	Valor declarado pelo fabricante relativamente ao peso do conteúdo da embalagem.

Vascoplast Conservante alimentar.

SIGLAS E ACRÓNIMOS

ATM	Atmosfera Modificada
C/T	Cycle Time
CAE	Classificação Portuguesa de Atividades Económicas
CE	Conformidade Europeia
CEE	Comunidade Económica Europeia
CIP	Cleaning in Place
CO	Changeover Time
CTQ	Critical to Quality
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control
DPMO	Defeitos por Milhão de Oportunidades
DPO	Defeitos por Oportunidade
DPU	Defeitos por Unidade
EDA	European Dairy Association
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETEI	Estação de Tratamento de Efluentes Industriais
EU	União Europeia
FA	Fator de Atividade
FIFO	First in, First out
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
FTY	First Time Yield

INE	Instituto Nacional de Estatísticas
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just-in-Time
KPI	Key Performance Indicator
KS	Kolmogorov-Smirnov
LIC	Limite Inferior de Controlo
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSC	Limite Superior de Controlo
LSE	Limite Superior de Especificação
LSS	Lean Seis Sigma
MAO	Mão-de-Obra
MAQ	Máquinas
MED	Medições
MEI	Meio
MET	Métodos
MP	Matéria-Prima
N/A	Não Aplicável
NNVA	Atividades Necessárias de Valor Não Acrescentado
NVA	Atividades de Valor Não Acrescentado
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OP	Ordem de Produção
OT	Ordem de Trabalho
PA	Produtos Acabados
PAC	Política Agrícola Comum
PCC	Ponto Crítico de Controlo
PCE	Process Cycle Efficiency
PCT	Process Cycle Time
PDCA	Plan, Do, Check, Act

PLT	Process Lead Time
PSA	Production Supply Area
REAI	Regime de Exercício de Atividade Industrial
RH	Recursos Humanos
RPN	Risk Priority Number
RTY	Rolled Throughput Yield
SAI	Produtos semiacabados I
SAII	Produtos semiacabados II
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
SMART	Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-Bounded
SPC	Statistical Process Control
TC	Tanques da Coalhada
TLC	Teorema do Limite Central
TM	Turno da Manhã
TMN	Tempo Médio Normalizado
TN	Turno da Noite
TPF	Tanques para fermentos
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
TQM	Total Quality Maintenance
TT	Turno da Tarde
U/C	Up-Time
VA	Valor Acrescentado
VOC	Voz do Cliente
VOP	Voz do Processo
VSM	Value Stream Mapping
W/C	Work Content
WIP	Work-in-Process

SÍMBOLOS E NOTAÇÕES

σ	Desvio padrão do processo
σ_s	Desvio padrão <i>short-term</i> ou dentro dos subgrupos
σ_l	Desvio padrão <i>long-term</i> ou global
μ	Média do processo
C_p e C_{pk}	Índices de capacidade do processo
P_p e P_{pk}	Índices de performance do processo
$\bar{\bar{X}}$	Média das médias amostrais
s	Desvio padrão amostral
$\hat{p}$	Proporção amostral
n	Tamanho/Dimensão da amostra
z	Valor da distribuição normal para um determinado nível de confiança
m	Margem de erro

INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório pretende-se dar a conhecer o enquadramento do objeto de estudo da presente dissertação, assim como os objetivos a alcançar. Posteriormente, é apresentada uma breve descrição da estrutura e conteúdo do documento.

1.1 Enquadramento

Durante as últimas duas décadas, os paradigmas da indústria transformadora sofreram grandes alterações. Neste momento, formas de produção tradicional focadas em produzir melhor, mais rápido e mais barato do que a competição já não são garantia de sucesso ou sinal de uma empresa lucrativa (Tredgold, 2017).

A globalização, o crescimento das economias e o avanço tecnológico fazem com que as organizações enfrentem uma pressão crescente e perpétua por parte dos consumidores para fornecerem produtos inovadores de alta qualidade, num curto período de tempo, e alinhados com os seus valores, tudo isto a um preço razoável.

As expectativas elevadas dos consumidores e a intensa competição criam um cenário em que o preço dos produtos é fixado pelo mercado. Neste tipo de mercado extremamente competitivo, qualquer lucro a ser obtido pela organização deve ser extraído do preço do produto através da manipulação do custo (Nicholas, 2005). Assim, deve-se reduzir os custos/aumentar a produtividade sem sacrificar a qualidade e mantendo a satisfação dos consumidores de modo a conseguir uma resposta positiva quer às mudanças no mercado quer aos requisitos dos consumidores e produtos e, por conseguinte, atingir os objetivos de rentabilidade, quota de mercado e competitividade (Daniyan et al., 2022).

A indústria dos lacticínios é de grande importância para a economia de vários países, prevendo-se que a procura mundial por produtos desta indústria aumente 1,4% ao ano durante a próxima década (OECD/FAO, 2022). Este facto acresce à lista de inúmeros desafios atuais deste setor (resultantes da digitalização, da indústria 4.0, da globalização, da transição

energética para a descarbonização industrial, da mudança para economia circular, entre outros) a necessidade de assegurar um crescimento sustentável sem comprometer a satisfação dos consumidores (Nader, 2022).

Para além disto, a indústria dos lacticínios possui características que restringem a sua atividade relativamente a outras indústrias transformadoras, tais como: curto prazo de validade de matérias-primas e produtos acabados (bens perecíveis), normas de higiene rigorosas e incerteza da oferta e procura (Powell et al. 2017).

A melhoria contínua é uma estratégia bastante utilizada para melhorar processos operacionais e reduzir desperdícios na manufatura (Albliwi et al. 2015), que pode em muito contribuir para encarar e superar os desafios que este setor atravessa.

Lean e *Seis Sigma* são duas das principais metodologias de melhoria contínua que, quando atuam em conjunto (denominando-se metodologia *Lean Seis Sigma* ou LSS), tornam-se particularmente poderosas, trazendo inúmeros benefícios para o universo onde são aplicadas e ganhando particular popularidade na indústria transformadora (Arnheiter et al. 2005). Apesar de serem metodologias independentes que claramente derivam de duas visões diferentes, os seus conceitos complementam-se de variadas maneiras.

O *Lean* tem os seus primórdios no Japão nos anos 50 e deriva do Toyota Production System (TPS); trata-se de uma abordagem sistemática para identificar e eliminar desperdícios que provém da necessidade de aumentar a velocidade do fluxo de produção, focando-se principalmente na eficiência do processo.

A metodologia *Seis Sigma* foi desenvolvida nos anos 80 por Bill Smith, um engenheiro da Motorola, com o intuito de reduzir a variabilidade (assegurar a qualidade) do produto final concentrando-se na obtenção de um elevado nível de conformidade, focando-se particularmente na eficácia do processo.

Devido ao *Lean* ser fundamentalmente baseado em filosofias, a sua interpretação é muitas vezes difícil e, por vezes, a sua aplicação pode ser apenas superficial. A utilização complementar da metodologia *Seis Sigma* aumenta a robustez das ferramentas *Lean* promovendo uma abordagem mais científica da qualidade e tomada de decisão (Arnheiter et al. 2005). Assim, a integração destas duas metodologias pode assegurar melhores resultados do que a sua implementação separada.

Infelizmente, existe ainda pouca literatura sobre a implementação do *Lean Seis Sigma* em contextos alternativos à manufatura discreta. Em particular, na indústria alimentar, são poucos os casos de estudo que demonstram a possibilidade da aplicação de metodologias de melhoria contínua (Kovach et al., 2011). Dos estudos de caso publicados, apenas cerca de 10% foram implementados na indústria dos lacticínios (Costa et al. 2018). No entanto, não é claro o quão apropriada a implementação destas estratégias são neste setor industrial.

Desta forma, pretende-se com a presente dissertação contribuir para o preenchimento das lacunas existentes na literatura através da implementação de um projeto de melhoria contínua, com recurso à metodologia *Lean Seis Sigma*, na indústria dos laticínios, mais especificamente, numa fábrica de produção de queijo.

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo aumentar a eficiência e eficácia numa queijaria através da aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma*. Para alcançar este objetivo principal é necessário fazer o mapeamento do processo, analisar os desperdícios existentes nos processos e estudar e implementar melhorias, sendo para isso estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Conhecer e caracterizar a indústria dos laticínios, com especial foque no queijo, os seus principais desafios que esta enfrenta e as regulamentações a que está sujeita;
- Conhecer de uma forma abrangente o processo de produção de queijo e como as várias etapas se influenciam entre si assim como os seus intervenientes;
- Analisar o processo produtivo do queijo, identificando os principais problemas e ineficiências;
- Analisar os indicadores de desempenho atuais e criar novos indicadores, caso seja necessário;
- Mapear os desperdícios e as suas origens;
- Criar, avaliar e implementar ações de melhoria de acordo com as limitações às quais a empresa está sujeita assim como as regulamentações da indústria dos laticínios;
- Criar planos de modo a que as ações de melhoria sejam sustentáveis a longo prazo.

Com o desenvolvimento desta dissertação pretende-se ainda responder às seguintes questões de investigação:

Q.1. Que ineficiências estão a afetar o processo produtivo?

Q.2. Como podem estas ineficiências ser melhoradas através da metodologia *Lean Seis Sigma* tendo em consideração as características da indústria dos laticínios?

Q.3. O *Lean Seis Sigma* constitui uma boa base para otimização dos processos produtivos da indústria dos laticínios?

1.3 Estrutura do Documento

A presente dissertação está dividida em seis capítulos, sendo que o primeiro capítulo diz respeito à introdução da investigação a desenvolver, o segundo capítulo diz respeito à

metodologia aplicada para a investigação, o terceiro capítulo corresponde a um enquadramento teórico, o quarto capítulo descreve e caracteriza a indústria dos laticínios, o quinto capítulo refere-se ao desenvolvimento do estudo de caso e, por fim, o sexto capítulo corresponde às conclusões finais.

Na Figura 1.1 é possível observar os principais tópicos abordados em cada capítulo.

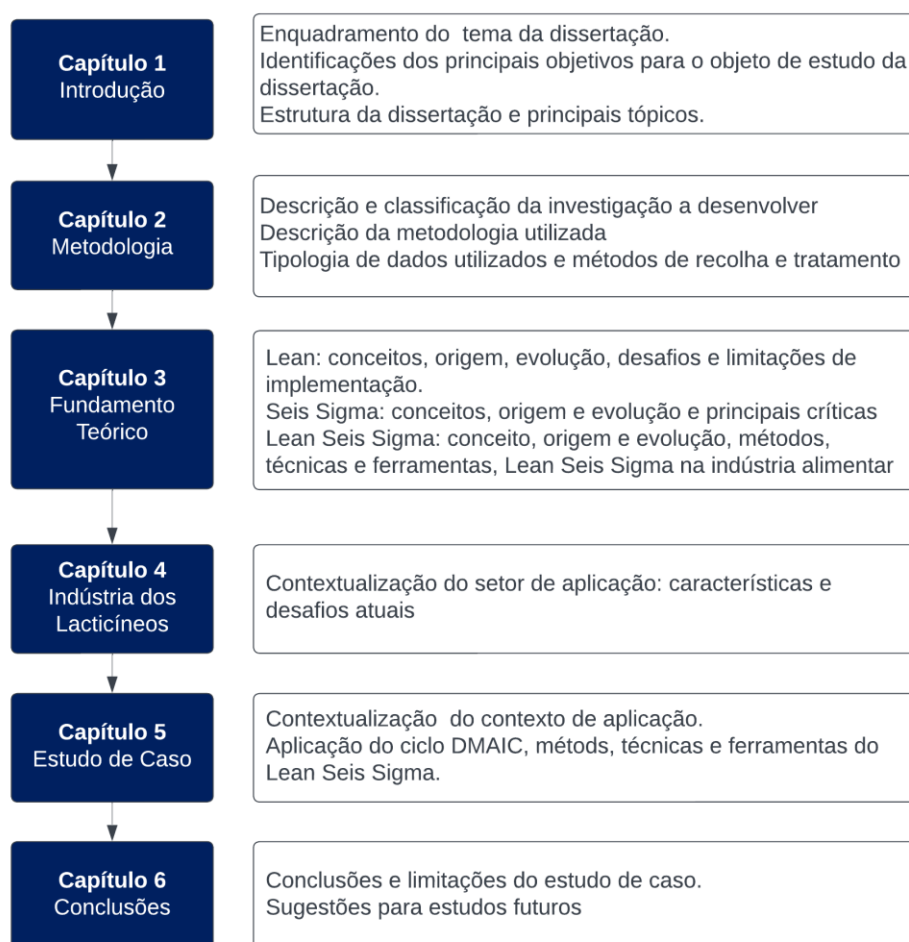


Figura 1.1. Estrutura da Dissertação e Tópicos

METODOLOGIA

No presente capítulo pretende-se apresentar a metodologia para o desenvolvimento desta dissertação, ou seja, descrever e classificar a investigação a desenvolver, classificar a tipologia de dados a utilizar e descrever os métodos de recolha e tratamento de dados.

2.1 Classificação da Investigação

Segundo Silva e Menezes (2005) a investigação científica é um conjunto de passos para encontrar a solução para um determinado problema ou questão, com base em procedimentos racionais e sistemáticos, que deve ser realizada quando ainda não se têm informações para resolver o problema /questão.

A metodologia duma investigação científica define como esta deve ser realizada, ou seja, define qual o universo em estudo, qual o tipo de dados assim como os métodos de recolha e tratamento dos mesmos. O tipo de metodologia a utilizar é condicionado pela tipologia da investigação científica que é, por sua vez, limitada pela questão de investigação. Convém assim classificar a investigação científica antes de definir a metodologia.

Existem várias formas de classificar uma investigação sendo que as formas clássicas são:

- Classificação quanto à sua natureza;
- Classificação quanto aos objetivos;
- Classificação quanto à abordagem; e
- Classificação quanto aos procedimentos técnicos.

2.1.1 Classificação quanto à sua natureza

A classificação de uma investigação quanto à natureza está relacionada com a finalidade para a qual esta é realizada e qual a sua contribuição para o panorama científico. Quanto à natureza, as investigações podem ser classificadas em básicas ou aplicadas (Silva et al., 2005).

Tabela 2.1. Descrição das Classificações Quanto à Natureza

Quanto à Natureza	Descrição
Básica	Tem por objetivo a criação de conhecimento para a ciência, sem ter como finalidade uma aplicação prática, e envolve, normalmente, verdades universais.
Aplicada	Tem por objetivo a criação de conhecimentos com aplicação prática para problemas específicos.

Nota. Adaptado de "Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação" de E. Silva & E. Menezes, 2005, UFSC

A investigação realizada nesta dissertação tem por objetivo a aplicação prática de uma metodologia para a resolução de um problema específico na área da indústria dos laticínios, como tal, pode ser classificada como uma investigação aplicada.

2.1.2 Classificação quanto aos objetivos

A investigação pode ser classificada quanto aos objetivos em exploratória, descritiva e explicativa. No entanto, a investigação pode ser também uma combinação destas classificações uma vez que os objetivos podem ter diferentes vertentes das várias classificações e até mesmo mudar ao longo do tempo (Saunders et al. 2019).

Tabela 2.2. Descrição da Classificação Quanto aos Objetivos

Quanto aos Objetivos	Descrição
Exploratória	Tem por objetivo compreender problemas inexplorados ou de natureza incerta, ou seja, é utilizada quando o tema escolhido é pouco explorado, tornando-se difícil formular hipóteses precisas. Geralmente, o foco inicial é amplo e bastante genérico e, à medida que a investigação avança (através da revisão literária, entrevistas com especialistas e outros procedimentos), torna-se progressivamente mais específico. Requer menos rigidez no planeamento, tornando-se mais flexível e adaptável a mudanças face a novos dados e/ou informações. É raro a utilização de procedimentos de amostragem e técnicas quantitativas de recolha de dados neste tipo de investigação. Assume, em geral, a forma de uma pesquisa bibliográfica ou um estudo de caso.
Descritiva	Tem por objetivo descrever as características de uma população, diferentes fenómenos ou a relação entre variáveis. São baseadas em conhecimento existente. Utiliza técnicas padronizadas para a recolha de dados. Assume, maioritariamente, a forma de uma sondagem.

Nota. Adaptado de "Métodos e Técnicas de Pesquisa Social" de A. Gil, 1991, Atlas S.A.

Tabela 2.2. Descrição da Classificação Quanto aos Objetivos (continuação)

Quanto aos Objetivos	Descrição
Explicativa	Utilizada, normalmente, para obter mais conhecimentos numa área previamente explorada para explicar as relações entre determinadas variáveis, ou seja, identificar quais os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência de um certo fenómeno.
	Utiliza o método experimental, o que torna esta tipologia de investigação mais complexa e delicada que as restantes uma vez que existe um risco considerável de cometer erros.
	Assume, maioritariamente, a forma de uma investigação experimental ou investigação <i>expost-facto</i> .

Nota. Adaptado de "Métodos e Técnicas de Pesquisa Social" de A. Gil, 1991, Atlas S.A.

A presente dissertação tem uma vertente tanto exploratória como explicativa, podendo ser considerada uma investigação exploratória-explicativa. O objetivo principal desta dissertação pode ser considerado explicativo uma vez que, para aumentar a eficiência e eficácia do processo produtivo da queijaria, é necessário explicar as relações entre as diferentes variáveis do processo assim como os fatores que influenciam e determinam as características do mesmo – investigação explicativa. No entanto, a questão de investigação mais pertinente acaba por ser se a aplicação da metodologia Lean Seis *Sigma* é adequada e benéfica na indústria dos lacticínios, ou seja, é uma investigação num tema amplo e genérico ainda pouco explorado que carece, assim, duma revisão literária e outros procedimentos para se tornar mais específico e poderem ser retiradas conclusões – investigação exploratória.

2.1.3 Classificação quanto à abordagem

De acordo com Saunders et al. (2019) existem dois tipos diferentes de dados que podem ser recolhidos e analisados que vão classificar a investigação quanto à abordagem: dados quantitativos e dados qualitativos. Dependendo dos objetivos da investigação recorre-se à utilização de dados quantitativos, qualitativos ou uma abordagem mista com recurso a ambos os tipos de dados.

Tabela 2.3. Descrição da Classificação Quanto à Abordagem

Quanto à Abordagem	Descrição
Quantitativa	Utiliza dados quantitativos.
	Tem por objetivo validar hipóteses através da utilização estruturada de dados e técnicas estatísticas.
	Para que os resultados possam ser quantificados e generalizados deve ser assegurada a representatividade dos dados analisados.

Nota. Adaptado de "Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração" de M. Oliveira, 2011, UFG

Tabela 2.3. Descrição da Classificação Quanto à Abordagem (continuação)

Quanto à Abordagem	Descrição
Qualitativa	Utiliza dados qualitativos, ou seja, dados predominantemente descritivos. Tem por objetivo caracterizar um fenómeno, ou seja, explicar a sua origem, relações e possíveis mudanças. A análise dos dados é maioritariamente indutiva. O contacto direto com o fenómeno em estudo é valorizado.

Nota. Adaptado de "Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração" de M. Oliveira, 2011, UFG

Devido ao carácter dos objetivos desta dissertação a investigação terá uma abordagem mista uma vez que serão utilizados dados quantitativos e qualitativos.

2.1.4 Classificação quanto aos procedimentos técnicos

A classificação da investigação segundo os critérios anteriormente mencionados permite uma melhor identificação e seleção dos procedimentos técnicos a utilizar, ou seja, da metodologia.

Os procedimentos técnicos (ou metodologia) permitem a adoção de uma estratégia bem definida para a realização duma investigação, de modo a alcançar os seus objetivos e esclarecer as questões de investigação.

Assim, a classificação duma investigação quanto aos procedimentos técnicos assume um papel fulcral na realização de uma investigação. Os procedimentos técnicos definem quais os métodos utilizados para a recolha de dados, existindo duas grandes vertentes: a recolha de dados a partir de documentos (Pesquisa Bibliográfica e Pesquisa Documental); e a recolha de dados a partir da observação do mundo real (Experimento, Investigação *Expost-facto*, Levantamento/Sondagem, Estudo de Caso, Investigação-ação e Investigação Participante) (Gil, 2017).

A classificação quanto aos procedimentos técnicos não é extremamente rígida, uma vez que algumas investigações se enquadram em várias classificações; no entanto, na maioria das vezes, é possível fazer uma distinção (Gil, 2017).

Tabela 2.4. Descrição das Classificações Quanto aos Procedimentos Técnicos

Procedimentos Técnicos	Descrição
Pesquisa Bibliográfica	Tem por objetivo contribuir para a compreensão de conceitos inexplorados ou pouco explorados através de matérias previamente publicados (principalmente livros e artigos científicos), permitindo uma ampla cobertura de vários fenómenos. São, tendencialmente, utilizadas nas investigações exploratórias para responder a perguntas “o quê?” e “como?”. Envolve, geralmente, a necessidade de assegurar a qualidade dos dados através da análise profunda dos dados assim como a utilização de diversas fontes de modo a identificar possíveis incoerências e/ou contradições.
Pesquisa Documental	Tem por objetivo contribuir para a compreensão de conceitos inexplorados ou pouco explorados através de matérias previamente publicados que ainda não receberam um tratamento analítico. São, tendencialmente, utilizadas nas investigações exploratórias para responder a perguntas “o quê?” e “como?”. Envolve, geralmente, a necessidade de assegurar a representatividade dos documentos (através da utilização de um grande número de documentos e definição de critérios de aleatoriedade) e garantir a objetividade da pesquisa.
Experimento	Tem por objetivo estudar a relação de causalidade entre variáveis, ou seja, a forma como uma mudança de variável independente produz mudança numa outra dependente. São, tendencialmente, utilizados nas investigações exploratórias e explicativas para responder a perguntas “como?” e “porquê?”. Envolve, geralmente, a definição de uma hipótese teórica, a seleção de amostras de indivíduos de populações conhecidas, a existência de um grupo de controlo, a manipulação de uma ou mais variáveis, a medição de um pequeno número de variáveis e controlo de todas as outras variáveis.
Levantamento/Sondagem	Tem por objetivo conhecer as características de uma determinada população, de forma económica e acessível, através da recolha e análise estatística (descritiva e inferencial) de dados quantitativos. São, tendencialmente, utilizados nas investigações exploratórias e descritivas para responder a perguntas “quem?”, “o quê?”, “onde?”, “quanto?” e “quantos?”. Envolve, geralmente um planeamento rigoroso do método de recolha de dados, de modo a garantir uma amostra representativa e uma análise morosa dos dados.

Nota. Adaptado de "Como elaborar projetos de pesquisa" de A.Gil, 2017, Editora Atlas e "Research methods for business students" M. Saunders et al., 2019, Harlow

Tabela 2.4. Descrição das Classificações Quanto aos Procedimentos Técnicos (continuação)

Procedimentos Técnicos	Descrição
Estudo de Caso	Tem por objetivo o estudo empírico de uma situação específica da vida real utilizando várias fontes de verificação. Neste tipo de investigação as fronteiras entre o objeto em estudo e o seu contexto não são claramente evidentes. São, tendencialmente, utilizados nas investigações exploratórias e explicativas para responder a perguntas “porquê?”, “o quê?” e “como?”. Envolve vários métodos de recolha de dados incluindo, por exemplo, entrevistas, observações, análise de documentos e questionários.
Investigação-Ação	Tem por objetivo promover mudança dentro de uma organização. É uma estratégia iterativa em que o investigador se envolve diretamente com o objeto de estudo e o foco principal é a ação. São, tendencialmente, utilizados para responder a perguntas “como?”. Envolve, geralmente, um contexto específico e um propósito claro.
Investigação <i>Expost-facto</i>	Tem por objetivo verificar a existência de relações entre as variáveis após a ocorrência de variações na variável dependente no decurso natural dos acontecimentos. São, tendencialmente, utilizados nas investigações exploratórias e explicativas para responder a perguntas “como?” e “porquê?”. Envolve, geralmente, a definição de uma hipótese teórica, a seleção de amostras de indivíduos de populações conhecidas e a medição de um pequeno número de variáveis. Neste tipo de investigação não há controlo sobre a variável independente.
Investigação Participante	Tem por objetivo ajudar a população em estudo a identificar problemas, analisá-los e arranjar soluções adequadas para os mesmos. São, tendencialmente, utilizados para responder a perguntas “como?”. Envolve interação entre o investigador e a população em estudo.

Nota. Adaptado de "Como elaborar projetos de pesquisa" de A.Gil, 2017, Editora Atlas e "Research methods for business students" M. Saunders et al., 2019, Harlow

Tendo em conta o contexto, os objetivos, as questões de investigação, assim como as classificações previamente selecionadas, considera-se que a metodologia mais adequada para desenvolver o tema desta dissertação será o estudo de caso. Isto deve-se ao facto de:

- Pretender-se responder a questões “como?” e “porquê?”;
- Os limites entre o fenómeno em estudo e o seu contexto não serem bem definidos; e
- A necessidade de utilizar variados métodos de recolha de dados para a compreender e delimitar o tema que é inicialmente amplo e genérico.

A síntese da classificação da investigação pode ser observada na Tabela 2.5.

Tabela 2.5. Classificação da Investigação

Classificação quanto	Classificação da investigação
Natureza	Aplicada
Objetivos	Exploratória-Explicativa
Abordagem	Mista
Procedimentos Técnicos	Estudo de Caso

2.2 Estudo de Caso

O objetivo deste subcapítulo é fornecer uma visão clara de como o estudo de caso foi planejado e desenvolvido. Pretende-se esclarecer a escolha dos dados recolhidos e como foram utilizados (tratamento e análise), assim como uma breve reflexão sobre a qualidade dos dados da investigação.

2.2.1 Metodologia Proposta

De acordo com Yin (2018), de um modo geral, a metodologia de um estudo de caso segue as etapas representadas na Figura 2.1.

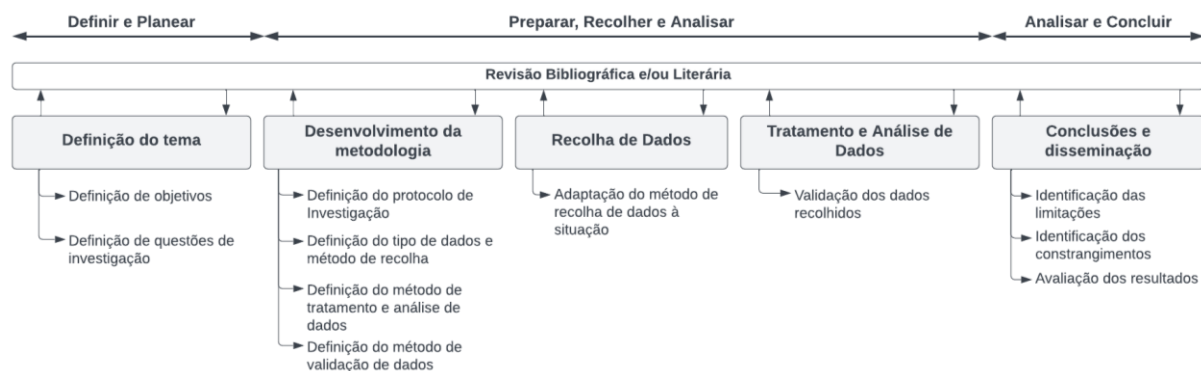


Figura 2.1. Metodologia Geral de um Estudo de Caso

De modo a satisfazer as necessidades específicas do presente estudo de caso, esta metodologia generalista foi adaptada como pode ser observado na Figura 2.2.

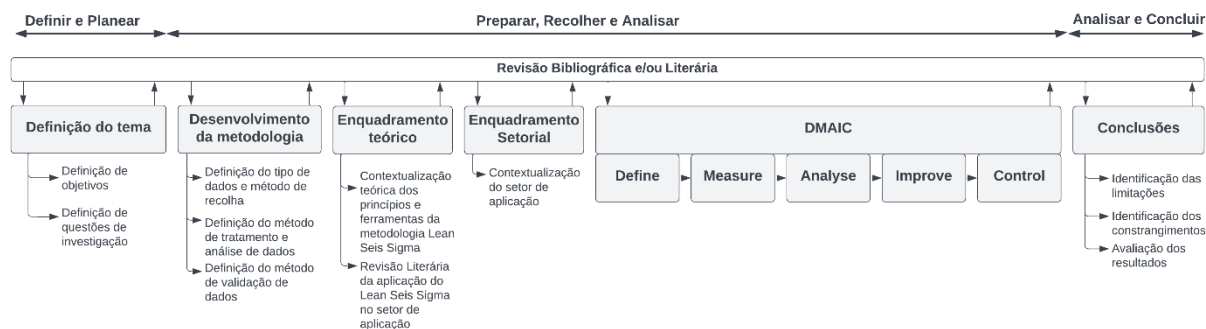


Figura 2.2. Metodologia Proposta do Estudo de Caso

Esta adaptação passou maioritariamente pela substituição da etapa de recolha de dados e a etapa de tratamento e análise de dados pelo ciclo DMAIC, uma ferramenta estruturada da metodologia *Lean Seis Sigma*, baseada em dados, para melhorar processos. As diferentes etapas da metodologia proposta são agora descritas.

Definir e Planear

A primeira etapa da metodologia proposta, definir e planear, passa pela definição do tema através da formulação de objetivos e definição de questões de investigação.

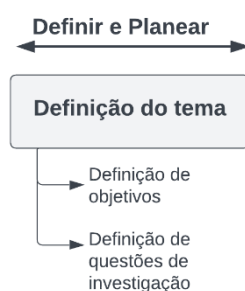


Figura 2.3. Etapa da Metodologia - Definir e planear

Preparar, Recolher e Analisar

A etapa seguinte da metodologia proposta, preparar, recolher e analisar, pode ser subdividida em duas fases.

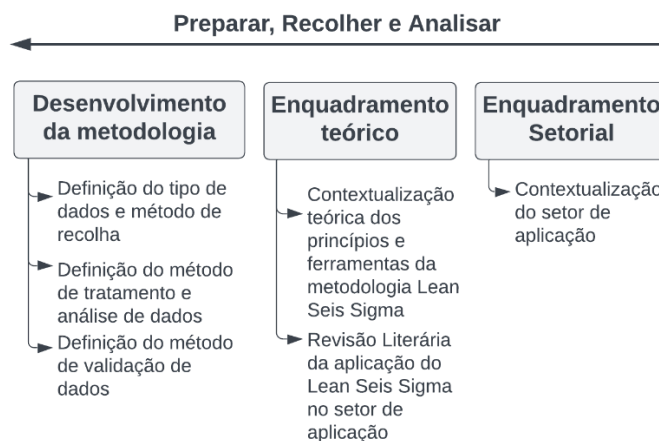
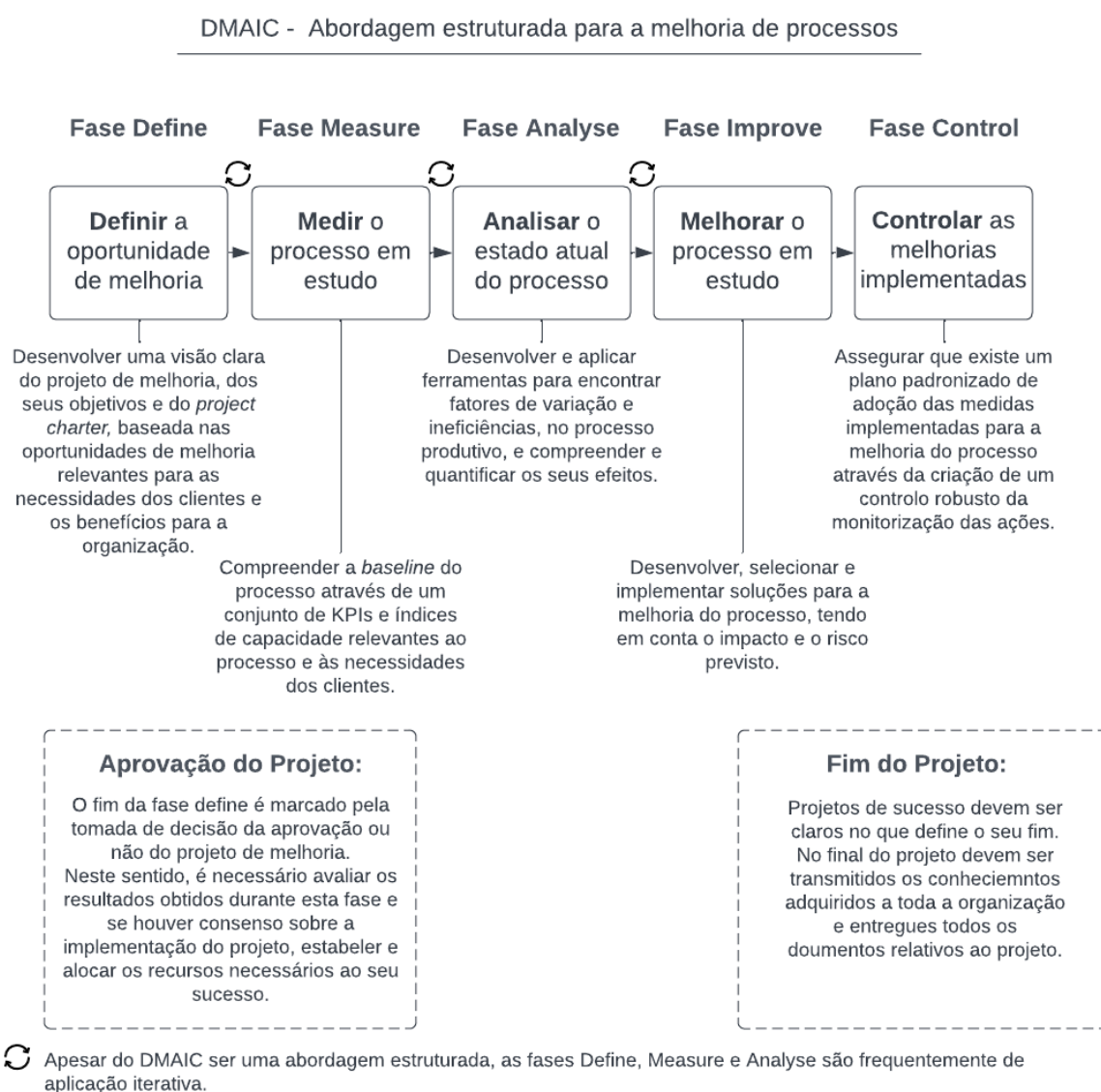


Figura 2.4. Etapa da Metodologia – Preparar, Recolher e Analisar I

A primeira fase compreende os seguintes temas:

1. A definição do tipo de dados, métodos de recolha, métodos de tratamento, métodos de análise e métodos de validação de dados;
2. O aprofundamento dos conhecimentos na área da metodologia *Lean Seis Sigma* e na sua implementação na indústria dos lacticínios; e
3. A familiarização com o contexto, limitações e regulamentações da indústria dos lacticínios.

A segunda fase compreende a implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* através da utilização do ciclo DMAIC como ferramenta de desenvolvimento. O ciclo DMAIC é composto por 5 fases: fase *Define*, fase *Measure*, fase *Analyse*, fase *Improve*, fase *Control*. A proposta de implementação desta metodologia pode ser observada na Figura 2.5.



Nota. Adaptado de "The Lean Six Sigma Black Belt Handbook Tools and Methods for Process Acceleration" de F. Voehl et al., 2014, CRC Press

Figura 2.5. Proposta de Implementação do Ciclo DMAIC

Analisar e Concluir

A última etapa da metodologia proposta, analisar e concluir, consiste numa reflexão sobre os resultados obtidos, as limitações durante o estudo de caso e possíveis trabalhos futuros.

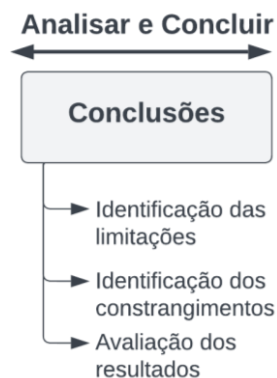


Figura 2.6. Etapa da Metodologia - Definir e concluir

2.2.2 Recolha de Dados

A fase de recolha de dados de um estudo de caso é muito mais exigente do que a das restantes metodologias, uma vez que os procedimentos de recolha de dados não são padronizados e têm de ser adaptados para cada contexto de aplicação. Para além disto, a recolha de dados neste tipo de metodologia envolve uma contínua interação entre o objeto de estudo e os dados recolhidos (Yin, 2018).

2.2.2.1 Tipos e fontes de dados

Como já referido anteriormente, em Classificação quanto à abordagem, a abordagem do presente estudo de caso é uma abordagem mista, ou seja, requer a utilização de dados quantitativos e qualitativos.

De um modo geral, de acordo com o seu método de recolha, podem ser recolhidos dois tipos de dados:

- **Dados Primários** – Dados obtidos diretamente das fontes com o intuito de responder aos objetivos da investigação.
- **Dados Secundários** – Dados obtidos de fontes já disponíveis que podem ser utilizados para alcançar os objetivos da investigação, mas que não foram especificamente recolhidos para esse efeito.

Durante a realização do presente estudo de caso ocorre a recolha tanto de dados primários como de dados secundários, sendo necessário conhecer as vantagens e desvantagens da sua utilização para melhor selecionar quais os tipos de dados que se deve recolher numa dada situação.

Tabela 2.6. Vantagens e desvantagens da utilização de dados primários e dados secundários

Dados Primários	Vantagens	Completamente adaptados às necessidades da investigação Permite a exploração de informações adicionais
	Desvantagens	Recolha de dados mais demorada. Recolha de dados mais dispendiosa. Exige conhecimento de técnicas de recolha de dados.
Dados Secundários	Vantagens	Exigem menos esforço. Economicamente viáveis. Demoram menos tempo a ser recolhidos.
	Desvantagens	Raramente se adequam completamente à investigação. Levantam questões de confiança. O período entre a recolha e publicação costuma ser longo.

A utilização combinada dos dados primários e dados secundários, permite uma poupança de tempo e recursos. Os dados primários são recolhidos, no decorrer deste estudo de caso, sempre que os dados secundários não estejam disponíveis, não existam ou não sejam fiáveis. Os dados secundários são também utilizados como dados comparativos e/ou contextuais. Esta utilização de várias fontes de dados permite melhorar a credibilidade da investigação

2.2.2.2 Técnicas e ferramentas de recolha de dados

Existem inúmeras técnicas e ferramentas/instrumentos para a recolha de dados. Na Figura 2.7, estão representadas as ferramentas mais comuns de recolha de dados e de que forma se relacionam com a fonte dos dados e com o método de análise. De um modo geral, as utilizações dos dados secundários prendem-se na recolha de dados em documentos e dados históricos, já os dados primários são, geralmente, obtidos através de questionários, entrevistas e observações (Yin, 2018).

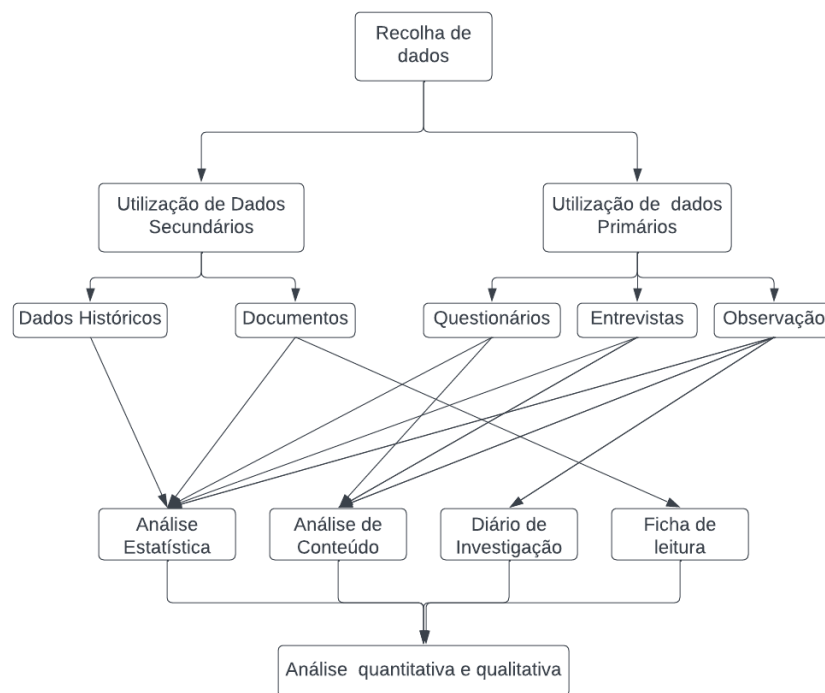


Figura 2.7. Recolha de dados - fontes, instrumentos e análises

A utilização de cada um destes instrumentos de recolha tem vantagens e desvantagens que é necessário considerar aquando da formação do plano de recolha de dados.

Tabela 2.7. Vantagens e Desvantagens dos Instrumentos de Recolha de Dados

Instrumentos de Recolha de Dados	Vantagens	Desvantagens
Documentos	Podem ser revisitados a qualquer momento. Não são criados como resultado do estudo de caso. São, tendencialmente, muito específicos. Cobrem, normalmente, um longo período de tempo.	Podem ser de difícil obtenção e de acesso restrito. Podem ser tendencialmente seletivos. Pode ocorrer enviesamento de informação.
Dados Históricos	Mesmas vantagens que os documentos. São, normalmente, precisos e de origem quantitativa.	Mesmas desvantagens que os documentos.

Nota. Adaptado de "Case Study Research and Applications - Design and Methods" de R. Yin, 2018, Sage Publications

Tabela 2.7. Vantagens e Desvantagens dos Instrumentos de Recolha de Dados (continuação)

Instrumentos de Recolha de Dados		Vantagens	Desvantagens
Entrevistas	Normalmente, focam-se em temas diretamente ligados ao estudo de caso.		Pode ocorrer reflexividade, como por exemplo, o entrevistado expressar apenas o que o entrevistador quer ouvir.
	Fornecem explicações, assim como opiniões pessoais.		Enviesamento e imprecisão devido a má articulação de questões.
Questionários	Permite escalabilidade e rapidez na obtenção de respostas.		Inadequado para obter explicações aprofundadas
	De fácil análise se contruído corretamente.		Pode ocorrer reflexividade durante o seu preenchimento.
Observações	Permite a caracterização de situações em tempo real.		Recolha bastante demorada.
	Pode abranger todo o contexto do estudo de caso.		Requer seletividade na cobertura do que se vai observar. Pode ocorrer reflexividade, como por exemplo, os participantes se comportarem de maneira diferente por estarem a ser observados. Alta utilização de recursos humanos.

Nota. Adaptado de "Case Study Research and Applications - Design and Methods" de R. Yin, 2018, Sage Publications

No presente estudo de caso, irá se recorrer à utilização de entrevistas não estruturadas, a observações diretas e à análise de documentos e dados históricos sempre que necessário.

2.2.3 Tratamento e Análise de Dados

Para o tratamento e análise dos dados recolhidos, recorre-se à utilização de dois softwares de análise de dados, o minitab e o Excel. A utilização destas duas ferramentas permite uma menor utilização de recursos e uma análise mais rápida dos dados.

2.2.3.1 Qualidade dos dados recolhidos

As condições de qualidade dos dados consistem na (Saunders et al., 2019):

- **Validade de Construto** – relacionado com o método de medição do estudo de caso;
- **Validade Interna** - relacionada com a capacidade do estudo de caso responder às questões de investigação iniciais;
- **Validade Externa** – relacionada com a capacidade de os dados obtidos poderem ser generalizados para outras situações semelhantes;

- **Fiabilidade** – relacionada com a consistência dos dados, ou seja, a sua capacidade de serem reproduzidos.

De modo a garantir as condições de qualidade dos dados recolhidos são aplicadas várias táticas em fases específicas do estudo de caso que podem ser sintetizadas na Tabela 2.8.

Tabela 2.8. Táticas utilizadas para garantir as condições de qualidade

Condição	Táticas utilizadas no estudo de caso	Fases do estudo de caso onde as táticas são utilizadas
Validade de Conceptual	Utilizar múltiplas fontes para a recolha de dados Estabelecer instrumentos para a recolha de dados. Efetuar revisões a cada fase do processo de recolha.	Recolha de dados
Validade Interna	Encontrar padrões Utilizar modelos explicativos Usar modelos lógicos	Análise de dados
Validade Externa	Utilizar fundamentos teóricos	Metodologia do estudo de caso
Fiabilidade	Utilizar protocolos de recolha de dados Desenvolver uma base de dados referentes ao estudo de caso	Recolha de dados

FUNDAMENTO TEÓRICO

A melhoria contínua é um conceito que deriva do termo japonês *Kaizen*, uma palavra composta por *Kai* (mudança) e *Zen* (para melhorar). Apesar de não existir um consenso sobre a sua definição, alguns aspetos podem ser destacados (Sanchez et al., 2014):

- A melhoria contínua é acima de tudo uma mudança da cultura empresarial que deve contar com participação de todos os colaboradores;
- A melhoria contínua deve ser um ciclo, ou seja, uma atividade constante na organização realizado ao longo do tempo;
- A melhoria contínua tem por objetivo a melhoria; assim, a organização deve concentrar-se na eliminação de desperdícios e na identificação contínua de áreas de melhoria.

O *Lean*, o *Seis Sigma* e o *Lean Seis Sigma* (LSS) são metodologias que contêm um número de diferentes técnicas, ferramentas, conceitos e filosofias, concebidas para melhorar o desempenho de uma organização, tornando-se ótimas estratégias para a aplicação de melhoria contínua (Voehl et al., 2014).

No presente capítulo é apresentado o fundamento teórico que sustenta a metodologia *Lean Seis Sigma*. São abordados os principais conceitos e princípios que sustentam as metodologias *Lean* e *Seis Sigma*, assim como os desafios à sua implementação e possíveis limitações. Posteriormente, é realizada a caracterização do *Lean Seis Sigma* enquanto metodologia, abordando-se os seus principais conceitos e princípios, as principais ferramentas, e técnicas utilizadas. Por fim é apresentada uma breve revisão literária acerca da sua aplicação na indústria alimentar, e mais especificamente na indústria dos lacticínios.

3.1 Lean

3.1.1 Conceito, origem e evolução

Lean é definido como uma filosofia ou metodologia operacional, associada a conceitos, princípios e ferramentas, que se foca na identificação e eliminação de todos os desperdícios organizacionais (Voehl et al., 2014).

Embora os princípios do *Lean* estejam enraizados na manufatura, esta filosofia operacional pode ser aplicada universalmente em qualquer organização ou indústria, daí o termo *Lean* ser muitas vezes substituído na literatura por outros semelhantes aquando da sua adaptação ao contexto de aplicação (*Lean Manufacturing*, *Lean Development*, *Lean Healthcare*, *Lean service*, entre outros). O maior desafio que se coloca à aplicação universal do *Lean* é a tradução, a adaptação, e a aplicação dos seus princípios e ferramentas a situações particulares (Dennis, 2007).

A filosofia e metodologia *Lean* tem vindo a evoluir ao longo das últimas décadas, com várias tendências e personalidades a influenciarem a sua conceção/evolução, como é possível observar na Figura 3.1. No entanto, grande parte do seu desenvolvimento pode ser associado ao *Toyota Production System* (TPS), o sistema produtivo desenvolvido na Toyota Motor Corporation.

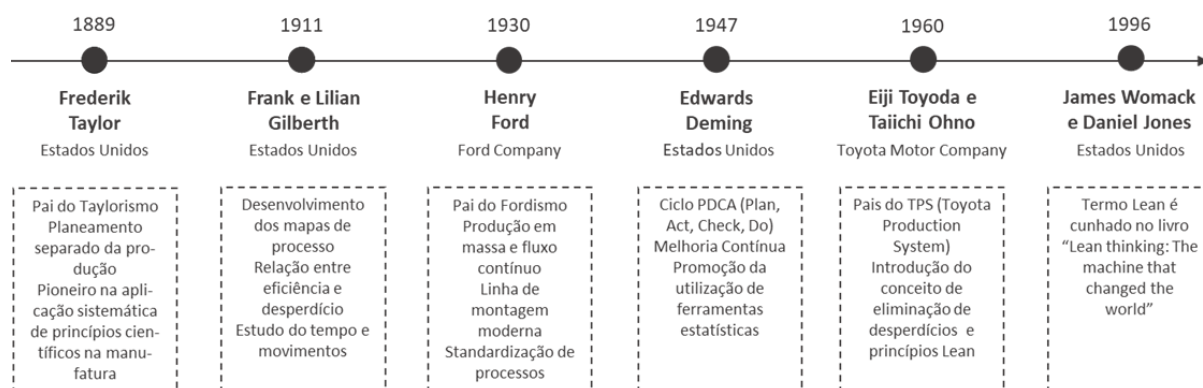
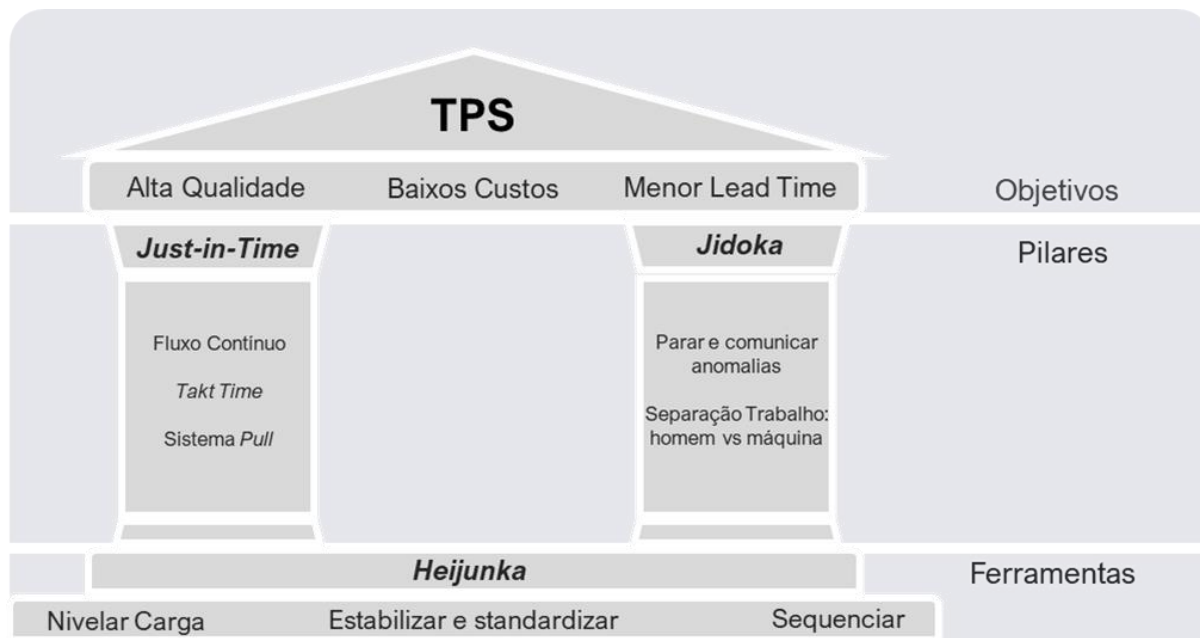


Figura 3.1. Evolução do Lean

O TPS é um sistema produtivo, desenvolvido entre 1948 e 1975 por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, que assenta na redução completa de desperdícios (Ohno et al., 1988). A abordagem deste sistema produtivo baseia-se na compreensão do processo produtivo (como é realizado o trabalho), na descoberta de formas de melhoria, na regularização de processos, e na diminuição do intervalo entre o início e fim dos processos, aplicando-se a qualquer processo independentemente da sua natureza.

A “casa” do TPS é uma representação estrutural do sistema produtivo onde estão representadas os princípios e ferramentas que sustentam este sistema, permitindo a compreensão do seu funcionamento.



Nota. Adaptado de “Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency” de A. Simboli, R. Taddeo e A. Morgante, Revista Administrative Sciences, 2014, pg.179

Figura 3.2. Casa TPS

Os objetivos do TPS de alcançar alta qualidade a baixos custos e com menor *lead time* são suportados por dois grandes pilares: *Just-in-Time* e *Jidoka*. Por sua vez, estes pilares são sustentados por uma fundação bastante estável denominada *Heijunka*.

Heijunka

Heijunka é o termo japonês que significa nivelar e que fornece a fundação para o sistema TPS. Destina-se a nivelar o tipo e a quantidade de produção reduzindo ao mesmo tempo o fabrico em *batches*, criando um processo mais eficiente. A sua aplicação permite a redução de inventários, mão de obra, custos, e tempo de produção. O conceito de *Heijunka* engloba três ideias principais (Womack et al., 2003):

- **Nivelação** do volume da produção de modo a reduzir a variação (altos, baixos, picos, entre outros) que tornam o planeamento difícil;
- **Sequenciação** da ordem de produção de modo que ao longo do tempo a produção seja homogênea;
- **Standardização** da forma como se trabalha através de processos e procedimentos padrão, de modo a reduzir variação e proporcionar estabilidade ao processo.

Just-in-Time (JIT)

Just-in-Time significa produzir o produto certo na altura certa e na quantidade certa, de acordo com a procura do mercado ou *takt time*. O seu principal objetivo é minimizar a quantidade de inventário que se possui em qualquer altura do processo produtivo, otimizando os recursos da organização. Quando este conceito é corretamente executado, ajuda a eliminar desperdícios tais como excesso de inventário, tempos de espera, excesso de movimento, e transporte (Voehl et al., 2014). Uma aplicação com sucesso desta filosofia baseia-se em três elementos essenciais:

- **Fluxo Contínuo** - conceito de produção em que os produtos são processados e deslocados, de processo em processo, uma peça de cada vez. Este modelo de produção permite maximizar a utilização dos recursos, encurtar os prazos de entrega, e a identificar problemas entre processos. A criação de um fluxo contínuo elimina desperdícios com tempos de espera, diminuindo também o custo de produção ligado aos desperdícios (Voehl et al., 2014). É o modelo de produção que mais se opõe à produção em *batches*.
- **Sistema de produção Pull** – sistema em que a movimentação do produto na cadeia logística depende da procura do cliente, ou seja, apenas há produção quando o cliente externo está a comprar e cada processo só retira o que precisa do processo anterior no momento em que precisa e na quantidade certa que precisa. Este tipo de sistema de produção diminui a necessidade de armazenamento e desperdícios com sobreprodução (Dennis, 2007).
- **Takt time** – ritmo de produção necessário para satisfazer a procura do mercado, resultante da divisão do tempo disponível de operação pela procura no mercado durante o mesmo período de tempo. O *takt time*, quando relacionado com o tempo de ciclo, ou seja, o tempo contabilizado entre a conclusão de produtos, permite determinar a capacidade do processo satisfazer a procura. O objetivo de um processo Lean é que o tempo de ciclo esteja em sintonia com o *takt time*.

Jidoka

Jidoka é um termo japonês que pode ser traduzido em autonomização. Este conceito funciona com base no princípio de que a produção é parada sempre que ocorra um defeito ou erro de modo que, até à causa do problema ser identificada e tratada, não ocorram mais defeitos ou erros de produção. *Jidoka* engloba duas ideias principais (Dennis, 2007):

- **Autonomia** permite com que os equipamentos, de forma autónoma, parem a produção caso ocorra algum erro, ou seja, automaticamente a passagem de defeitos para o próximo processo não é permitida.

- **Parar a cada anomalia** permite de modo rápido e eficaz chegar à causa raiz dos problemas evitando erros de produção futuros.

Para isto, recorre-se a 3 técnicas/ferramentas:

- **Andon** é uma ferramenta de gestão visual que pode variar em nível de complexidade, caracterizada, normalmente, por ser um conjunto sinais luminosos e/ou sonoros que sinalizam anomalias no sistema.
- **Controlos visuais** são ferramentas que auxiliam o operador na realização sequencial das atividades necessárias ao processo. Este tipo de ferramentas, para além de promoverem o fluxo contínuo de produção, eliminam muitas vezes a necessidade de procedimentos operacionais complexos (Voehl et al., 2014).
- **Poka-yoke** (*poka* significando erro accidental e *yoke* significando prevenção) são dispositivos simples de inspeção capazes de prevenir e, eventualmente, corrigir erros devido a falhas humanas, reduzindo a carga imposta aos operadores (mental e física) ligada à deteção de erros comuns que conduzem a anomalias e defeitos no processo (Dennis, 2007).

3.1.2 Princípios Lean

Womack e Jones (2003) estabelecem que uma implementação bem-sucedida da filosofia *Lean* em qualquer organização assenta em cinco princípios cíclicos fundamentais:

1. **Compreender o cliente e a sua perceção de valor** – identificar o cliente e o que na sua perspetiva adiciona valor ao produto e satisfaz as suas necessidades.
2. **Identificar e compreender o fluxo/cadeia de valor para cada processo e os desperdícios nele contidos** - a identificação, mapeamento, e análise da cadeia de valor do produto, desde os fornecedores até aos clientes finais, permite identificar quais as atividades do processo que realmente acrescentam valor, as que não acrescentam valor mas são necessárias para o processo produtivo, e as atividades que não acrescentam valor ao processo podendo ser eliminadas, eliminando, assim, também desperdícios do processo.
3. **Criar fluxo** – a criação de um fluxo contínuo de trabalho minimizando paragens e ou/re-trabalho permite a reduzir os desperdícios, melhorando a eficiência e eficácia do processo, e promovendo a diminuição do tempo de ciclo do produto.
4. **Estabelecer Pull** – envolve a criação de sistemas em que os produtos apenas são produzidos quando é necessário, ou seja, são os clientes que estabelecem o “pull” da produção dos produtos, tornando-se uma medida indicativa da capacidade de resposta da organização às necessidades dos seus clientes.

5. **Perseguir continuamente a perfeição (melhoria contínua)** - envolve trabalhar continuamente para melhorar processos, com a finalidade de eliminar desperdícios e melhorar a eficiência e eficácia, aumentando o fluxo de valor entregue ao cliente e permitindo que as organizações permaneçam competitivas.

Do mesmo modo, a aplicação da metodologia *Lean*, especialmente na manufatura, segue alguns princípios fundamentais para melhorar a eficiência e eficácia dos processos e reduzir desperdícios, que incluem (Voehl et al., 2014):

- **Inventário zero** – abordagem de gestão de inventários focada em manter o mínimo possível de inventário a todo o momento sem comprometer as operações.
- **Batch para fluxo e/ou diminuir tamanho de batches** – diminuição do tamanho de itens processados em *batches* ou até mesmo eliminar esta forma de produção em favor de um fluxo contínuo de produção.
- **Balanceamento de linhas** – otimização das atividades atribuídas aos postos de trabalho nas linhas de montagem de modo a minimizar quer o número de estações de trabalho necessárias, quer o tempo de inatividade dos operadores.
- **Tempo de espera zero** – redução dos tempos de espera de modo a diminuir os desperdícios na cadeia de valor dos processos.
- **Sistemas de controlo de produção pull em vez de push** – produzir apenas quando é necessário para satisfazer as necessidades dos clientes.
- **Layout da área de trabalho** – criação de um *layout* das áreas de trabalho que permita a criação de um fluxo contínuo de materiais e informação, minimizando o tempo e esforço necessário para o manuseamento dos *inputs* e *outputs* do processo, reduzindo os tempos de ciclo do processo, diminuindo o espaço necessário e aumentando a produtividade e qualidade do trabalho.
- **Estudo dos tempos e movimentos** – forma de localizar desperdícios e constrangimentos na cadeia de valor através da medição dos movimentos efetuados durante os processos produtivos, assim como os tempos necessários para a sua execução.
- **Reduções do tempo de ciclo** – melhoria do processo através da redução do tempo de atividades de valor não acrescentado.

3.1.3 Conceitos

3.1.3.1 Value Stream (Cadeia de Valor)

A cadeia de valor é o conjunto de atividades que ocorrem desde o pedido inicial até ao momento em que o produto é entregue e permitem a criação de valor para o cliente. Considera-se como valor tudo aquilo a que o cliente está disposto a pagar (Dennis, 2007), que cumpra os seus requisitos num determinado período de tempo e a determinado preço. A

caracterização das atividades envolvidas no processo da cadeia de valor em atividades que acrescentam, ou não, valor é de grande importância para identificação e eliminação de desperdícios, assim como a otimização do processo.

- **Atividades de Valor Acrescentado (VA)** – são todas as atividades que transformam ou modificam o produto de modo a satisfazer as necessidades do cliente, adicionando valor. A adição de valor pressupõe que o produto foi bem feito à primeira vez. Atividades que não cumpram estes requisitos são consideradas atividade de valor não acrescentado.
- **Atividades Necessárias de Valor Não Acrescentado (NNVA)** – estas atividades, para além de não contribuírem diretamente para a transformação ou modificação do produto, também não contribuem para a satisfação do cliente; no entanto, a sua eliminação leva ao aparecimento de problemas no processo, logo são atividades necessárias. Estão normalmente ligadas ao cumprimento de requisitos legais e de segurança e a ações preventivas para assegurar a qualidade do produto.
- **Atividades de Valor Não Acrescentado (NVA)** – atividades que não acrescentam qualquer valor ao produto, mas são, no entanto, uma parte intrínseca ao processo. Normalmente, estão associadas a desperdícios afetando a eficiência e eficácia do processo, e podem até mesmo levar à desistência do cliente.

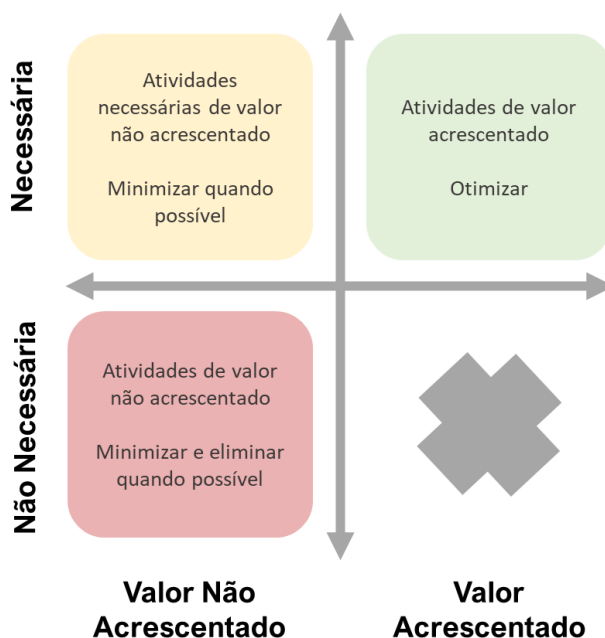


Figura 3.3. Matriz de identificação de atividades VA, NVA e NNVA.

3.1.3.2 Muda, Muri e Mura – identificação e eliminação de desperdícios

Considera-se desperdício como o oposto de valor, ou seja, é tudo a que o cliente não está disposto a pagar. De acordo com os bases do *Lean*, o desperdício é reconhecido como todos

os fatores que não permitem a uma organização ter um sistema perfeitamente eficiente e eficaz de produção de um produto ou serviço (Pienkowski, 2014). A identificação e eliminação de desperdícios é um dos conceitos fundamentais da metodologia *Lean*. Enquanto que é necessário saber aplicar conceitos e ferramentas *Lean* para a eliminação de desperdícios, para a identificação de desperdícios é necessário compreender como e de que forma ocorre o desperdício.

O Lean reconhece três tipos principais de fontes de desperdício: *Muda*, *Muri* e *Mura*; que estão intimamente interligadas entre si.

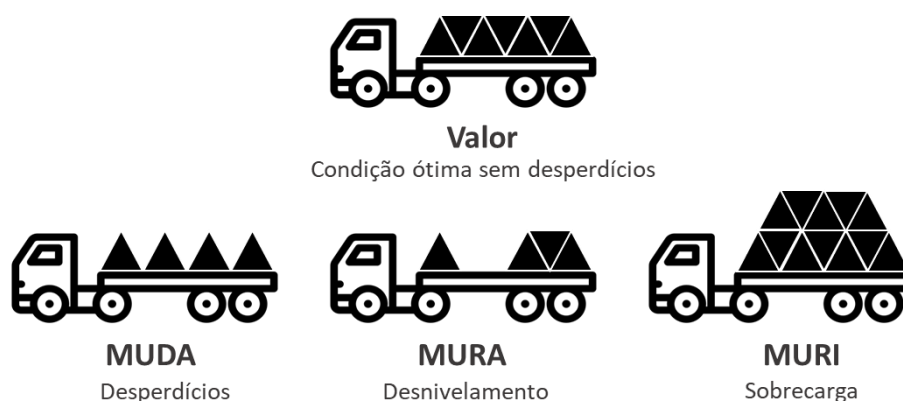


Figura 3.4. Representação das 3 fontes de desperdício: *Mura*, *Muri* e *Muda*

Muda é um termo japonês que significa desperdício ou inutilidade. Esta fonte de desperdício refere-se à utilização de recursos (humanos, financeiros, temporais, entre outros) em atividades desnecessárias que não acrescentam valor para o cliente. Tradicionalmente, são identificados sete tipos de *Muda*/desperdícios (Ohno et al., 1988):

- **Sobreprodução** – produzir mais do que é necessário e/ou antes de ser necessário em relação à procura atual. Normalmente, este tipo de desperdício está ligado à produção em massa para maximização da eficiência de recursos (equipamentos e mão-de-obra). Dos piores tipos de *Muda*, uma vez que, para além de mascarar problemas e aumentar custos “escondidos”, contribui ativamente para o aparecimento dos restantes tipos de *Muda*.
- **Espera** – corresponde a desperdícios devido a períodos de inatividade de produtos, processos, equipamentos ou operadores. Ocorrem, geralmente, quando existe acumulação de *WIP* (*Work In Progress* – Trabalho em progresso), defeitos que requerem retrabalho, ou problemas no processo a jusante. Este tipo de desperdício origina fluxos irregulares e de baixa produtividade, levando ao aumento do *lead time*.
- **Transporte** – movimentação desnecessária de produtos e materiais entre áreas de processamento e armazenamento através de, por exemplo, operadores e/ou transportadores de correia. Este tipo de desperdício deriva, normalmente, de grandes quantidades de produtos e materiais a serem movimentadas, de *layouts* ineficientes,

e de equipamentos excessivamente grandes relativamente ao espaço de trabalho. Apesar de, geralmente, este tipo de desperdício estar associado a atividades de valor não acrescentado, é um *Muda* necessário, uma vez que os produtos e materiais têm de alguma forma ser transportados, logo estas atividades não podem ser eliminadas, mas devem ser, sempre que possível, minimizadas.

- **Sobreprocessamento** – operações adicionais que não adicionam valor ao produto. Normalmente, derivam da utilização incorreta de recursos (equipamentos, ferramentas, entre outros) ou de processos complexos e/ou incorretos.
- **Inventários** – corresponde a matérias-primas, WIP e produto acabado que não se encontra em processamento. Resulta da falta de sincronismo entre a produção e o mercado, representando uma segurança contrarruturas de *stock* devido a volatilidades da procura do fornecimento. Este tipo de desperdício pode ainda contribuir para o aumento de desperdícios devido ao sobreprocessamento, à espera, e aos defeitos.
- **Movimentações** – corresponde à movimentação desnecessária de equipamentos ou operadores, no espaço ou entre postos de trabalho, para a realização de tarefas. Este tipo de desperdício está, geralmente, conectado à ergonomia dos postos de trabalho e desorganização do espaço.
- **Defeitos** – desperdícios relacionados com a falta de conformidade da matéria-prima, semiacabado e produto acabado, que levam a atividades de retrabalho para restituir o produto ao nível de conformidade aceitável ou à rejeição do produto, originando desperdício de matéria-prima, produto e mão-de-obra. Este tipo de desperdício tem por origem, normalmente, problemas durante o processo, ou seja, falhas ou ineficiências de equipamentos, materiais, ou mão-de-obra, que estão intimamente ligados ao custo com a qualidade e levam à adição de tarefas desnecessárias.

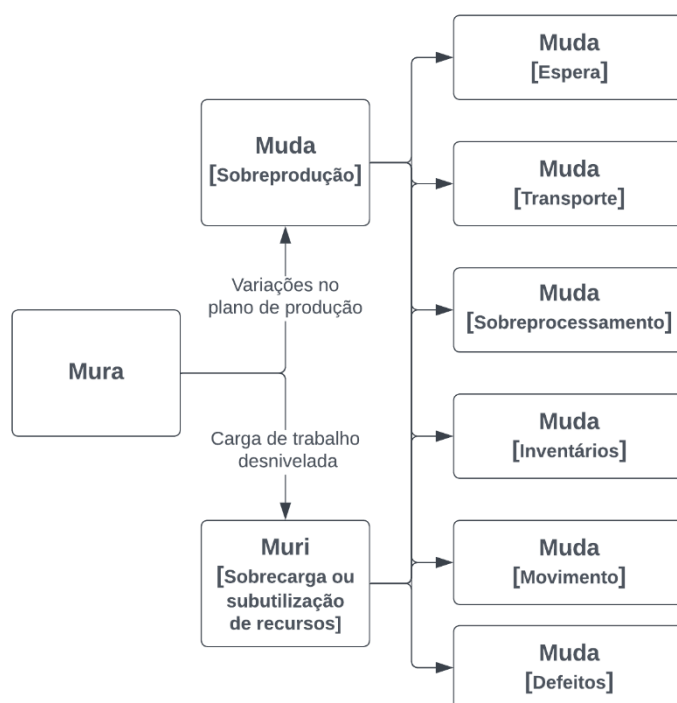
Womack e Jones (2003) identificam um oitavo desperdício, o **desaproveitamento de talento**, isto é, não utilizar as competências, o conhecimento ou o talento da mão de obra de forma otimizada. Este tipo de desperdício leva à perda de oportunidades de melhoria, uma vez que impede a partilha de conhecimento e ideias, e culmina numa mão-de-obra frustrada.

Muri significa imoderação ou sobrecarga. Esta fonte de desperdício prende-se com o sobrecarregamento de instalações, equipamentos, e recursos humanos, ou seja, a sua utilização acima da sua capacidade. No entanto, esta fonte de desperdício pode também ser caracterizada pela subutilização de recursos, dando origem a longos períodos de inatividade (*Muda*) (Pienkowski, 2014). A sobrecarga provoca stress nos operadores e equipamentos, diminuindo a sua performance ao longo do tempo e aumentando a taxa de avarias dos equipamentos e as taxas de absentismo dos operadores. *Muri* origina problemas a nível da ergonomia e segurança dos operadores, assim como da conformidade dos produtos (Liker, 2004). Geralmente,

as principais causas de *Muri* são as variações no volume de produção (*Mura*), a falta de standardização do processo/trabalho e a organização ineficiente do espaço de trabalho (Pienkowski, 2014).

Mura pode ser traduzido como desnível, falta de uniformidade ou variação. Esta fonte de desperdício está ligada a problemas de flexibilidade de produção, nomeadamente, variações no plano de produção e a desnivelamento da carga de trabalho, resultantes muitas vezes de pequenas variações a jusante da cadeia de valor que implicam grandes mudanças no volume de produção a montante (efeito chicote ou *bullwhip*).

A eliminação de *Mura* é dos principais desafios na implementação com sucesso do *Lean*, uma vez que está na base do aparecimento de *Muri* e *Muda*.



Nota. Adaptado de "Waste Measurement Techniques for Lean Companies" de M. Pienkowski, 2014, International Journal of Lean Six Sigma

Figura 3.5. Relação entre Mura, Muri e Muda

A variação do volume de produção (*Mura*) provoca a alternância entre períodos de sobrecarga e subutilização de recursos, o que leva à criação de *Muri* e *Muda* (sobreprodução). Esta variação resulta em tempos de paragem, erros de produção, e esperas, originado ainda mais desperdícios (*Muda*). A base de eliminação destas fontes de desperdício assenta no *heijunka*, que, ao eliminar *Mura*, elimina por sua vez *Muri* e *Muda*.

3.1.4 Desafios e Limitações de Implementação à Manufatura

Embora existam inúmeras vantagens na aplicação do *Lean*, desde a simplificação de processos, à minimização de inventários, à eliminação de desperdícios, ao aumento da velocidade de produção e à melhoria do fluxo, a sua implementação não é isenta de desafios e limitações.

A implementação dos princípios *Lean* requer a transformação de vários processos na organização, o que pode levar ao aparecimento de vários desafios à sua aplicação:

- A **falta de suporte/resistência da gestão de topo** (resultante muitas vezes da falta de clareza dos benefícios associados à implementação do *Lean*, de resistência face à mudança, da interferência com interesses próprios, e da falta de conhecimentos na área) é um dos principais desafios que levam ao insucesso da implementação do *Lean* (Jadhav et al., 2014), uma vez que resultam num nível baixo de empenho por parte de toda a organização.
- A **resistência dos trabalhadores à mudança** e adoção de novos procedimentos e métodos, devido a muitas vezes se associar *Lean* com demissões, já que esta metodologia se foca na eliminação de atividades de valor não acrescentado (Arnheiter et al., 2005), dificulta a implementação do *Lean*. Assim, a mudança de mentalidades, aquando da aplicação do *Lean*, torna-se essencial para o seu sucesso.
- A implementação do *Lean* requer a utilização de vários recursos (como tempo, dinheiro e mão de obra). A **falta de recursos**, ou a má alocação dos mesmos, é uma das mais comuns barreiras à implementação do *Lean*. A falta de recursos financeiros, ou a resistência ao investimento, afeta não só grandes investimentos como mudanças de layout, mas também pequenos investimentos como a formação dos trabalhadores em temáticas relacionadas com *Lean* e a contratação de consultores (Rymaszewska, 2014). A falta de elementos qualificados na aplicação da metodologia *Lean* associada à falta de tempo destes elementos dificulta ainda mais a implementação (Dora et al., 2016).
- A cultura de uma organização representa um conjunto de normas, comportamentos, e valores que todos os seus elementos partilham. A implementação do *Lean*, para além de envolver a transformação de processos, requer uma **mudança cultural** das organizações, desde a maneira de pensar até à forma como a comunicação é realizada (Dora et al., 2016), o que é, muitas das vezes, muito difícil de alcançar.
- A **falta de prémios, remunerações e/ou incentivos** ligados à melhoria é, por vezes, um dos desafios à implementação *Lean*, uma vez que pode levar à desmotivação dos colaboradores (Dora et al., 2016).
- A **falta de competências e formação** dos colaboradores em temáticas relacionadas com *Lean* é uma das principais barreiras que limitam e dificultam a implementação do *Lean* numa organização (AlManei et al., 2017).

- **Problemas com equipamentos e layouts de fábricas** geram grandes desafios à implementação do *Lean*, que requer *layouts* flexíveis para a minimização de desperdícios e equipamentos eficientes e fiáveis (Jadhav et al., 2014).

A aplicação dos princípios *Lean* é também limitada por vários fatores:

- Enquanto metodologia, o *Lean* **carece de ferramentas estatísticas** para o controlo e monitorização da variação do processo (Werkema, 2011). A falta de uma abordagem estruturada baseada em dados para a melhoria dos processos (identificação, controlo, e monitorização sistemática de problemas a resolver) limita a implementação da metodologia *Lean*, uma vez que a torna menos precisa e exata (Garza-Reyes, 2015).
- Um processo *Lean* em fase de implementação pode se tornar lento a reagir a novas condições de procura, ou seja, devido aos princípios em que se baseia (JIT) é pouco flexível à escalabilidade ou adaptação da produção, devido a mudanças bruscas de procura. Logo, a sua aplicabilidade é mais limitada em indústrias com procuras instáveis em que apenas se pode calcular um pseudovalor do *takt time* (Wilson, 2009). No entanto, um sistema *Lean* bem desenhado, apesar de ser difícil de alcançar, permite uma resposta imediata à variação de procura no mercado (Jadhav et al., 2014).
- A aplicabilidade universal da metodologia *Lean* é dúbia, ou seja, não possui o mesmo nível de aplicabilidade para todo o tipo de indústrias. A aplicabilidade da metodologia em indústrias de processos contínuos (da qual é exemplo a indústria alimentar) é muito menor do que a aplicabilidade em indústrias de manufatura descritiva, uma vez que é muito mais difícil eliminar a produção em *batches* (Wilson, 2009), constituindo mais uma das limitações da implementação do *Lean*.
- A natureza dos processos, assim como a natureza dos produtos, também limita a implementação do *Lean*. Processos complexos podem ser difíceis de alterar ou resistentes à aplicação de princípios *Lean* (Wilson, 2009); quando agregados à falta/resistência ao investimento, tornam-se uma grande limitação na implementação do *Lean*.
- Uma grande percentagem dos custos de produção está concentrada nos fornecedores; assim, para uma implementação *Lean* é também essencial ter uma cadeia de abastecimento *Lean* (Jadhav et al., 2014). No entanto, em cadeias de abastecimento muito complexas, em que a organização não tem influência sobre os seus fornecedores, é muito difícil alcançar o estado desejado, logo a implementação do *Lean* é limitada por este facto.

3.2 Seis Sigma

3.2.1 Conceito, origem e evolução

O conceito de Seis Sigma tem vindo a evoluir ao longo das últimas décadas, sincronicamente com o conceito de qualidade, sendo que estes conceitos estão intrinsecamente ligados, como é possível observar na Figura 3.6.

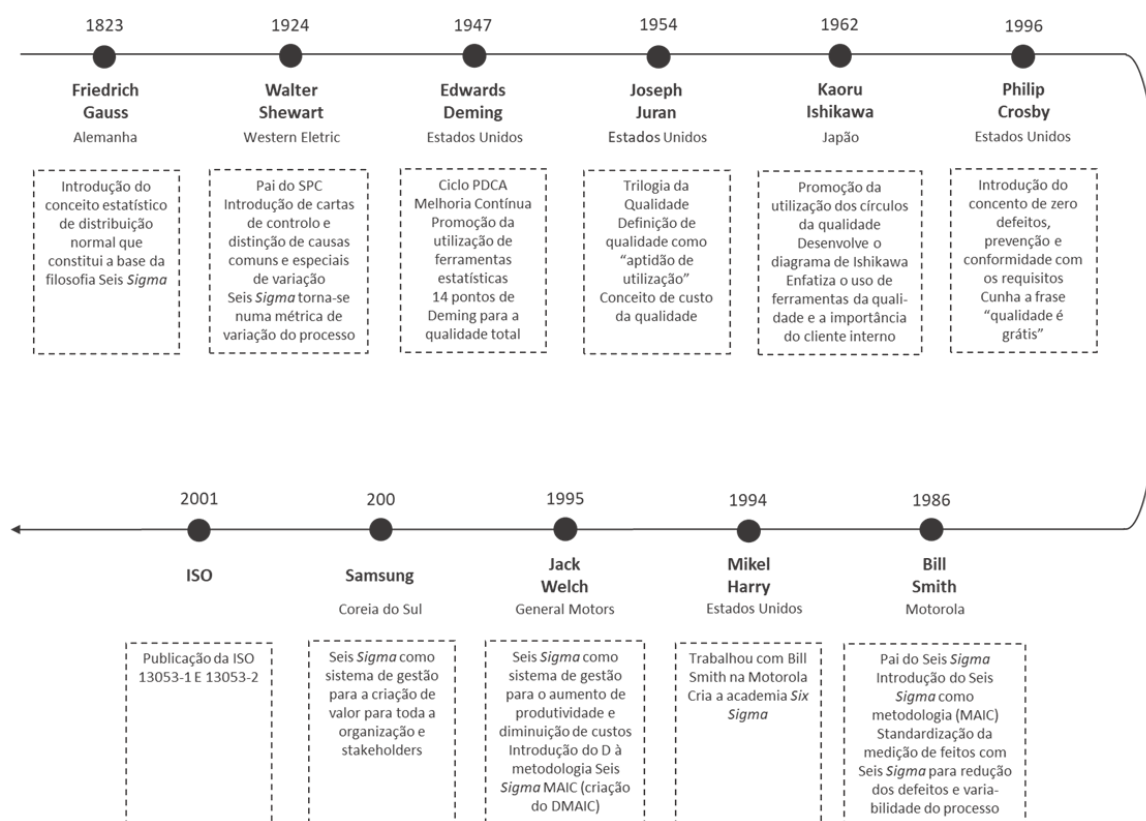


Figura 3.6. Evolução do Seis Sigma

Na década de oitenta, o termo Seis Sigma foi cunhado pela Motorola para designar o processo de gestão e melhoria contínua da qualidade. O seu principal foco é a minimização de defeitos através da redução da variabilidade do processo. Centra-se em resultados críticos para os clientes, e justifica a necessidade de melhorias através da demonstração de um claro retorno financeiro para a organização (Evans et al., 2014), tornando-se na primeira iniciativa de melhoria contínua que associa um certo nível de investimento a um retorno financeiro tangível (George, 2002).

Durante a década de noventa, o Seis Sigma foi popularizado pela General Electric como um sistema integrado de gestão da qualidade.

Atualmente, na literatura não existe um consenso na definição do conceito de Seis *Sigma*; no entanto, destacam-se duas perspectivas: Seis *Sigma* como métrica de desempenho, baseada em erros ou defeitos, e como metodologia de melhoria contínua.

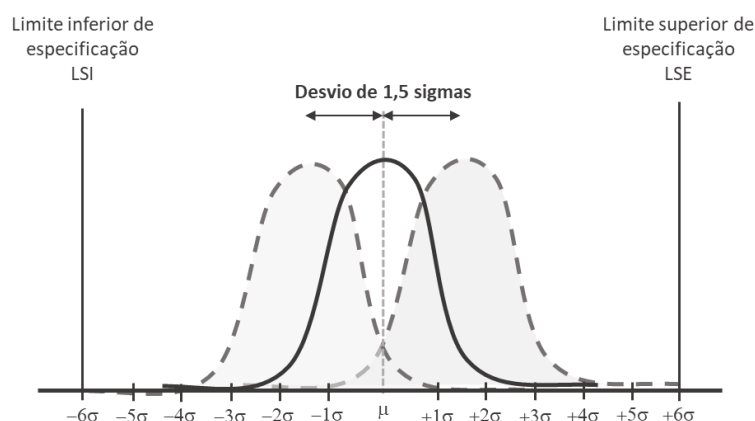
3.2.2 Métrica Seis *Sigma*

Sigma (σ) é uma letra de origem grega utilizada na estatística para denominar o desvio padrão de um determinado conjunto de dados. O desvio padrão é uma medida estatística de dispersão/variação de um conjunto de dados face à sua média (μ). Um desvio padrão de baixo valor indica uma maior proximidade dos dados do conjunto à medida de tendência central, enquanto que valores mais elevados indicam que os valores do conjunto de dados estão mais dispersos face à medida de tendência central.

Assumindo que um processo pode ser descrito pela distribuição normal, a distância entre um qualquer valor e o valor central do processo pode ser descrito em *sigma* unidades (Brue et al., 2005).

As especificações do produto, estabelecidas pelo cliente, determinam intervalos de aceitação à volta de valores alvo definidos (valor nominal de especificação), ou seja, valores máximos e mínimos de forma a cumprir os requisitos de qualidade (limites de especificação). Um produto é classificado como defeituoso se a característica da qualidade estiver fora dos limites de especificação estabelecidos.

O nível *sigma* é uma medida estatística de variabilidade num processo. Quantas mais unidades *sigma* permanecerem dentro do intervalo de aceitação definido, maior é o nível *sigma* do processo, e menor é a probabilidade de o output do processo ser considerado defeituoso (Chiarini, 2012). Assim, utilizando a distribuição normal como modelo para a característica da qualidade, a probabilidade de ocorrência de defeitos pode ser diretamente ligada a um nível *sigma* (Montgomery, 2019). Na prática, a maioria dos processos está sujeito a perturbações, pelo que é praticamente impossível encontrar valores de tendências centrais sem qualquer deslocação (Pavletić et al., 2002). Deste modo, considerou-se aceitável que o processo esteja sujeito até $1,5 \sigma$ de desvio do valor central (Figura 3.7) (Montgomery, 2019).



Nota. Adaptado de "Introduction to Statistical Quality Control" de Montgomery, 2019, Wiley

Figura 3.7. Nível Seis *Sigma* de Performance para um Processo Estável

Tendo em conta o desvio considerado, a correlação entre nível *sigma* do processo, DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidade) e Rendimento encontra-se apresentada na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Correlação entre nível *sigma* de um processo, DPMO e rendimento

Nível <i>Sigma</i>	DPMO	Rendimento
6 sigma	3,4	99,999998 %
5 sigma	230	99,999943 %
4 sigma	6 200	99,9937 %
3 sigma	67 000	99,73 %
2 sigma	310 000	95,45 %
1 sigma	700 000	68,27 %

Assim, o termo seis *sigma* baseia-se numa medida estatística que equivale a ocorrerem apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades.

Enquanto métrica, o objetivo do Seis *Sigma* é alcançar um nível de qualidade em que a probabilidade de ocorrência de defeitos é extremamente improvável, ou seja, a variabilidade operacional é tão baixa que praticamente tudo o que é produzido está dentro das especificações. Contudo a maioria das empresas considera aceitável trabalhar a 3 e 4 *sigma* (Pavletić et al., 2002).

3.2.2.1 Seis *Sigma* e o Custo da Qualidade

O Seis *Sigma* enquanto métrica está intrinsecamente relacionado com o custo da qualidade. O nível *sigma* nada mais representa do que uma taxa de erro no processo e a correção de erros envolve elevados gastos financeiros (Pyzdek et al., 2010).

Os custos da qualidade estão associados à garantia da qualidade do produto, isto é, ao cumprimento dos requisitos de qualidade estabelecidos pelo cliente. Os principais custos de

qualidade podem ser agrupados em quatro categorias diferentes descritos e exemplificados na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Principais categorias dos custos de qualidade

Custos da Qualidade	Descrição	Principais Exemplos
Custos de prevenção	Custos relacionados com a prevenção da ocorrência de defeitos ou falhas.	Formação Planeamento da Qualidade Controlo do Processo Planeamento do Processo
Custos de avaliação	Custos relacionados com avaliação e inspeção dos materiais.	Inspeções Verificações de qualidade Equipamentos de teste
Custos de falha interna	Custos relacionados com correção de defeitos ou falhas antes da entrega ao cliente.	Desperdícios Retrabalho
Custos de falha externa	Custos relacionados com correção de defeitos ou falhas após a entrega ao cliente.	Perda de clientes Custo da garantia Devoluções

Contudo, os custos da qualidade não se limitam apenas a estas categorias de custos diretos. Perdas de produtividade e eficiência ocorrem também devido a falhas e têm um impacto direto nos custos de falha interna e externa, devido ao aumento de reprocessamento, devoluções, reclamações, entre outros.

A tentativa de alcançar um nível *sigma* elevado, leva, por sua vez, à diminuição e eliminação de erros e falhas nos processos, e uma redução significativa dos custos associados.

3.2.3 Metodologia Seis Sigma – Ciclo DMAIC

A metodologia Seis Sigma consiste numa abordagem disciplinada, sistemática e quantitativa, para a melhoria dos processos – o ciclo DMAIC. Tem por objetivo o aumento da satisfação do cliente através da eliminação de defeitos e redução da variabilidade. Esta metodologia estimula o processo de seleção de projetos com base no seu potencial para melhorar os indicadores de desempenho e a identificação e formação da equipa certa para obter os resultados financeiros pretendidos (Hahn et al., 1999). A aplicação do ciclo DMAIC é recomendada quando a causa do problema é desconhecida ou pouco clara e existe a possibilidade de benefícios financeiros significativos (Mehrjerdi, 2011). O ciclo DMAIC é aplicado em cinco fases diferentes:

- **Fase Define** – etapa de definição dos objetivos e delimitação do projeto, assim como identificação dos problemas identificados.
- **Fase Measure** – medição da situação atual do processo através da recolha de dados relativos à *baseline* do processo.

- **Fase *Analyse*** – análise do processo de modo a identificar lacunas entre o desempenho atual do processo e o desempenho desejado.
- **Fase *Improve*** – implementação de ações de melhoria de modo a resolver os problemas identificados durante a fase anterior.
- **Fase *Control*** – através da monitorização e controlo assegurar que as melhorias implementadas são sustentáveis a longo prazo.

O DMAIC engloba uma grande variedade de atividades, métodos, técnicas e ferramentas estatísticos e de melhoria de processos que se encontram sumariadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3. Principais Atividades, Métodos, Técnicas e Ferramentas mais Utilizadas em cada Fase do DMAIC

Fase	Principais Atividades	Métodos, Técnicas e Ferramentas mais utilizadas
<i>Define</i>	Identificar problemas ou potenciais projetos	<i>Project Charter</i>
	Compreender a voz do cliente e os seus requisitos (CTQs)	Mapas de processo (fluxograma, SIPOC, mapa de atividades)
	Definição do projeto, objetivos e benefícios	VOC
	Identificação da equipa	CTQ
<i>Measure</i>	Definição das métricas e método de recolha de dados	Plano de recolha de dados
	Mapeamento detalhado do processo	Cartas de Controlo
	Determinação da <i>baseline</i> do processo	<i>Boxplots</i>
		Histogramas
		Estudo de Capacidade
<i>Analyse</i>		Mapa de Processos (VSM)
		Nível Sigma
		Histograma
		Pareto
		Diagrama de Ishikawa
	Identificação de variações e desperdícios no processo	5 <i>Whys</i>
	Identificação de fontes de variação	Análise Estatística
	Determinação das causas raiz de variação	Gráfico de efeitos principais
		Gráfico de interações
		<i>Brainstorming</i>
		FMEA
		Teste de hipóteses

Tabela 3.3. Principais Atividades, Métodos, Técnicas e Ferramentas mais Utilizadas em cada Fase do DMAIC (continuação)

Fase	Principais Atividades	Métodos, Técnicas e Ferramentas mais utilizadas
<i>Improve</i>	Identificação de ações de melhoria para resolução das causas raiz de variação	Método AHP
	Priorização das ações de melhoria	5W2H
	Estudo das soluções de melhoria a implementar	<i>Brainstorming</i>
	Elaboração do plano de implementação	<i>Poka Yoke</i>
		Desenho de Experiências
<i>Control</i>	Elaboração e implementação do plano de controlo e monitorização	Teste de hipótese
		Plano de controlo e monitorização
	Revisão e acompanhamento das métricas	Cartas de Controlo
		Índices de Capacidade

3.2.3.1 VOC e CTQ

A ferramenta VOC (*Voice of Customer* – voz do cliente) é na realidade um termo genérico que inclui ferramentas específicas, tais como questionários, entrevistas, reclamações, entre outras; de modo a traduzir a voz do cliente em necessidades e requisitos (Tague, 2005), ou seja, em características do processo ou produto (especificações) que aumentem a satisfação do cliente. As características do processo ou produto consideradas como críticas para a perceção de qualidade dos clientes, obtidas através do VOC, são denominadas de CTQs (*Critical to Quality* – crítico para a qualidade). As características CTQ são tipicamente apresentadas sobre a forma de um gráfico de árvore com vários níveis, dependendo da complexidade do produto, em que as características intermédias são apelidadas de fatores de qualidade. O conceito de crítico para a qualidade é um tema central dos projetos Seis *Sigma*, uma vez que as metas do projeto deverão ir ao encontro da melhoria das características CTQ e que as métricas de projeto devem ser baseadas na mensurabilidade destas características (Figura 3.8).

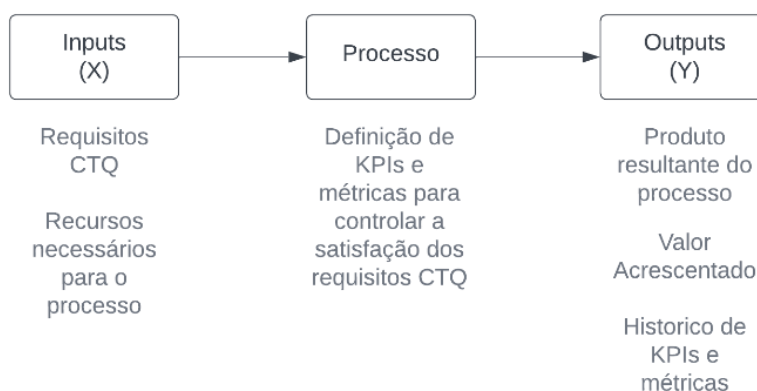


Figura 3.8. Relação entre Requisitos CTQ, Métricas e o Processo

3.2.3.2 Project Charter

O *Project Charter* (Declaração de Projeto) é um documento que autoriza e define um projeto de melhoria, tornando-se numa ferramenta de planeamento e comunicação muito efetiva na fase inicial de qualquer projeto (McKeever, 2006). O seu principal objetivo é ser utilizado como um guia de referência para o projeto, comunicando de forma clara: o que é o projeto; como vai ser executado; as responsabilidades e papéis dos intervenientes no projeto; e o cronograma do projeto.

Geralmente, este documento contém, mas não é restringido a:

- Nome do projeto;
- Propósito do projeto;
- Âmbito do projeto;
- Objetivos e metas a atingir;
- Papéis e responsabilidades da equipa;
- Restrições e pressupostos de implementação;
- Dados históricos;
- Cronograma de implementação.

3.2.3.3 Estudo da Capacidade

Qualquer processo está sujeito a uma variação que pode ser estimada através de um estudo de capacidade do processo. Os índices de capacidade permitem avaliar se o processo é capaz de produzir um determinado produto face à especificação técnica e funcional (Requeijo & Pereira, 2012). De modo a obter uma estimativa significativa da capacidade do processo, este deve estar sob controlo estatístico, ou seja, é necessário que se verifique estabilidade no processo para a estimação da média e o desvio padrão, assim como a ausência de causas especiais de variação. O índice de capacidade C_p (Índice de Capacidade Potencial), que mede a capacidade de processos centrados, é calculado através da equação (3.1) com base no limite superior de especificação (LSE) e limite inferior de especificação (LIE).

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma_s} \quad (3.1)$$

O índice de capacidade C_{pk} (índice de capacidade efetiva), que mede a capacidade do processo tendo em conta a dispersão e a localização da média, é calculado através da equação (3.2).

$$C_{pk} = \min\left(\frac{\mu - LIE}{3\sigma_s}, \frac{LSE - \mu}{3\sigma_s}\right) \quad (3.2)$$

A média do processo, μ , é estimada com base na média das médias amostrais, $\bar{\bar{X}}$.

O desvio padrão *short-term* ou dentro dos subgrupos, σ_s , para variáveis contínuas é, geralmente, obtido através da estimativa agrupada da variação dentro dos subgrupos racionais (Rudisill et al., 2008).

A formulação dos índices C_p e C_{pk} pressupõem a normalidade, estabilidade e independência dos dados.

Quando o valor de C_p e C_{pk} é equivalente, pode-se concluir que o processo em estudo é centrado.

De um modo geral, o valor de C_p indica a capacidade do processo de acordo com a Tabela 3.4.

Tabela 3.4. Intervalos de referência para capacidade do processo

C_p	DPMO	Processo
$C_p < 1$	> 2700	Processo incapaz
$1,33 \geq C_p \geq 1$	64 a 2700	Processo aceitável
$C_p \geq 1,33$	< 64	Processo potencialmente capaz

Nota. Adaptado de "Introduction to Statistical Quality Control" de Montgomery, Wiley, 2019

3.2.3.3.1 Índices de Performance

Em muitos dos processos, a não normalidade é uma característica intrínseca ao processo, e, infelizmente, o estudo da capacidade do processo é sensível a desvios da normalidade; o pressuposto da normalidade é crítico quando se atribui um nível de probabilidade às caudas da distribuição de dados (Porter & Oakland, 1991).

Na presença de dados não normais, é habitual transformar os dados de modo a obter uma distribuição da normalidade aproximada; no entanto, em muitos casos, o pressuposto não é válido e a transformação de dados faz com que ocorra muita perda de informação.

Os requisitos de aplicação e índices de capacidade apresentam grandes problemas para muitas indústrias (Porter & Oakland, 1991).

Os índices de desempenho de processo medem a capacidade de desempenho real do processo tendo em conta a variabilidade a longo prazo do processo.

As fórmulas dos índices de performance (3.3) e (3.4) são idênticas aos dos índices de capacidade, com exceção do estimador de variabilidade (desvio padrão). A avaliação da performance não necessita que o processo esteja sob controlo estatístico durante o período de avaliação, apenas que a tolerância natural do processo seja de $\pm 3\sigma$ (Porter & Oakland, 1991).

$$P_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma_l} \quad (3.3)$$

$$P_{pk} = \min\left(\frac{\mu - LIE}{3\sigma_l}, \frac{LSE - \mu}{3\sigma_l}\right) \quad (3.4)$$

A média do processo, μ , é estimada da mesma forma que para os índices de capacidade. Já o desvio padrão *long-term* ou global, σ_l , é estimado através do cálculo do desvio padrão amostral de todos os dados obtidos durante o período de tempo representativo (Rudisill & Litteral, 2008).

Os índices de performance/desempenho são sempre inferiores aos índices de capacidade, devido à presença de causas especiais de variação.

De um modo geral, um processo com P_p superior a 1,67 é considerado um processo cuja performance cumpre os requisitos do cliente (Steiner et al., 1998).

3.2.4 Críticas e Limitações

Embora a implementação do Seis *Sigma* traga inúmeros benefícios para as organizações, a sua implementação não está livre de críticas e limitações, tais como:

- Ser uma metodologia que não adota uma abordagem suficientemente preventiva e proativa dos problemas, sendo apenas mais um sistema de avaliação ou de ações corretivas – a metodologia é geralmente implementada numa vertente de filosofia em vez de uma metodologia de resolução de problemas (Sony et al., 2020).
- Sucesso de implementação depende da adoção de cultura organizacional.
- Ser aceitável assumir um desvio de $1,5\sigma$ na média – introduz descredibilidade na métrica, uma vez que transparece que o desvio padrão pode ser arbitrariamente modificado para a conveniência do utilizador (Ramberg, 2000).
- A maioria dos processos não são estáveis e os dados não são normalmente distribuídos – enquanto que a normalidade dos dados é um pressuposto que pode ser facilmente contornável pela utilização de outros modelos que descrevam mais apropriadamente o processo, a estabilidade do processo é um requisito que muitos processos industriais não cumprem e para os quais não têm sido direccionados esforços suficientes para a sua resolução (Ramberg, 2000).
- A falta de suporte/resistência da gestão de topo – principal fator que leva ao insucesso da implementação do Seis *Sigma* (Ramberg, 2000).
- Nem todos os problemas exigem soluções para causas raiz – no setor industrial, muitos dos problemas emergentes no dia a dia não têm por base causas raiz e representam apenas pequenos desvios no processo que podem ser facilmente corrigidos, repondo as condições originais do processo (Stamatis, 2005).
- Alta taxa de falha – como todas as iniciativas de melhoria, o Seis *Sigma* tem uma alta percentagem de falha (cerca de 60%) (Albliwi et al., 2014), especialmente quando não são criadas medidas para garantir a sustentabilidade das ações de melhoria a

longo prazo, o que faz com que a gestão de topo tenha tendência a não apoiar e até mesmo abandonar os projetos de melhoria *Seis Sigma*.

- Custo inicial de implementação muito alto – o custo inicial com a cultura organizacional e formação é muito elevado comparativamente aos benefícios iniciais (Sony et al., 2020).
- Alta taxa de esforço com benefícios mínimos – devido a ser uma metodologia extremamente baseada em dados e análise estatística, os esforços de implementação são muito elevados, assim como os custos relacionados com recursos e documentação que, na sua maioria, não compensam os benefícios adquiridos (Sony et al., 2020).
- Metodologia estruturada prejudica inovação – muitas das organizações que implementam o *Seis Sigma* focam-se em abordagens estatísticas do processo, ignorando a abordagem generalizada de melhoria, o que, por sua vez, leva a que a longo-prazo a inovação não seja uma das prioridades da organização.
- Variação como único objetivo de implementação – muitas das organizações focam-se maioritariamente na diminuição da variação de processos, ignorando a necessidade de crescimento para se manterem relevantes no mercado.
- Metodologia pouco revolucionária – metodologia com poucos aspetos diferenciadores face a metodologias já existentes e em que a qualidade é discutida, mas não interiorizada (aposta em ações corretivas em vez de preventivas) (Stamatis, 2005).
- Falta de padronização na formação – não existe um consenso nos temas abordados no currículo de formação em *Seis Sigma*, assim como em critérios de certificação.

3.3 Lean Seis Sigma

O *Lean Seis Sigma* é uma metodologia de melhoria de processos que combina duas das metodologias de melhoria contínua mais populares: o *Lean*, e o *Seis Sigma*. Esta combinação ocorre com a combinação dos métodos *Lean* e a abordagem do *Seis Sigma* (Figura 3.9).

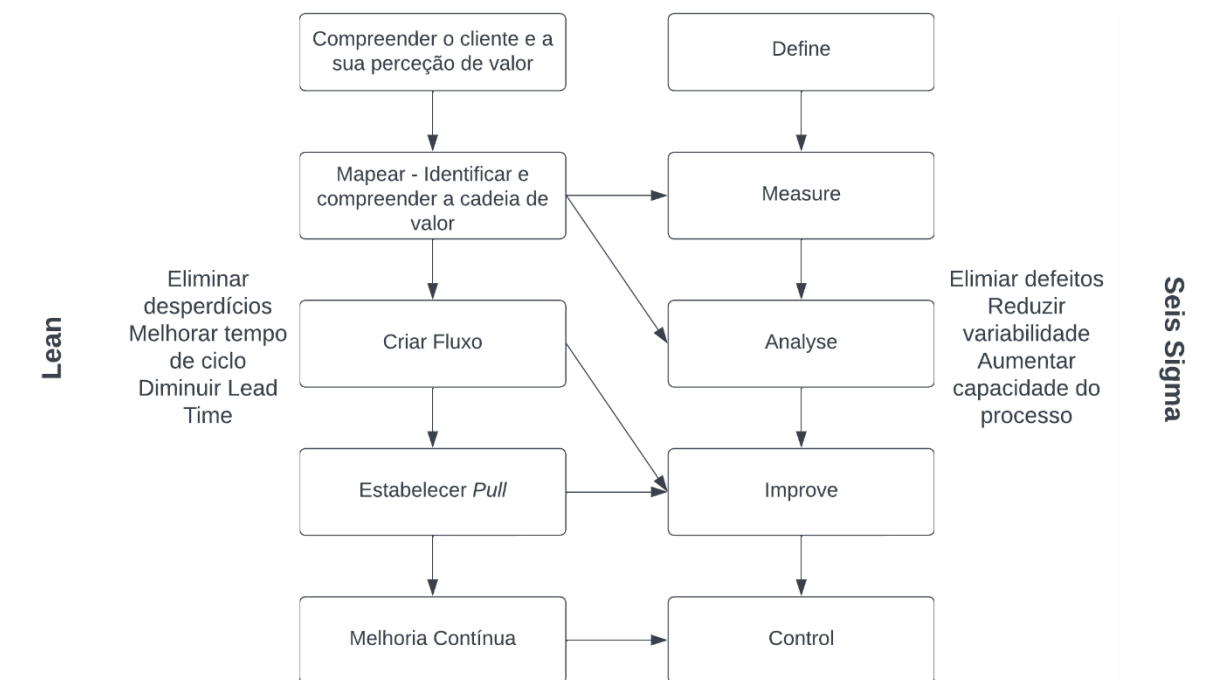


Figura 3.9. Lean Seis Sigma - Integração do Lean e Seis Sigma

A integração do *Lean* e do *Seis Sigma* é vantajosa uma vez que:

- O *Lean* não consegue manter um processo sob controlo estatístico (melhoramento da eficácia).
- O *Seis Sigma*, por si só, não pode melhorar drasticamente a velocidade do processo (melhoramento da eficiência).

O seu principal objetivo é eliminar as nove fontes de desperdício que afetam a eficiência do processo, mantendo uma taxa de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (aumento de eficácia).

O princípio de aplicação do *Lean Seis Sigma* consiste em que as atividades que causam problemas críticos para a qualidade dos clientes e que criam os maiores atrasos em qualquer processo oferecem as maiores oportunidades de melhoria (melhores projetos) em termos de custos, qualidade, capital, e prazos de entrega (George, 2002).

3.3.1 Métricas, Métodos, Técnicas e Ferramentas

O *Lean Seis Sigma* utiliza de modo integrado as métricas, os métodos, as técnicas, e as ferramentas de ambas as metodologias, *Lean* e *Seis Sigma*.

3.3.1.1 Métricas *Lean Seis Sigma*

A identificação e seleção de métricas principais/indicadores de processo ou KPIs (*Key Performance Indicators*) permite a quantificação e avaliação da eficiência e da eficácia de um

processo, ou seja, dos seus atributos de desempenho (Neely, Gregory, & Platts, 1995). A escolha adequada destas métricas é uma etapa crucial do projeto LSS. Métricas que são medidas têm tendência a serem controladas; no entanto, só possuem valor se contribuírem de alguma forma para a tomada de decisões e implementação de melhorias, estando por isso a sua seleção intimamente ligada ao sucesso ou fracasso de um projeto. Uma seleção de indicadores adequados não só permite controlar e compreender o processo e os seus outputs, mas também quantificar e avaliar de que forma estão a ser satisfeitas as necessidades e os requisitos dos clientes.

Para além dos KPIs, podem ainda ser seleccionadas métricas secundárias que, apesar de não contribuírem diretamente para o desempenho do processo, fornecem informações adicionais que podem contribuir para os objetivos do projeto.

Tabela 3.5. Métricas Primárias (KPIs) versus Métricas Secundárias

KPIs	Métricas [Secundárias]
Todos os KPIs são métricas	Nem todas as métricas são KPIs
Medem de forma holística o desempenho do processo	Medem o desempenho de uma determinada atividade ou processo
Visão geral do desempenho do processo	Visão específica do desempenho de operações
Relevantes para vários departamentos	Relevantes para departamentos específicos
Utilizados na tomada de decisão	Proporcionam informações adicionais para a tomada de decisão
Permitem indicar o progresso de desempenho do processo face a um objetivo	Individualmente, não têm grande influência no processo, mas acrescentam valor às métricas primárias

De um modo geral, as métricas de um processo fornecem informações sobre o estado ou condição do processo, focando-se em três fatores críticos: custo, qualidade e tempo. Isto é, quantificam a performance global do processo em (George et al., 2004):

- Quão bem as necessidades dos clientes são alcançadas (tipicamente relacionado com os fatores qualidade e tempo);
- Quão bem as necessidades da organização são alcançadas (tipicamente relacionado com os fatores custo e tempo)

As Métricas utilizadas em projetos LSS aplicam-se a ambas as metodologias. Enquanto que as métricas Seis *Sigma* avaliam a variabilidade existente na produção, as métricas *Lean* ajudam na avaliação dos níveis de desperdício gerados pelo processo.

3.3.1.1.1 Métricas Seis Sigma

O principal objetivo do Seis *Sigma* é o controle da variabilidade e potenciais erros do processo, de modo a aumentar o nível de qualidade da produção, obtendo um maior rendimento ao mesmo tempo que se reduzem as despesas operacionais. Assim, as métricas Seis *Sigma* focam-se maioritariamente na avaliação do desempenho do processo, através da probabilidade de ocorrência de defeitos durante a produção. A distribuição normal, de Poisson, e binomial são frequentemente utilizadas no cálculo desta probabilidade de ocorrência de defeitos (Bass & Lawton, 2009).

Considera-se defeito como uma característica do produto que não satisfaz os requisitos do cliente. Um produto defeituoso é um produto não-conforme, ou seja, que não satisfaz os requisitos do cliente, podendo ter um ou mais defeitos. Um produto conforme é livre de defeitos.

- **DPU** (Defeitos por Unidade) – Rácio entre o número total de defeitos observados numa dada amostra (D) e o número total de unidades inspecionadas nessa mesma amostra (U).

$$DPU = \frac{\text{Número total de defeitos observados}}{\text{Número total de unidades inspecionadas}} = \frac{D}{U} \quad (3.5)$$

- **DPO** (Defeitos por Oportunidade) – Rácio entre o número total de defeitos observados numa dada amostra e o número total de oportunidades para ocorrer defeito nessa mesma amostra. Uma oportunidade de ocorrência de defeito é definida como qualquer parte ou característica do produto em que pode ser detetado um defeito. O número total de oportunidades para ocorrer defeito é obtido pela multiplicação do número de oportunidades de ocorrência de defeito (O) pelo Número total de unidades inspecionadas (U).

$$DPO = \frac{D}{O \times P} = \frac{DPU}{O} \quad (3.6)$$

- **DPMO** (Defeitos por Milhão de Oportunidades) – número de defeitos que o processo origina por cada milhão de oportunidades.

$$DPMO = DPO \times 10^6 \quad (3.7)$$

- **Nível Sigma** – número de desvios padrão com que é possível descrever a distância do valor central do processo ao limite de especificação. Quanto maior o nível *sigma*, menor o número de defeitos. Métrica diretamente ligada ao DPMO.
- **FTY** (*First Time Yield* – Rendimento da Primeira Passada) – probabilidade do output de um processo estar livre de defeitos, ou seja, probabilidade de um produto ser

conforme. Este indicador não tem em conta a quantidade de defeitos observados e corrigidos nas unidades observadas.

$$FTY = \frac{\text{Número de unidades processadas conformes}}{\text{Número de unidades processadas}} \quad (3.8)$$

- **RTY (Rolled Throughput Yield)** – probabilidade de um produto passar por várias etapas livre de defeitos, isto é,

$$RTY = \prod_{i=1}^n FTY_i \quad (3.9)$$

3.3.1.1.2 Métricas Lean

O principal objetivo da metodologia *Lean* é a identificação e eliminação de desperdícios. De modo a eliminar os desperdícios, é necessário identificar atividades de valor não acrescentado. Este tipo de atividades aumenta o tempo de ciclo do processo, reduzindo a produtividade dos recursos que influenciam a eficiência do processo: operadores, equipamentos e instalações. A eficiência de um processo produtivo só consegue ser otimizada se a utilização destes recursos for otimizada, tendo que os fatores se influenciam mutuamente. As métricas *Lean* estão, assim, intimamente ligadas a estes fatores.

- **Takt Time** – ritmo de produção necessário para satisfazer a procura do mercado, resultante da divisão do tempo disponível de operação pela procura no mercado durante o mesmo período de tempo.

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tempo Disponível para produção}}{\text{Procura do mercado durante o mesmo intervalo de tempo}} \quad (3.10)$$

- **Tempo de ciclo (C/T)** – mede o tempo que demora a processar uma unidade de produto.
- **PCT (Process Cycle Time)** – Somatório dos tempos de ciclo de cada uma das etapas/atividades do processo da cadeia de valor.
- **PLT (Process Lead Time)** – Soma do tempo de ciclo do processo (PCT) com os tempos de espera entre cada atividade do processo

$$PLT = PCT + \text{Total de espera} \quad (3.11)$$

-
- **PCE (Process Cycle Efficiency – Eficiência do ciclo de processo)** – mede a percentagem de tempo de atividades de valor acrescentado face ao PLT.

$$PCE = \frac{\text{Tempo de atividades de valor acrescentado}}{PLT} \quad (3.12)$$

- **WIP (Work In Progress – Trabalho em progresso)** – quantidade de inventário que entrou no processo de produção que já não é considerado como inventário de matéria-prima, mas também ainda não é produto acabado.
- **Changeover time (CO - Tempo de Setup)** – Tempo decorrido entre o momento que a última unidade de um produto é produzida até ao momento que a primeira unidade de um outro produto é produzida.
- **Capacidade da Instalação** – volume de produção que a instalação consegue processar no tempo disponível para produção normal.

$$\text{Capacidade da instalação} = \frac{\text{Tempo disponível para produção}}{\text{Tempo de ciclo no bottleneck do processo}} \quad (3.13)$$

- **Disponibilidade do Equipamento** – tempo real que o equipamento está disponível para a produção.
- **Eficiência da Performance do Equipamento** – taxa de unidades produzidas face ao valor de unidades que teoricamente deviam ter sido produzidas.
- **Taxa de Qualidade dos Produtos** – taxa de unidades produzidas com qualidade face à produção total.
- **OEE (Overall Equipment Effectiveness)** – índice global de eficiência dos equipamentos (pg. 58).
- **Throughput Rate (Taxa de Saída)** – mede a taxa a que um processo produz produtos. Pode ser definido como o número de unidades produzida numa unidade de tempo.

$$\text{Taxa de Saída} = \frac{1}{\text{Tempo de ciclo do processo}} \quad (3.14)$$

- **Production Backlog Rate (Percentagem de atrasos na produção)** – percentagem da quantidade em atraso face ao planeado no período em questão.

$$\text{Percentagem de atrasos na produção} = \frac{\text{Produção em atraso}}{\text{Produção planeada}} \quad (3.15)$$

Todas as métricas utilizadas num projeto *Lean Seis Sigma* devem ser avaliadas tal como descrito na Figura 3.10, antes e após a sua implementação.

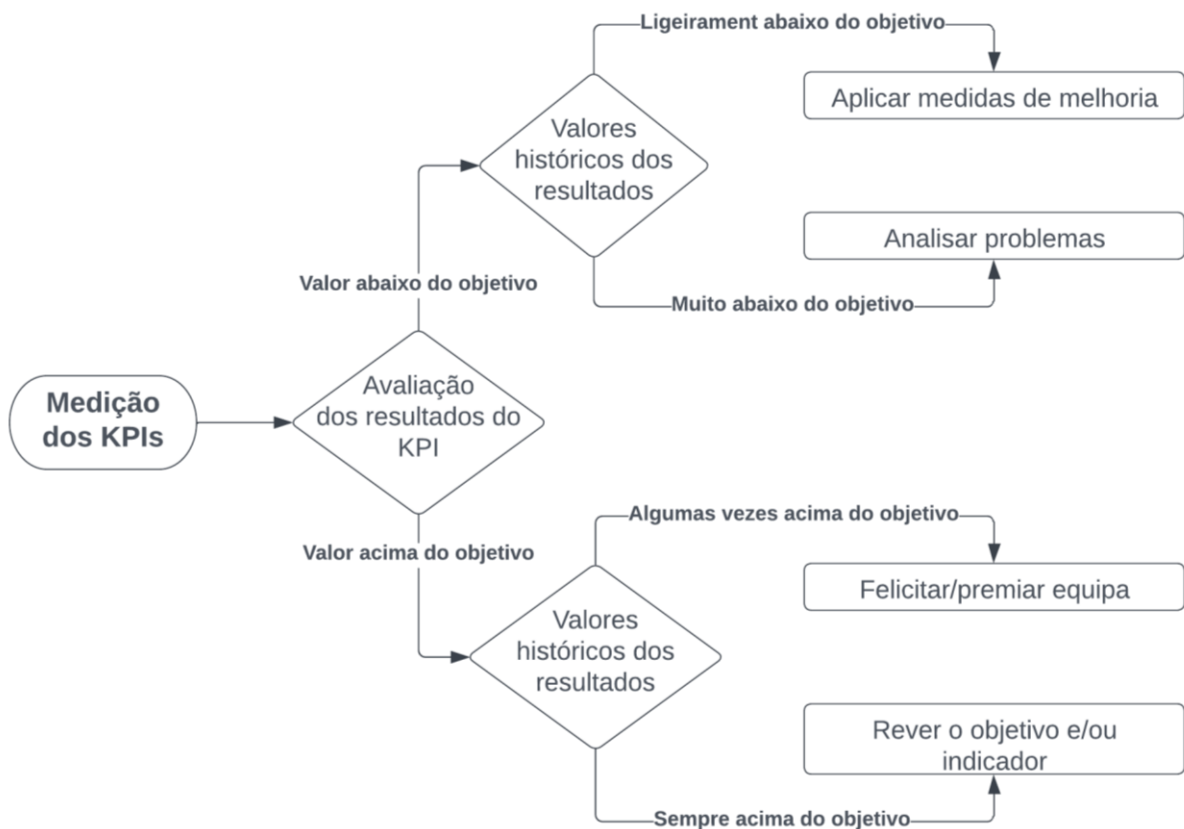


Figura 3.10. Fluxograma de Análise da Medição dos Resultados de KPIs

3.3.1.2 Mapeamento de Processo – ferramentas de identificação e representação

Considera-se um processo como um fluxo de material no tempo e no espaço, uma transformação de matéria-prima em produto semiacabado e, por sua vez, em produto acabado. De modo a mapear um processo pode-se recorrer a uma descrição ou a uma representação visual/gráfica. A representação gráfica de um processo permite que este se torne mais “visível” uma vez que se transforma numa referência visual permitindo uma melhor comunicação e compreensão do processo (Pires, 2016).

Diferentes formas de representar graficamente processos permitem evidenciar diferentes aspetos específicos que estão associados a estes processos.

3.3.1.2.1 Fluxograma

O fluxograma é considerado como uma ferramenta de mapeamento de processo com alto nível de detalhe, permitindo a definição e caracterização estado atual do processo, atividades e/ou operações que o compõem de modo sequencial. Na Figura 3.11 estão representados os símbolos mais utilizados com esta ferramenta.

Simbologia	Descrição
	Utilizado para indicar o início e fim do fluxo do processo.
	Utilizado para representar cada atividade do processo.
	Utilizado para representar pontos de tomada de decisão.
	Utilizado para representar o fluxo do processo.
	Utilizado para representar os documentos envolvidos no processo.
	Utilizado para representar esperas no processo.

Figura 3.11. Simbologia mais Utilizada no Fluxograma

3.3.1.2.2 Mapa de atividades

O mapa de atividades define, detalhadamente, todas as atividades que integram o processo, assim como as suas características e parâmetros, adicionando um nível de detalhe elevado ao mapeamento do processo. É, geralmente, utilizado na análise e melhoria de atividades e tarefas. Na Figura 3.12 encontra-se representado a aplicação de um mapa de atividades exemplificativo.

Ref	Atividades Tarefas	○ Operação	⇨ Transporte	D Espera	□ Controlo	▽ Armazém	Nº de Pessoas	Distância (m)	Tempo (min)	Quantidade	Observações	Eliminar	Alterar	Simplificar	Manter
1	Transporte gamelas		x				3	23	7	3			x		
2	Corte de chapa	x					1	2	55	88					x

Figura 3.12. Exemplo Mapa de Atividades

3.3.1.2.3 SIPOC

O SIPOC consiste numa representação de baixo nível do processo onde se pretende atuar. Permite definir e visualizar informações sobre o processo principal envolvido: informações sobre fornecedores, entradas, processo, saídas e clientes. Na Figura 3.13 encontra-se representado um exemplo explicativo do SIPOC e os seus componentes.

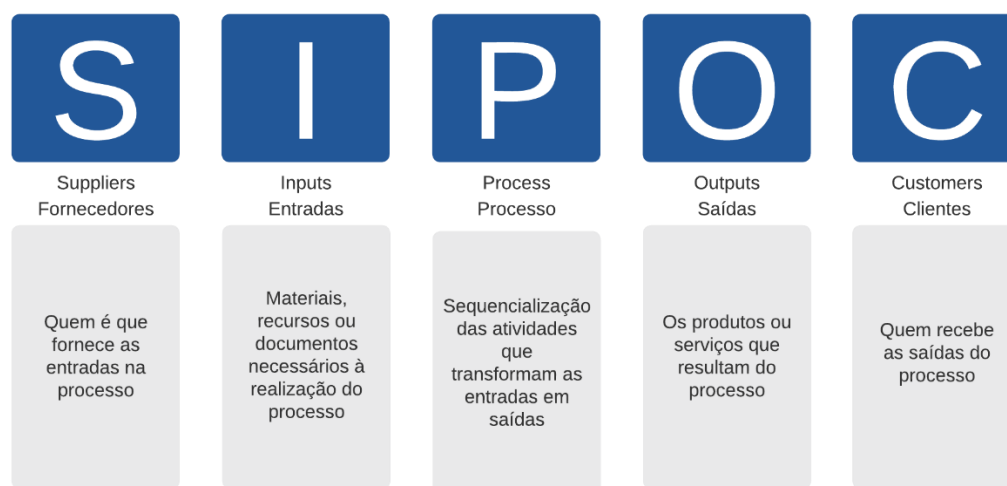


Figura 3.13. SIPOC e os seus Componentes

3.3.1.2.4 VSM - Value Stream Mapping (Mapeamento da cadeia de valor)

O VSM é uma ferramenta de mapeamento de processo que permite visualizar o fluxo de processo e informação desde o início do ciclo de produção até que o produto chega ao cliente, seja este interno ou externo, tornando-se numa poderosa representação do processo para a identificação de desperdícios. Esta ferramenta representa um *snapshot* do processo, isto é, o seu estado num determinado ponto temporal. Enquanto que o *Current State Map* (Mapa do Estado Atual) representa a *baseline* do processo e serve de comparação para futuras melhorias, o *Future State Map* (Mapa de Estado Futuro) representa a visão que se pretende para a cadeia de valor após a implementação de melhorias.

Um VSM pode ser subdividido em 3 secções:

- Processo ou fluxo de produção – é representado por um fluxograma do processo que mostra a sequencialização das atividades principais que é, se existir, acompanhado pela representação de atividades alternativas ou subactividades (como o re-processamento) abaixo.
- Informação ou fluxo de informação – adicionados dados das atividades e/ou processo.
- Tempos e distâncias – representa todas as métricas temporais, assim como distâncias percorridas durante o processo.

A representação do VSM recorre à utilização de símbolos, tais como os representados na Tabela 3.6, para representar diferentes elementos do processo, como:

- Clientes e fornecedores;
- Cadeia de valor – atividades do processo como inspeção, transporte, retrabalho, espera, entre outros; são sequencializadas e classificadas de acordo com o seu valor operacional;
- Inventários – quantidade de materiais ao longo do processo;
- Tempos de ciclo – tempo necessário para concluir uma atividade do processo;
- Indicadores de desempenho – quaisquer métricas definidas como importantes para o processo, tais como: taxas de retrabalho, percentagem de disponibilidade de equipamentos, percentagem de qualidade de MP, percentagem de desperdício, entre outros.

Tabela 3.6. Simbologia do VSM mais Utilizado

Símbolo	Nomenclatura	Descrição
	Cliente/Fornecedor	À esquerda do processo, indica o ponto de partida do fluxo de material. À direita do processo, representa o cliente.
	Fluxograma do processo	Representa uma área, operação ou processo em que o fluxo de material passa.
	Inventário	Pode representar inventário entre processos ou inventário armazenado.
	Seta Push	Fluxo de material descendente de um processo para o outro.
	Seta FIFO	Fluxo de material “primeiro que entra, primeiro que sai”.
	Operador	Indica quantidade de operadores num dado posto de trabalho.
	Linha temporal	Mostra os tempos de espera e de processamento.

Tabela 3.6. Simbologia do VSM mais Utilizado (continuação)

Símbolo	Nomenclatura	Descrição
	Empilhador	Mostra movimentação de material por um empilhador.

Nota. Adaptado de "Símbolos e ícones de mapeamento de fluxo de valor" de Lucidchart, n.d.

3.3.1.3 Plano de Recolha de dados

O plano de recolha de dados é uma ferramenta muito utilizada durante a fase *Measure*, que tem por objetivo garantir que os dados recolhidos vão ao encontro dos objetivos pretendidos (medir as coisas certas) e são estatisticamente válidos (medir de maneira certa). Esta ferramenta é tipicamente usada quando se pretende analisar o estado atual de um processo ou projeto de melhoria (George et al., 2004). A elaboração do plano de recolha de dados segue um processo sequencial em que em cada etapa são respondidas perguntas cruciais sobre as métricas selecionadas e os dados a recolher (Figura 3.14).

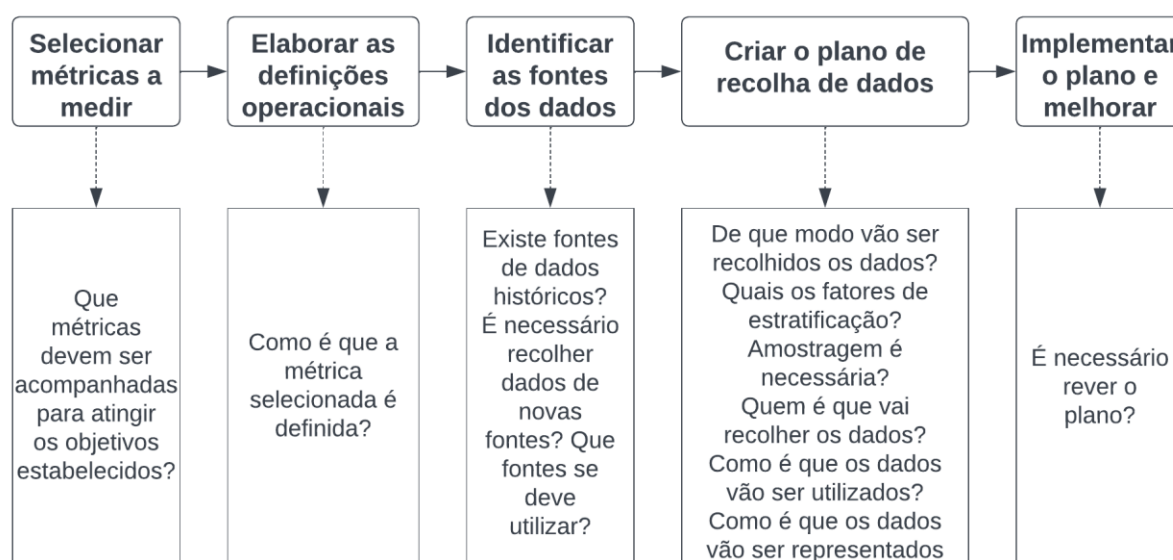


Figura 3.14. Processo de Elaboração do Plano de Recolha de Fados e Principais Questões por Etapa

3.3.1.4 Tratamento de outliers

Consideram-se como *outliers* todos e quaisquer dados que, num mesmo conjunto, diferem estatisticamente dos restantes. O estudo e tratamento de *outliers* é fundamental em toda e qualquer análise estatística, uma vez que este tipo de dados possui a capacidade de evidenciar padrões de comportamento desejados, distorcer os resultados obtidos da análise (enviesar resultados) e até mesmo violar pressupostos estatísticos.

O método da amplitude interquartil (Figura 3.15) é um dos métodos que permite identificar de forma simples possíveis *outliers* num conjunto de dados.

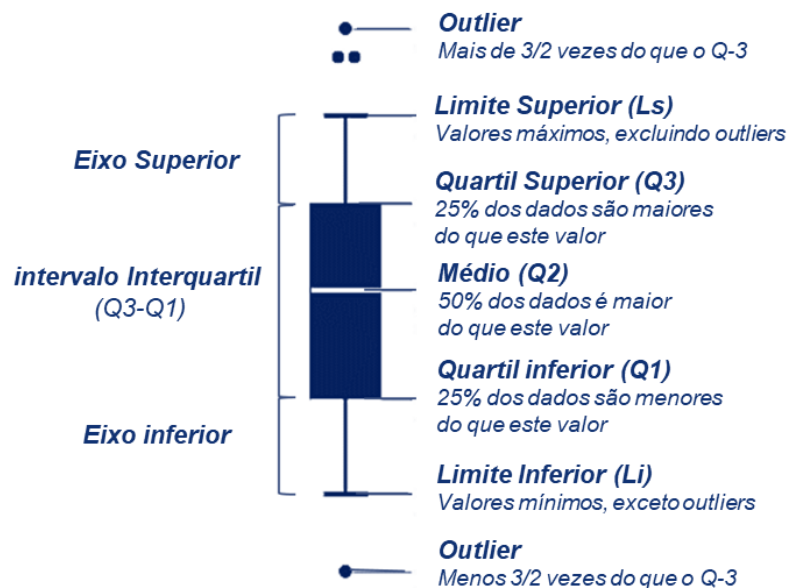


Figura 3.15. Método de Amplitude Interquartil para Identificação de *Outliers*

Após a identificação de possíveis *outliers*, é necessário avaliar se estes devem ser ou não excluídos do estudo estatístico. De forma generalista, um *outlier* deve ser eliminado: sempre que o valor obtido esteja completamente errado e não haja hipótese de o corrigir; existem muitos dados face ao número de *outliers*; e seja possível recolher mais dados. *Outliers* nunca devem ser eliminados quando se apresentam em grande quantidade ou representam resultados críticos, uma vez que podem indicar padrões de variabilidade importantes e naturais dentro do conjunto de dados.

3.3.1.5 Teste de Kolmogorov-Smirnov

O teste de Kolmogorov-Smirnov (ou teste KS) é um teste não paramétrico que compara o ajuste de uma função de distribuição cumulativa de uma variável com uma distribuição teórica (normal, Poisson, exponencial, entre outros), ou seja, é um teste de qualidade de ajuste que indica se os dados observados podem, razoavelmente, pertencer a uma distribuição específica (IBM, 2022). Para um determinado nível de significância, a obtenção de *p-value* inferior ou igual ao nível de significância implica a rejeição de que os dados analisados seguem uma determinada distribuição, enquanto que a obtenção de *p-value* superior ao nível de significância implica que não é possível concluir que os dados não seguem uma determinada distribuição. Para além da inferência estatística, este teste pode ser informalmente representado por gráficos de probabilidade que permitem uma visualização e interpretação rápida dos resultados. De um modo geral, se os dados estiverem suficientemente afastados da linha de ajuste e/ou fora das linhas que representam o intervalo de confiança, os dados provavelmente não seguem a distribuição em estudo (exemplo na Figura 3.16).

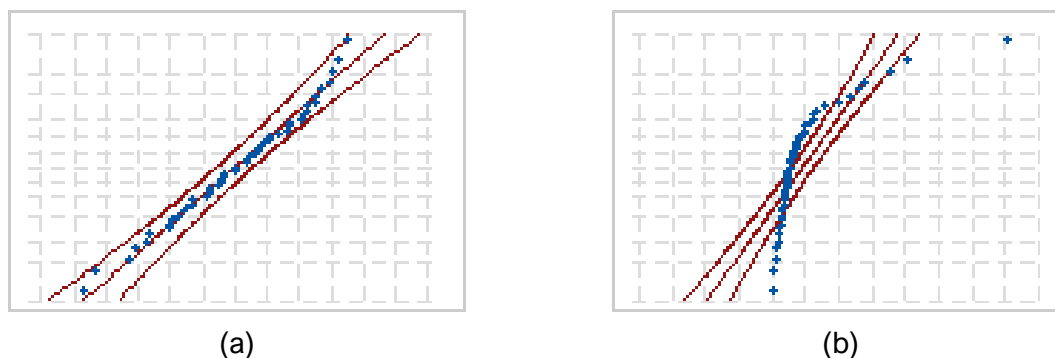


Figura 3.16. Exemplo Gráfico de Probabilidade: (a) Dados Ajustados à Distribuição e (b) Dados que Aparentemente não Seguem a Distribuição

Na presente dissertação, o teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado no estudo de caso, através do *software* minitab. Para uma explicação mais aprofundada deste teste estatístico pode ser consultado Pereira e Requeijo (2012).

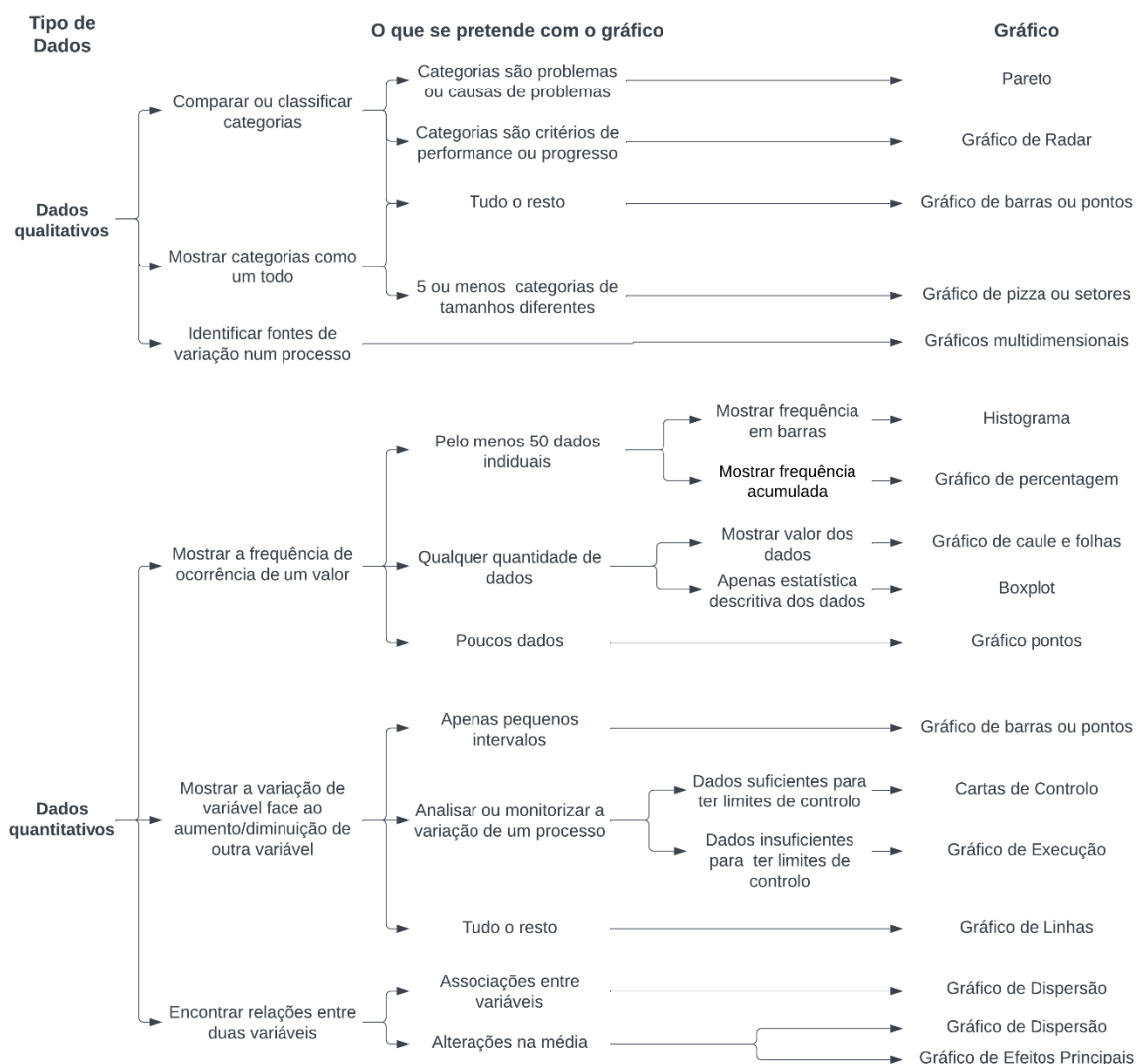
3.3.1.6 Transformação de Box-Cox

O pressuposto da normalidade é necessário para aplicação de inúmeros métodos e ferramentas estatísticas. Sempre que os dados não sejam normalmente distribuídos, ou a variância entre subgrupos seja instável, este pressuposto é violado. A transformação de Box-Cox é um método estatístico que permite determinar parâmetros de transformação mais adequados, de forma a assegurar a homogeneidade da variância e a normalidade dos dados (Requeijo & Pereira, 2012), e melhorar a capacidade de previsão de modelos analíticos (elimina o “ruído” nos dados). Contudo, esta transformação deve ser aplicada de forma cuidada, uma vez que a transformação dos dados pode levar a diferentes interpretações dos dados ou mesmo à perda de informação.

Na presente dissertação, a transformação de Box-Cox foi aplicada no estudo de caso, através do *software* minitab. Para uma explicação mais aprofundada desta transformação pode ser consultado Pereira e Requeijo (2012).

3.3.1.7 Representação gráfica de dados

A escolha adequada da representação gráfica de dados é de extrema importância, uma vez que influencia a interpretação dos resultados. De forma a representar adequadamente os dados, é necessário ter em conta que tipos de dados se vai utilizar, e o que se pretende apresentar com os dados adquiridos. A árvore de decisão na Figura 3.17 permite a escolha adequada do método de representação gráfica com base no tipo de dados e objetivo da representação gráfica; no entanto, os gráficos apresentados não são as únicas alternativas que podem ser utilizadas.



Nota. Adaptado de "The Quality Toolbox" de N. Tague, ASQ, 2005

Figura 3.17. Árvore de Decisão para Representação Gráfica de Dados

3.3.1.7.1 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto consiste num diagrama de barras ordenado por ordem descendente (da esquerda para a direita) que permite a comparação entre um número de problemas e/ou causas. Esta representação gráfica é baseada no princípio de Pareto, ou regra 80/20, que nos indica que, no contexto industrial, 80% variação nos processos são causados por 20% dos problemas/causas. O diagrama é principalmente utilizado durante a análise de dados de modo a: estabelecer prioridades (através da comparação entre um conjunto de dados é possível identificar problemas e/ou causas) e a estabelecer a percentagem de impacto de cada categoria de dados (Voehl et al., 2014).

3.3.1.7.2 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também denominado de diagrama de causa-e-efeito ou diagrama de espinha de peixe, consiste numa representação gráfica das causas potenciais de um determinado problema e/ou efeito. As potenciais causas são agrupadas em categorias, normalmente, 6M: mão-de-obra, métodos, meio, máquinas, materiais e medidas; e representadas por setas oblíquas que estão conectadas ao efeito em estudo. A sua principal função, para além de auxiliar na identificação de causas raiz, é proporcionar uma visão clara de todas as causas potências dum problema/efeito.

3.3.1.7.3 Cartas de Controlo

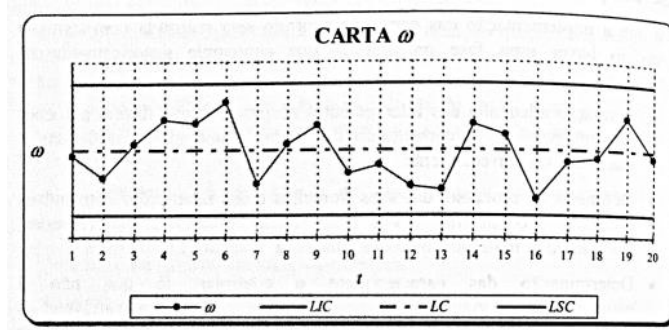
Todos os processos estão sujeitos a variação devido à presença de fontes que afetam o seu comportamento. Considera-se como variação todas e quaisquer alterações ou pequenas diferenças em condições, quantidades, ou padrões que ocorram dentro de certos limites (Aartsengel et al., 2013).

Estas variações podem ocorrer gradualmente ou de forma esporádica, devendo-se, normalmente, a: equipamentos, matéria-prima, mão-de-obra, meio, métodos utilizados e à metrologia (métodos de medição utilizados). A variação tem duas causas gerais de ocorrência:

- Causas comuns de variação – causas aleatórias que afetam os valores individuais de uma determinada característica, mas que no seu conjunto continuam a seguir um certo padrão que pode ser descrito por uma distribuição de probabilidades caracterizada por parâmetros estatísticos, isto é, fontes de variação que afetam processos sob controlo estatístico (Requeijo & Pereira, 2012) (implica a estabilidade da média e da estimativa do desvio padrão). São variações intrínsecas ao processo que só podem ser removidas se o processo for modificado (melhoria).
- Causas especiais de variação – afetam esporadicamente os valores individuais de uma determinada característica e no seu conjunto não seguem um determinado padrão, logo, não é possível serem descritas por uma distribuição de probabilidade. Quando estão presentes causas especiais de variação, o processo está fora de controlo estatístico e as variações provocadas no sistema são significativamente superiores às variações provocadas por causas comuns (Requeijo & Pereira, 2012). São variações com origem externa ao processo que podem ser removidas do processo (controlo).

Uma carta de controlo consiste numa representação gráfica da evolução dos dados recolhidos de uma determinada característica ao longo de um intervalo de tempo. No gráfico encontram-se ainda representados: limite superior de controlo (LSC), limite inferior de controlo (LIS) e limite central (representa a média do processo); estes valores

são calculados a partir de um determinado número de dados recolhidos num determinado período de tempo). A aplicação das cartas de controlo pressupõe a normalidade e independência dos dados.

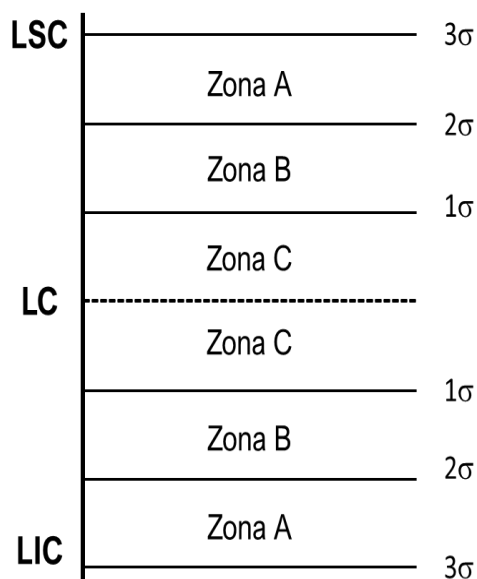


Nota. Retirado de "Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos" de Requeijo e Pereira, 2012

Figura 3.18. Exemplificação de uma Carta de Controlo

Se existirem pontos fora dos limites de controlo considera-se que o processo está fora de controlo estatístico, ou seja, sobre o efeito de causas especiais de variação; o mesmo acontece quando, apesar de dentro dos limites de controlo, os pontos apresentam uma certa tendência sistemática de comportamento nas áreas A, B e C (divisão entre cada limite de controlo e a linha central em 3σ , 2σ e 1σ). A norma ISO 7870-2:2013 (Figura 3.19) permite identificar estes padrões sistemáticos, sendo que a primeira regra permite identificar situações em que o processo está fora de controlo, enquanto que as restantes regras apenas aumentam a sensibilidade das cartas.

Regras da norma ISO 7870-2:2013



- Um qualquer ponto fora dos limites de controlo.
- 9 pontos consecutivos na zona C ou para além da zona C, do mesmo lado do limite de controlo.
- 6 pontos consecutivos, no sentido ascendente ou descendente.
- 14 pontos com direção crescente e decrescente, alternadamente.
- Pelo menos 2 de 3 pontos consecutivos na zona A, do mesmo lado do limite de controlo.
- Pelo menos 4 de 5 pontos consecutivos, na zona A ou B, do mesmo lado do limite de controlo.
- 15 pontos consecutivos na zona C, acima e abaixo do limite de controlo.
- 8 pontos consecutivos de ambos os lados do limite de controlo, nenhum dos quais na zona C.

Figura 3.19. Zonas das cartas de controlo e regras da norma ISO 7870-2:2013 para deteção de padrões sistemáticos

Desta forma, as cartas de controlo são uma ferramenta de extrema importância para a detecção de causas especiais de variação que geram desperdícios nos sistemas.

A carta de controlo a aplicar depende de vários fatores. Na Figura 3.20 é possível observar uma representação esquemática do processo que apoia a decisão do tipo de carta de controlo a selecionar, dependendo do tipo de dados e objetivos.

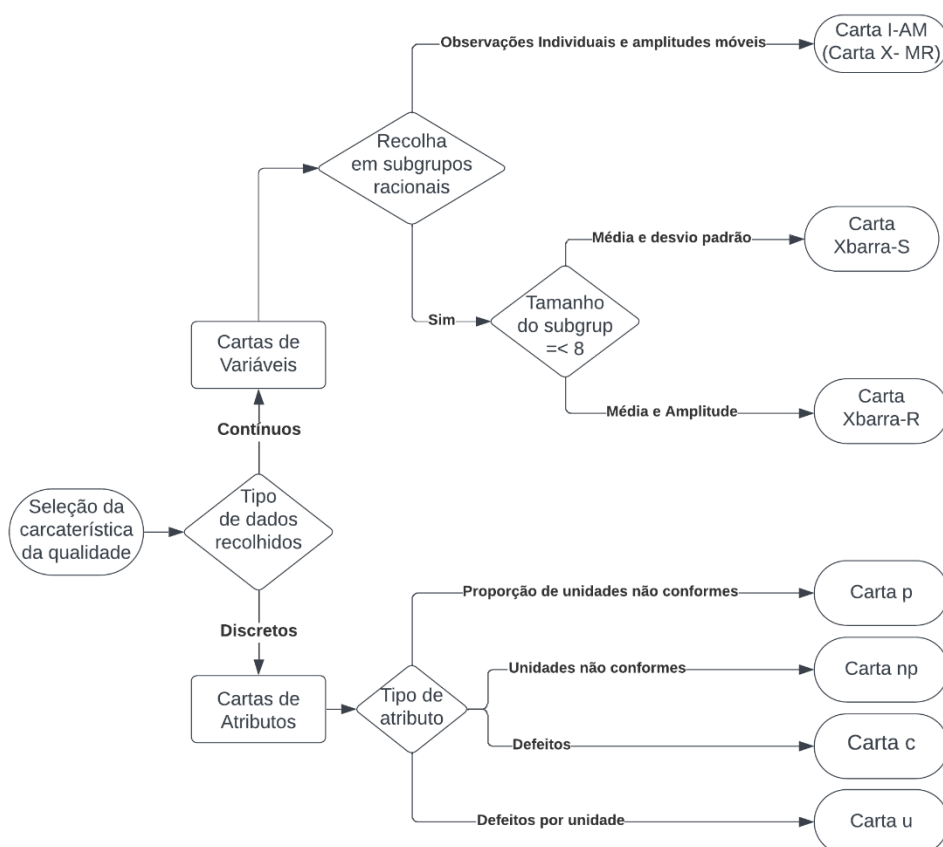


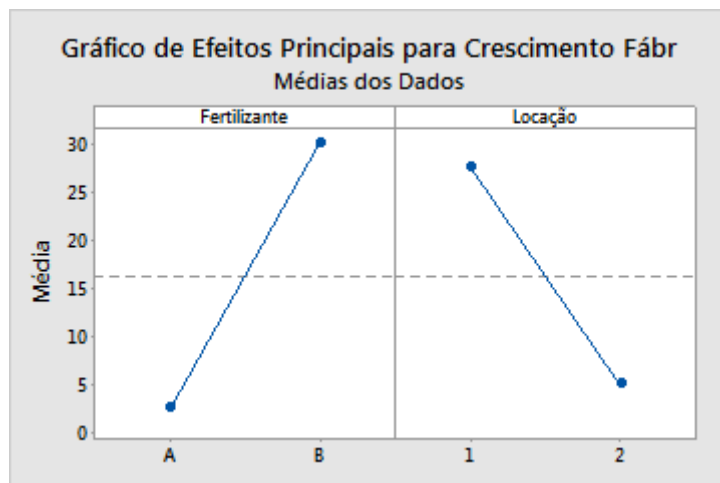
Figura 3.20. Representação Esquemática do Processo de Escolha das Cartas de Controlo

3.3.1.7.4 Gráfico de Efeitos Principais e Interações

Quando se pretende estudar a influência de vários fatores numa determinada variável, o método mais adequado é a utilização da ANOVA fatorial. Com este tipo de análise é de interesse testar o efeito de cada variável (efeitos principais) e o efeito da sua combinação (interação).

O gráfico de efeitos principais e o gráfico de interações são duas ferramentas gráficas simples que auxiliam a análise estatística.

Os gráficos de efeitos principais (exemplificado na Figura 3.21) ilustram o resultado médio de uma variável em estudo face aos efeitos combinados dos fatores/variáveis preditivas presumindo que estes são independentes.



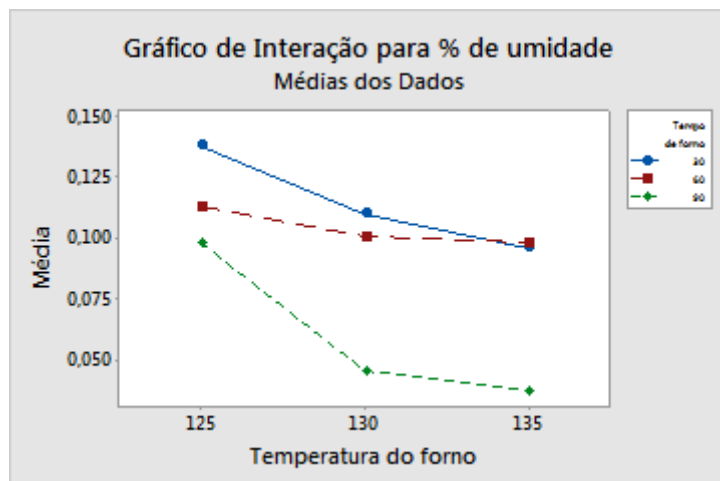
Nota. Retirado de "O que é um gráfico de efeitos principais?" de Minitab, n.d

Figura 3.21. Exemplo Gráfico de Efeitos Principais

Neste tipo de gráficos, geralmente, quando se observam:

- Linhas horizontais, implica que o fator não tem nenhum efeito principal, uma vez que cada nível afeta a variável em estudo do mesmo modo;
- Linhas não horizontais, implica que o fator tem efeito principal, e, quanto maior a inclinação da linha, maior impacto terá o efeito na variável em estudo.

Já o gráfico de interação (exemplificado na Figura 3.22) permite compreender se o comportamento de um fator é dependente do comportamento de outro fator.



Nota. Retirado de "O que é uma interação?" de Minitab, n.d

Figura 3.22. Exemplo de Gráfico de Interações

Neste tipo de gráficos, geralmente, quando se observam:

- Linhas paralelas, implica que não ocorrem interações;
- Linhas não paralelas, implica que ocorre interações entre fatores que são tanto maiores quanto mais não paralelas forem as linhas.

Note-se que, sempre que os efeitos de interação são significativos, a interpretação dos efeitos principais deve ter em consideração os efeitos de interação entre fatores.

3.3.1.8 OEE

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness* – índice global de eficiência dos equipamentos) é uma ferramenta e métrica introduzida, inicialmente, no contexto do TPM (*Total Productive Maintenance*), que mede o grau de eficiência de utilização de um determinado equipamento (Werkema, 2011). Enquanto indicador, o OEE funciona como uma ferramenta de diagnóstico dos sistemas produtivos e base de implementação e quantificação de ações de melhoria (Busso et al., 2012). A sua utilização, para além de permitir a maximização da eficiência dos equipamentos, possibilita a análise detalhada de perdas de produtividade “escondidas” que lhe estão associadas (Jeong et al., 2001).

Segundo Nakajima (1988), o OEE é indicador de eficiência tridimensional, baseado em fatores de disponibilidade, performance, e qualidade, ao qual estão atribuídas 6 causas principais de perda de eficiência.

Disponibilidade (D) - relaciona o tempo de produção planeado com o tempo de produção real, ou seja, o tempo de produção planeado tendo em conta perdas de eficiência relacionadas com a disponibilidade do equipamento:

- Paragens devido a avaria ou falha do equipamento
- Paragens para setup ou ajustamentos associados a mudanças de produção

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ Produção\ Real}{Tempo\ de\ Produção\ Planeado} \quad (3.16)$$

Performance (P) – relaciona a cadência real com a cadência estabelecida do equipamento. A cadência real do equipamento é afetada por perdas de eficiência relacionadas com a performance do equipamento como:

- Redução da cadência do equipamento devido a anomalias
- Microparagens, ou seja, quebras intermitentes do funcionamento do equipamento que não excedam 5 minutos

$$Performance = \frac{Tempo\ de\ ciclo\ ideal\ x\ Unidades\ produzidas}{Tempo\ de\ Produção\ Real} \quad (3.17)$$

Qualidade (Q) – relaciona a quantidade total produzida com a quantidade conforme produzida, ou seja, quantidade sem defeitos. A quantidade conforme produzida é afetada por perdas da qualidade como:

- Produtos não conformes/defeituosos

- Perdas que ocorrem no arranque devido ao período necessário para a estabilização do equipamento às restrições técnicas.

$$Qualidade = \frac{Quantidade\ produzida - Quantidade\ Defeituosa}{Quantidade\ Produzida} \quad (3.18)$$

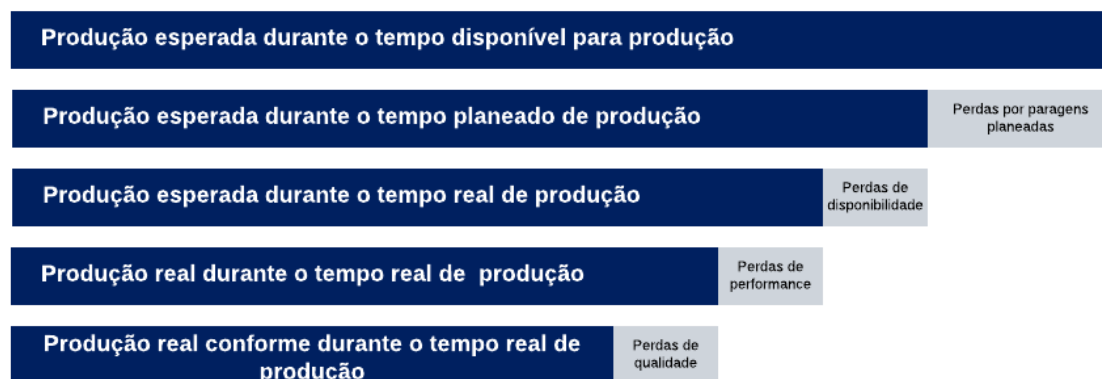


Figura 3.23. Relação entre produção e perdas associadas aos fatores que influenciam o OEE

Assim, o OEE é definido como a relação entre o tempo de agregação de valor do produto e o tempo real de produção, tendo em conta as perdas de disponibilidade, as perdas de desempenho, e as perdas de qualidade, e pode ser calculado através da seguinte equação:

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (3.19)$$

O cálculo do valor de OEE deve ser acompanhado pela definição de uma meta objetivo a alcançar. A definição deste valor é subjetiva à indústria e ao processo ao qual está a ser aplicado; no entanto, a nível global, foram estabelecidos alguns valores de referência para a eficiência da utilização do equipamento (Tabela 3.7) e para os indicadores dos fatores que a influenciam (Tabela 3.8) (Nakajima, 1988).

Tabela 3.7. Valores de referência para o OEE

Valor de Referência OEE	Descrição
100%	Valor ideal que se pretende alcançar uma vez que implica produção perfeita, ou seja, só se produz peças com boa qualidade, o mais depressa possível e sem paragens.
≥ 85%	Normalmente, o valor mundial de referência que se pretende atingir como objetivo a longo prazo, uma vez que implica que as perdas de eficiência são residuais, ou seja, o desempenho do equipamento está otimizado.

Tabela 3.7. Valores de referência para o OEE (continuação)

Valor de Referência OEE	Descrição
75% a 85%	Geralmente, um valor de OEE entre estes valores de referência implica que a eficiência do equipamento é consistente e que devem ser implementadas medidas de melhoria para atingir o objetivo dos valores mundiais de referência.
65% a 75%	Geralmente, se o valor de OEE se mantiver dentro de estes valores de referência, existindo uma tendência de crescimento do indicador, implica que estão a ser feitos esforços para a atenuação e/ou correção das perdas de eficiência.
60%	Apesar de um valor de OEE de 60% ser muito típico na manufatura, sugere que existem perdas significativas de eficiência e que devem ser tomadas medidas urgentes para melhorar o desempenho do equipamento.
40%	Valor de referência típico para indústrias que iniciaram recentemente processos de melhoria do desempenho do equipamento. São valores que normalmente são facilmente corrigidos com pequenas mudanças/correções.

Tabela 3.8. Valores de referência para os indicadores do OEE

Indicador	Valor de Referência
Disponibilidade	90%
Performance	95%
Qualidade	99.9%

Durante a análise do OEE, é recomendado a utilização de gráficos de Pareto para a identificação e quantificação do tipo de perdas com maior impacto no indicador, e de diagramas de Ishikawa para a identificação e eliminação das causas subjacentes à ocorrência de perdas de eficiência (Nakajima, 1988).

Apesar da vasta utilização do OEE como indicador, devido à sua simplicidade, universalidade, mensurabilidade, consistência e clareza, há que ter em conta que a sua aplicação possui algumas limitações:

- Dificuldade em reconhecer outro tipo de perdas ligadas tanto a razões internas (tempo de paragem planeado) como externas (pouca procura, falhas logísticas, quotas de produção, entre outros) (Muchiri et al., 2008).
- Não considera interações para além do equipamento.

- Quando aplicados a linhas de produção, como o OEE corresponde apenas a um equipamento (Braglia et al., 2008), as ações de melhoria implementadas podem não estar corretamente direcionadas para a melhoria da linha de produção

Os equipamentos, normalmente, não operam de forma isolada, mas em interação com outros equipamentos em série ou em paralelo, sendo que, nestes casos a utilização tradicional do OEE não é suficiente. Por estas razões, em contexto de produções em linha, a seleção do equipamento para aplicação do OEE e medição de eficiência da linha é uma tarefa difícil, mas essencial para uma correta monitorização e implementação de melhorias, existindo vários modos de seleção (utilização do equipamento gargalo, do equipamento com o capital de substituição mais elevado, entre outros) (Braglia et al., 2008).

3.3.1.9 FMEA

FMEA (*Failure Mode Effects Analysis* - Análise de Modos de Falha e seus Efeitos) é uma metodologia que, de forma estruturada, permite:

- Identificar de que modo um produto, serviço, ou processo, pode falhar, sendo que se considera como falha qualquer potencial erro ou defeito (especialmente aqueles que têm impacto no cliente), e qual o risco associado a cada falha.
- Priorizar ações para reduzir o risco de falha.

Em processos, o FMEA é principalmente utilizado para expor problemas do processo, resultantes dos 6M (mão-de-obra, materiais, máquinas, métodos, meios e medidas), que podem resultar em falhas de segurança, defeitos no produto, e redução da eficiência (George et al., 2004). Em processos, o FMEA é principalmente utilizado para expor problemas do processo, resultantes dos 6M (mão-de-obra, materiais, máquinas, métodos, meios e medidas), que podem resultar em falhas de segurança, defeitos no produto, e redução da eficiência (George et al., 2004). Uma análise de modos de falha e seus efeitos, na sua forma mais elementar, contém:

- Indicação da parte do processo onde ocorre a falha;
- Descrição do modo como ocorre a falha;
- Descrição dos potenciais efeitos resultantes tanto a montante como a jusante da falha;
- Avaliação da severidade de ocorrência de 1 a 10, em que 10 representa o impacto mais severo no cliente;
- Identificação de potenciais causas da falha;
- Avaliação da probabilidade de ocorrência de 1 a 10, em que 10 representa a maior probabilidade de ocorrência;
- Avaliação da probabilidade de deteção de 1 a 10, em que 10 representa a menor probabilidade de deteção;

- Indicação RPN (*Risk Priority Number* – Número de prioridade de risco) que corresponde ao produto da severidade, ocorrência e detecção.

3.3.1.10 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta que permite o planeamento e implementação estruturada de ações e /ou planos de melhoria respondendo a questões como:

- *What?* (O que?)
- *Why?* (Porquê?)
- *Where?* (Onde?)
- *Who?* (Quem?)
- *When?* (Quando?)
- *How much?* (Quanto?)
- *How?* (Como?)

Com o intuito de claramente definir todos os parâmetros de necessários à implementação de uma ação.

3.3.2 *Lean Seis Sigma* na indústria alimentar

A implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* tem demonstrado grandes benefícios em vários setores industriais. Contudo, ainda existem muitas lacunas na literatura referentes à implementação e aplicabilidade desta metodologia no contexto da indústria alimentar e, em particular, no setor dos laticínios.

De um modo geral, ainda que, em anos recentes, esta metodologia tenha alcançado um certo nível de popularidade no setor alimentar, a maioria destas iniciativas ainda falha na sustentabilidade das medidas de melhoria a longo prazo (Costa et al., 2018). Este facto prende-se maioritariamente com características associadas ao setor alimentar tais como ser um setor pouco recetivo á mudança e lento na adoção de novas iniciativas (Bigliardi et al., 2013), uma vez que privilegiam o foco na segurança e conformidade dos produtos com leis e regulamentações (Trienekens et al., 2008).

O principal motivo apontado para a implementação do *Lean Seis Sigma* neste setor é predominantemente a redução de custos (Costa et al., 2018) Já os principais benefícios da sua implementação passam por (Costa et al., 2020):

- Diminuição do nível de inventário;
- Aumento da eficiência do processo;
- Aumento da produtividade;
- Aumento dos ganhos financeiros;
- Redução de desperdícios;

- Diminuição da variação do processo;
- Diminuição da taxa de defeitos;
- Aumento da disponibilidade das máquinas;
- Redução do prazo de entrega;
- Melhoria na qualidade do produto; e
- Melhoria da utilização do espaço.

A maioria dos projetos *Lean Seis Sigma* na indústria alimentar focam-se na melhoria de processos logísticos, redução de tempos de setup e aumento da disponibilidade de equipamentos.

Os métodos e ferramentas mais utilizados na implementação da metodologia consistem principalmente em métodos e ferramentas de aplicabilidade universal que não necessitam de conceitos estatísticos, já que estas práticas requerem investimento na formação, o que pode ser desafiador num setor com baixas margens de lucro e com o objetivo de reduzir custos (Costa et al., 2020).

Algumas das práticas e características do setor afetam a aplicabilidade de conceitos e ferramentas (Costa et al., 2018), tais como: as práticas de limpeza obrigatórias que restringem a adoção da redução dos tempos de setup, devido a requisitos de garantia de qualidade (Costa et al., 2020; Trienekens et al., 2008); e a incerteza da procura e sazonalidade que restringe adoção de *Heijunka* (Costa et al., 2018).

A INDÚSTRIA DOS LACTICÍNIOS

No presente capítulo pretende-se contextualizar a indústria onde é aplicado o estudo de caso de modo a compreender as características, os desafios, as limitações e regulamentações que poderão condicionar a aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* à produção de queijo. Para além disto, pretende-se informar sobre a definição, classificação e constituição dos diferentes tipos de produtos queijeiros fabricados na indústria, características que condicionam o processo de fabrico.

4.1 Definição, classificação e constituição do queijo

Segundo a portaria n.º 73/90 de 1 de fevereiro (1990), o queijo é:

“O produto fresco ou curado, de consistência variável, obtido por coagulação, e des-soramento do leite ou do leite total ou parcialmente desnatado, mesmo que reconstituído, e também da nata, do leitelho, bem como da mistura de alguns ou de todos os produtos, incluindo o lactossoro, sem ou com adição de outros géneros alimentícios.”

Existe uma vasta gama de queijos e há a necessidade de os agrupar por características semelhantes em várias classes. O queijo pode ser classificado quanto à sua cura, consistência, composição e teor de matéria gorda.

Tabela 4.1. Tipos de Queijo Quanto à sua Classificação

Tipos de Queijo	
Classificação quanto à cura	Queijo Curado Só fica apto para consumo após ter sido mantido durante um determinado período de tempo em determinadas condições de temperatura, humidade e ventilação que modifiquem as suas características físico-químicas.



Tabela 4.1. Tipos de queijo quanto à sua classificação (continuação)

Tipos de Queijo	
Classificação quanto à consistência	 Queijo curado pela ação de bolores As características destes queijos são devidas maioritariamente à proliferação de bolores específicos no seu interior ou à sua superfície.
	 Queijo Fresco Queijo obtido por coagulação e dessoramento do leite por fermentação, com ou sem adição de coalho e sem sofrer processo de cura.
	 Extraduro
	 Duro
	 Semiduro
Classificação quanto à composição	 Semimole
	 Mole
	 Queijo sem adição de géneros alimentícios diferentes do queijo
Classificação quanto à matéria gorda	 Queijo com adição de géneros alimentícios diferentes do queijo Queijo ao qual se adicionou géneros alimentícios como por exemplo ervas e especiarias.
	Muito Gordo ou Extra Gordo Percentagem de matéria gorda no extrato seco é superior a 60%
	Gordo Percentagem de matéria gorda no extrato seco entre 43 e 60%
	Meio Gordo Percentagem de matéria gorda no extrato seco entre 25 a 45%
	Pouco Gordo Percentagem de matéria gorda no extrato seco entre 10 a 25%
	Magro Percentagem de matéria gorda no extrato seco máxima de 10%

Nota. Adaptado de "Portaria n.º 73/90 de 1 de fevereiro" de MPAT, 1990, Diário da República n.º 27/1990, Série I de 1990-02-01, pg.436-438

Os principais componentes do queijo são o leite, as culturas microbianas (tais como bactérias lácticas, leveduras, bolores, etc) e o coagulante. Para além destes, é possível encontrar na constituição do queijo outros ingredientes (MPAT, 1990), autorizados pela legislação, tais como:

- Leite em pó, nata, leitelho, lactossoro, proteína do soro, caseína e caseinatos;
- Sal;
- Corantes;
- Cloreto de cálcio;
- Bicarbonato e carbonato de sódio;
- Acidificantes (tais como o ácido acético e o ácido cítrico);
- Nitrato de sódio e nitrato de potássio (para queijos com leite cru);
- Pimaricina ou natamicina (agente antifúngico utilizado na crosta do queijo apenas para queijos de pasta semidura); e
- Parafina (cera de abelha ou acetato de polivinilo, dispersões plásticas polímeras isentas de plastificantes).

Todos estes ingredientes afetam as propriedades físicas, químicas, funcionais e organoléticas do queijo de diferentes maneiras dependendo da sua concentração.

4.2 Caracterização e desafios atuais

A indústria dos lacticínios é caracterizada por uma série de características que restringem a sua atividade:

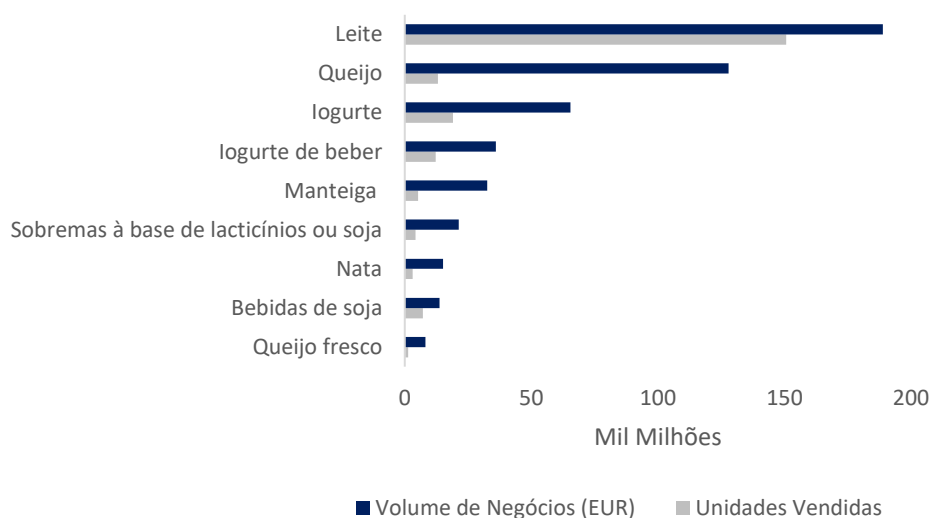
- **Matérias-Primas com curto prazo de validade** – a principal matéria-prima da indústria dos lacticínios é o leite. O leite é um bem perecível, ou seja, a sua deterioração ocorre muito rapidamente o que faz com que o seu prazo de validade seja limitado, logo, requer expedição e processamento diário. Desta maneira, a otimização do planeamento de produção é uma atividade crítica (Burke et al., 2018);
- **Produtos Acabados com curto prazo de validade** – os produtos derivados do processamento do leite são também bens perecíveis o que inviabiliza o adiamento da sua comercialização de modo a obter melhores preços de venda (Doughrati et al., 2013);
- **Custos de Transporte elevados** – devido às características da sua composição, o transporte de leite na sua forma original carece da utilização de veículos especializados (camiões-cisterna). Este facto em conjunto com a regularidade dos transportes (entregas diárias de leite) é a principal causa de elevados custos de transporte de matéria-prima (Doughrati et al., 2013).

- **Sazonalidade** – A produção leiteira é altamente sazonal. Para além dos picos de produção serem afetados pela estação do ano, a composição do leite também pode variar afetando o rendimento de produção dos derivados de leite (Bylund, 2015). Este facto cria muitas vezes problemas na disponibilidade dos produtos o que afeta por sua vez, o preço dos produtos ao longo do ano. A procura de certos produtos derivados de leite também depende da estação do ano.
- **Volatilidade dos preços** – a incerteza da oferta e da procura, ao longo do ano, assim como as políticas de preços implementadas fazem com que o preço das matérias-primas e dos produtos acabados sejam bastante voláteis.
- **Indústria fragmentada (diferentes escalas de produção)** – o tamanho das unidades fabris e explorações são muito variáveis existindo desde grandes explorações altamente especializadas até pequenas manufaturas tradicionais. A fragmentação deste setor industrial significa que não existe um grupo de empresas que domine o setor industrial. Esta fragmentação pode levar a ineficiências na cadeia de abastecimento e dificuldades na implementação de normas de qualidade e segurança universais a toda a indústria (Augère-Granier, 2018).
- **Diversidade de produtos e variações regionais** – as diferentes escalas de produção e as diferentes composições de leite afetam os métodos de produção de diferentes derivados de leite, especialmente o queijo, originando uma grande diversidade de produtos assim como pequenas variações de região para região.
- **Nível de industrialização** – a implementação de novas tecnologias na indústria dos laticínios tem vindo a aumentar possibilitando a automação de vários processos de produção. No entanto, uma grande parte do processo de fabrico de laticínios ainda é impossível ou economicamente inviável de automatizar. Especialmente no fabrico de queijo, onde os processos internos são muito complexos, existe ainda muito trabalho manual intensivo o que leva a um elevado custo de mão de obra.
- **Normas de qualidade e higiene muito rigorosas** – a indústria dos laticínios é norteada por requisitos de qualidade e segurança alimentar muito mais exaustivos e abrangentes que a maioria dos setores da indústria alimentar (Doupbrate et al., 2013). Isto implica controlos muito frequentes e requisitos rigorosos de higiene, qualidade, rotulagem e acondicionamento.
- **Sustentabilidade** – a indústria dos laticínios é das indústrias alimentares com maior pegada de carbono, o processo produtivo implica muitas emissões e utilização exagerada de água.

4.2.1 A indústria dos lacticínios em números

De modo a caracterizar a indústria dos lacticínios, é também necessário conhecer os números por detrás desta, ou seja, o volume de negócios, as quantidades produzidas, os custos associados entre outros indicadores.

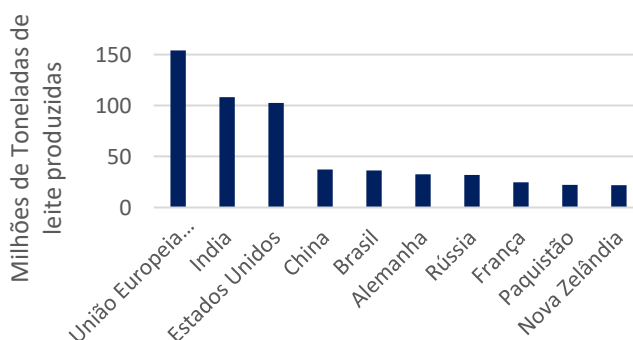
De um modo geral, a indústria dos lacticínios contribui com mais de 300 mil milhões de euros, anualmente, para a economia mundial. O produto com maior volume de negócios e vendas é o leite, seguido do queijo que, apesar de ter um volume de vendas inferior ao iogurte, possui o segundo mais elevado volume de negócios, totalizando em 2021 cerca de 130 mil milhões de euros mundialmente (Figura 4.1).



Nota. Adaptado de AHFES (2021). Dairy Market Value and Volume

Figura 4.1. Volume Mundial de Negócios e Vendas na Indústria dos Lacticínios em 2021

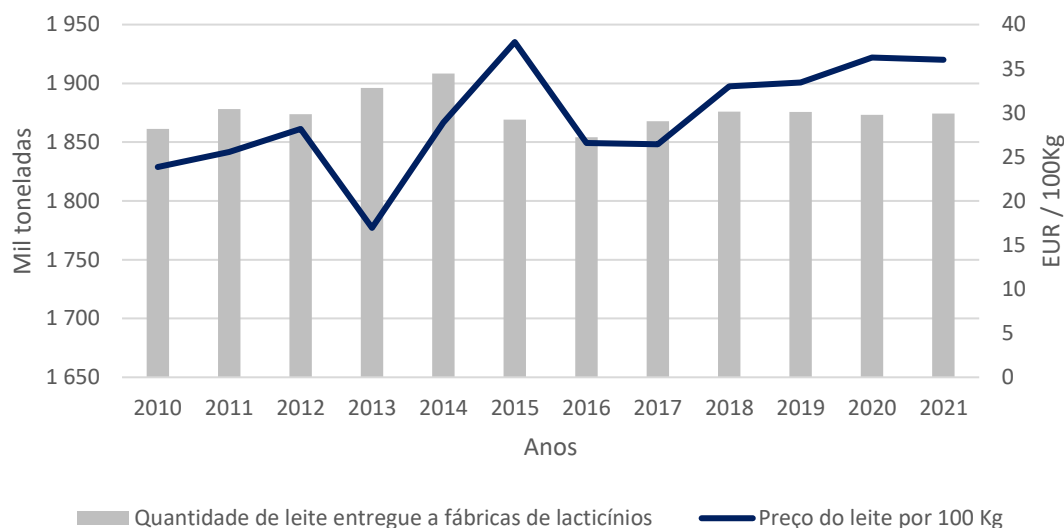
A União Europeia é o maior produtor de leite a nível mundial com uma produção de cerca de 150 milhões de toneladas anuais. Em termos de países, a Índia e os Estados Unidos lideram a produção de leite.



Nota. Adaptado de FAS (2023). Global Raw Milk Production - Annual Data

Figura 4.2. Top 10 dos Maiores Produtores de Leite Mundiais em 2021

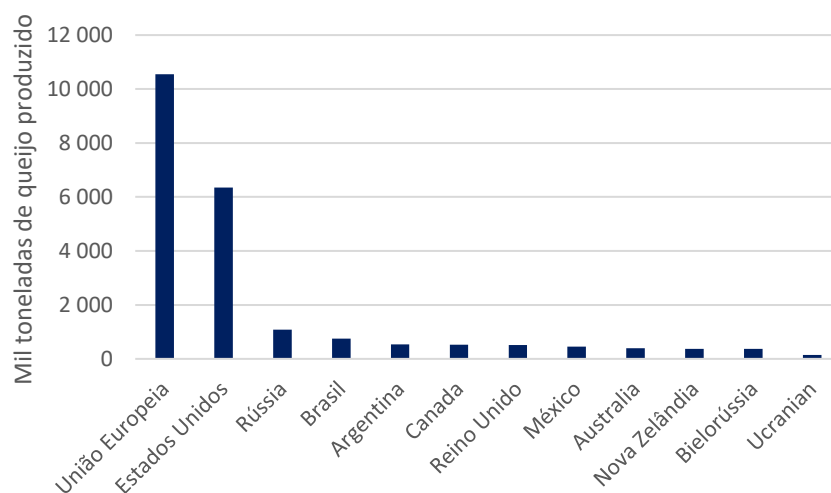
Do leite produzido na união europeia, cerca de 1900 mil toneladas são entregues a fábricas de laticínios anualmente. O preço pago por cada 100 Kg de leite entregue tem vindo a oscilar ao longo dos anos. Em 2015, com o fim das cotas leiteiras na União Europeia, atinge-se o pico de preço por cem quilogramas. Após uma queda em 2016, o preço tem vindo a apresentar uma taxa de crescimento constante nos últimos anos (Figura 4.3).



Nota. Adaptado de Eurostat (2023). Prices of Cow's Raw Milk

Figura 4.3. Quantidade de Leite Entregue a Fábricas de Laticínios na União Europeia versus o Preço do Leite por 100 Kg

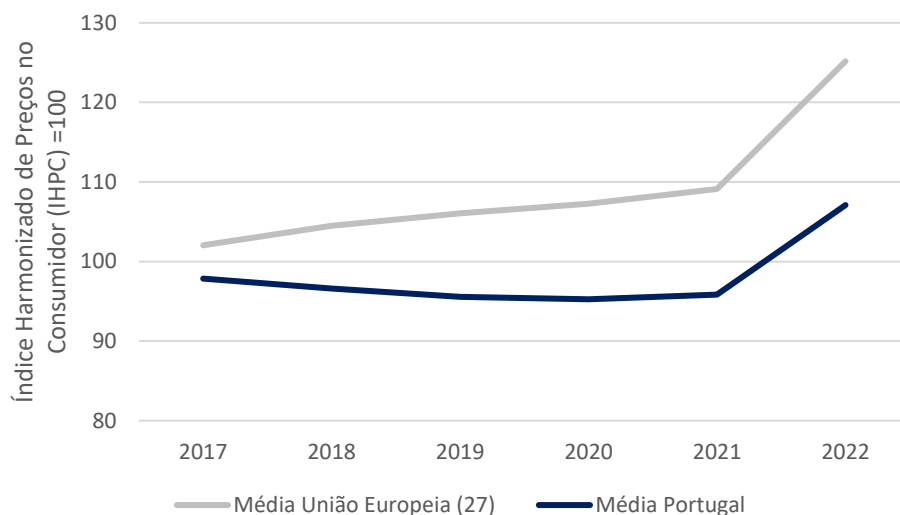
Verifica-se que a União Europeia é também o maior produtor mundial de queijo seguida dos Estados Unidos e da Rússia. Para além disto, a Rússia em conjunto com a China são os maiores importadores de queijo europeu (GPP, 2020).



Nota. Adaptado de FAS (2023). Global Cheese Production Annually Data

Figura 4.4. Principais Produtores Mundiais de Queijo em 2021

É possível observar na Figura 4.5 que, desde 2021, o preço do queijo, quer na União Europeia quer em Portugal, tem vindo a aumentar exponencialmente, prevendo-se que continue em crescimento nos próximos anos.



Nota. Adaptado de Eurostat (2023). Food Price Monitoring - Cheese and Curd Harmonized Index of Consumer Prices Data

Figura 4.5. Evolução do Índice de Harmonização de Preços para o Consumidor na União Europeia e em Portugal de 2017 a 2022

De um modo geral, através de dados obtidos do INE (Instituto Nacional de Estatística), a produção e o uso de leite em Portugal pode ser resumido na Figura 4.6. Do leite de vaca produzido nas quintas, apenas 6% não é entregue a fábricas de lacticínios. Considerando as importações e exportações de leite de vaca cru, é entregue, na totalidade, 1940 mil toneladas de leite anualmente nas fábricas de lacticínios. Deste leite, apenas são obtidas 1162 mil toneladas de produtos (frescos e fabricados) o que implica uma perda de quase 60% de peso no processo produtivo (baixo rendimento de matéria-prima). A grande maioria do leite é utilizado na produção de produtos frescos, nomeadamente, leite para consumo. O queijo é dos produtos lácteos com menor rendimento, uma vez que para cada quilo de queijo produzido são utilizados cerca de dez litros de leite.

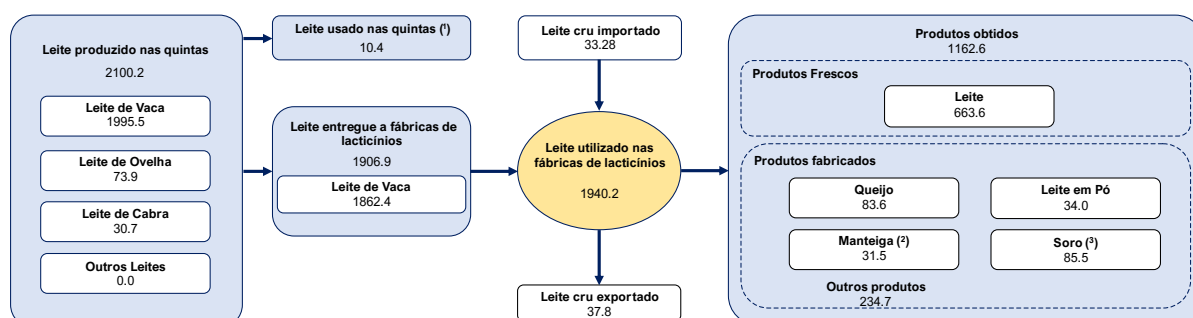
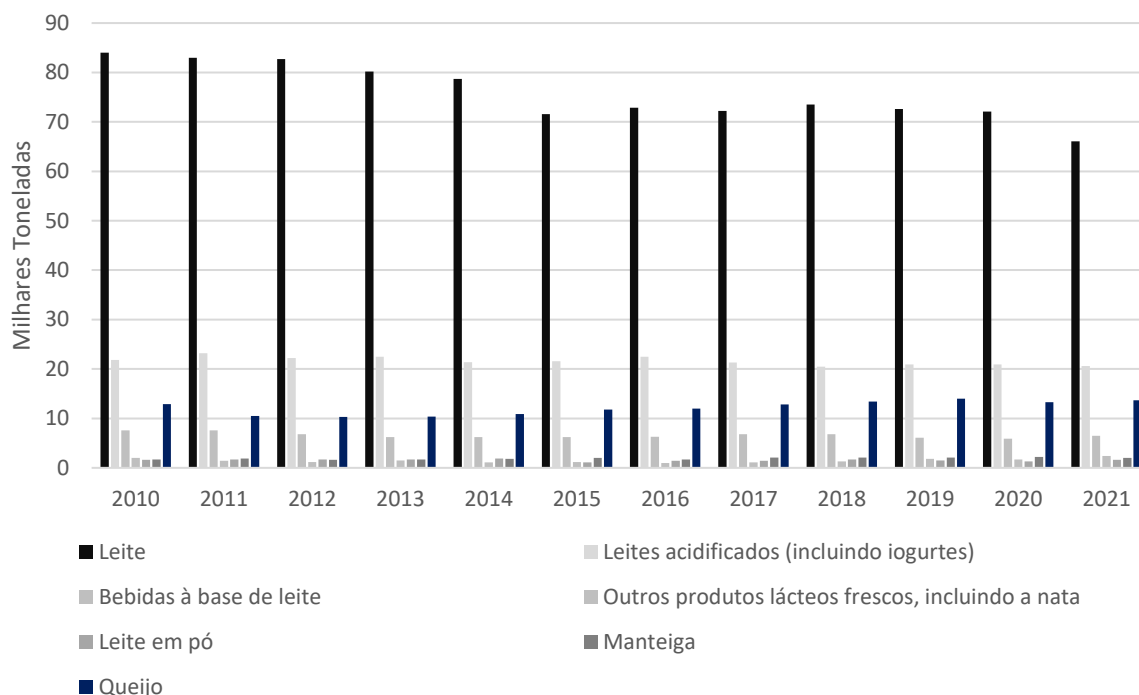


Figura 4.6. Produção e Uso de Leite em Mil Toneladas – Portugal 2021

4.2.2 Tendências atuais de consumo

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE), os produtos lácteos mais consumidos anualmente pelos portugueses são o leite, os leites acidificados (que incluem os iogurtes) e o queijo como se pode observar na Figura 4.7.

No entanto, nota-se ao longo dos últimos anos uma descida no consumo de leite. Já o consumo de queijo tem-se mantido estável ao longo dos anos.



Nota. Adaptado de INE (2023). Dados anuais de consumo humano de leite e produtos lácteos per capita (kg/ hab.) por tipo de leites e produtos lácteos

Figura 4.7. Evolução do Consumo Português per Capita (kg/habitante) de Leite e seus Derivados, entre 2010 e 2021

O queijo é um alimento base na alimentação portuguesa, estando presente em 96% dos lares portugueses (ANILAC, 2019).

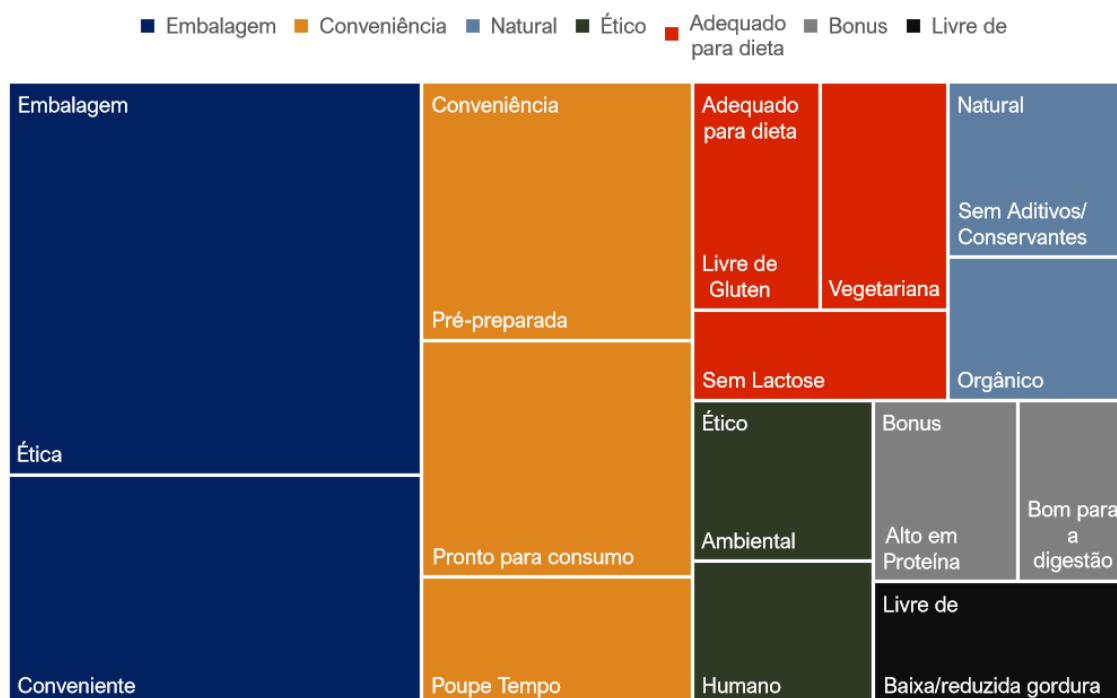
Segundo dados de 2018 da Marktest (2018), cerca de 7 milhões e 593 mil portugueses (88,8% dos habitantes de Portugal continental) consomem queijo pelo menos uma vez por ano e cerca de 61,5% dos indivíduos afirmam que o seu queijo de eleição é o queijo flamengo.

Os padrões de consumo tradicionais de leite e produtos lácteos, baseados no preço, sabor e conveniência do produto, têm vindo a evoluir para padrões de consumo mais focados na saúde e bem-estar, na segurança alimentar, no impacto social e na experiência de consumo (Burke et al., 2018).

De acordo com a European Dairy Association (2022), para além do preço, os principais fatores de compra de um produto lácteo são: a embalagem, o grau de conveniência do produto,

a adequação à dieta, a ética de produção, ser natural, livre de gorduras e ter outros benefícios de consumo. Cada um destes fatores está subdividido categorias que impactam a escolha do produto, como é possível observar no mapa árvore da Figura 4.8.

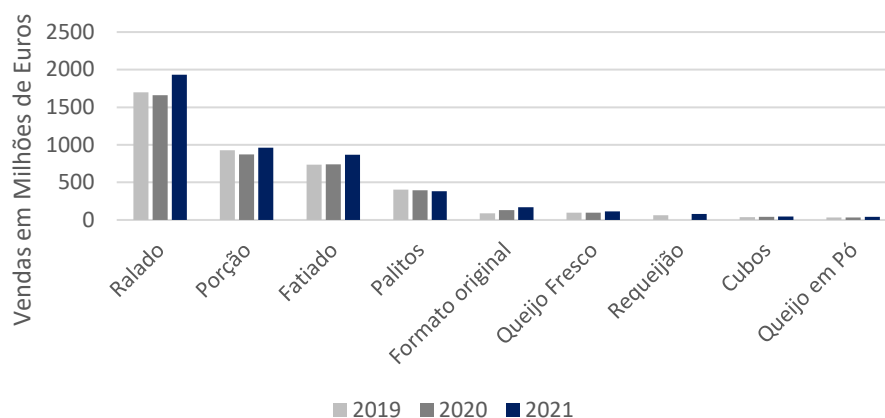
De um modo geral, 50% da escolha dos consumidores é influenciada pela embalagem (especialmente pela sua ética ambiental e conveniência do formato) e pelo grau de conveniência do produto (se é pré-preparado, pronto para consumo e permite poupar tempo).



Nota. Adaptado de AHFES (2021). Positioning in the European dairy market data

Figura 4.8. Mapa Árvore das Características que Influenciam a Escolha dos Consumidores Europeus nos Produtos da Indústria dos Laticínios (com exceção do preço) entre 2021 e 2022

No que toca a embalagem e conveniência do produto, esta evolução de consumo é comprovada pelo volume de negócios mundial dos vários formatos de comercialização de queijo. Tal como é possível observar na Figura 4.9, a nível mundial há uma distinta preferência de consumo por formatos mais convenientes, prontos para consumo e que poupem tempo, como é o caso do queijo ralado, em porções e fatiado que são os formatos de comercialização com maior tendência entre 2019 e 2021.



Nota. Adaptado de Dairy Food & Iri (2023). Cheese Sales Data

Figura 4.9. Evolução do Volume de Negócios Mundial por Formato de Comercialização de Queijo de 2019 a 2021

4.2.3 Principais desafios

O setor dos laticínios atravessa neste momento vários desafios relativos ao contexto político e legal, aos padrões de consumo do mercado, aos métodos de produção e às cadeias de distribuição. De um modo geral, são apresentados de seguida os desafios sentidos pelo setor e as principais razões por de trás desses desafios.

- O fim do regime de quotas leiteiras, ou seja, de limitações de produção de leite, assim como as sanções da Rússia ainda vigor (proibição de importação de produtos lácteos europeus para território russo) levam a um excesso de oferta e preços baixos no mercado europeu de laticínios (Burke et al., 2018). Isto denota-se, especialmente, no mercado do queijo, já que a Rússia era um dos principais importadores de queijo europeu, representando um grande desafio para o setor onde as margens de lucro já são tendencialmente baixas.
- As novas exigências nacionais e comunitárias em termos de segurança alimentar, ambiente (como por exemplo gestão ambiental de efluentes e restrições do consumo de água), bem-estar animal e licenciamento (incertezas no enquadramento legal do setor) causam dificuldades de adaptação quer aos produtores quer aos industriais (GPP, 2011).
- As barreiras de exportação devido às regras de segurança alimentar apertadas ou da utilização abusiva do princípio de precaução, especialmente para países fora da União Europeia, como os Estados Unidos, são um desafio para o setor dos laticínios que tem um mercado interno muito reduzido para o nível de produção (GPP, 2011)
- O regresso das tarifas punitivas dos Estados Unidos sobre a importação de produtos agrícolas europeus em 2026 representam um desafio para o setor já que os Estados

Unidos são um dos maiores importadores de produtos lácteos europeus de valor acrescentado europeus (Burke et al., 2018).

- A redução do nível de ajudas diretas, decorrentes da reforma da política agrícola comum (PAC), pouso desafios para setor que dependem bastante destas ajudas para manter margens de lucro positivas.
- As incertezas políticas europeias causam muita instabilidade no mercado dos laticínios, especialmente em acordos comerciais e tarifas relacionadas com a comercialização dos produtos, pondo em causa a cadeia de valor do setor (GPP, 2020).
- A mudança de padrões de consumo tradicionais para consumo consciente com foco na ética ambiental e social e a exigência dos consumidores com altos padrões de qualidade a preços baixos é um dos principais desafios que o setor atravessa (Burke et al., 2018). Este desafio leva à necessidade da redução de custos em toda a cadeia produtiva para além da implementação de melhorias tecnológicas.
- Custos elevados de transporte e falta de alternativas leva a dificuldades de comercialização e distribuição. Para além disso, a localização geográfica periférica do país na união europeia dificulta o escoamento de produtos para mercados internacionais.
- A volatilidade dos preços após a globalização do setor dos laticínios origina instabilidade no fluxo dos mercados internos e externos. Agregado a isto, o preço do produtor e do industrial não está alinhado com o aumento de custos de produção do setor (aumento de custo da água, da energia e dos transportes).
- As mudanças climáticas afetam tanto a qualidade como o rendimento da principal matéria-prima do setor, o leite, condicionando toda a cadeia de valor do setor.
- A alta especialização de várias unidades de produção em estados-membros (fábricas monoproduto), especialmente da produção queijo, aumenta o potencial de crescimento e competitividade desses países, ainda que traga alguma vulnerabilidade a mudanças bruscas de padrões de consumo (Burke et al., 2018). O setor português, composto principalmente por pequenas-médias empresas e fábricas multiproduto, tem cada vez mais dificuldades crescentes em competir com estas condicionantes de escala e custos elevados de produção.

4.2.4 Regras e Regulamentações

Ao nível de segurança alimentar, a legislação europeia é das mais complexas e exigentes do mundo (Sol, 2020).

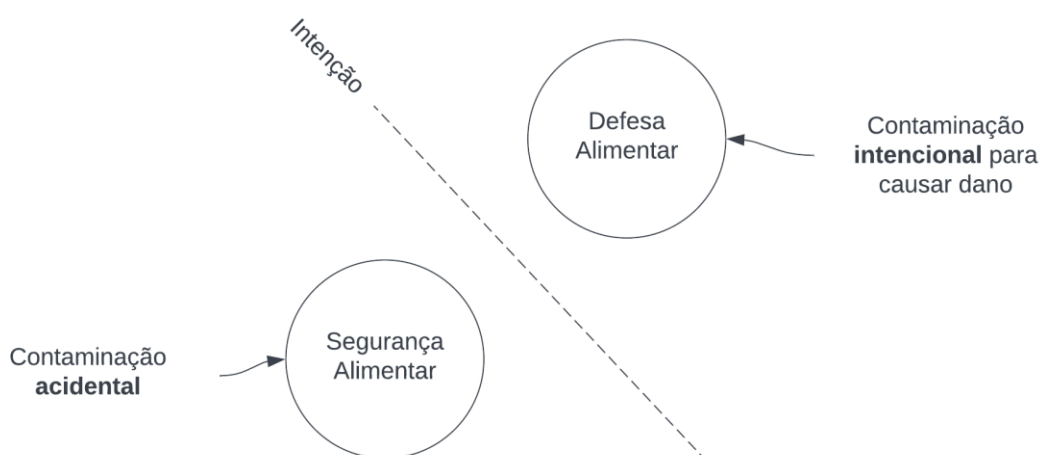
Os pilares da segurança alimentar europeia são a saúde pública e a defesa dos consumidores, sendo o seu principal objetivo assegurar a proteção dos consumidores, garantindo o bom funcionamento do mercado europeu. A legislação abrange toda a cadeia alimentar, desde a produção ao consumo, de forma integrada, impedindo que alimentos prejudiciais para a saúde

ou impróprios para consumo humano cheguem ao mercado. Foca-se principalmente em aspectos relacionados com a segurança alimentar, embora nos últimos anos tenha sido feito um esforço no sentido da defesa alimentar também.

O conceito de segurança alimentar é definido como a garantia de que um alimento não provocará danos ao consumidor aquando da sua preparação e/ou consumo (WHO et al, 2009). De um modo geral os principais perigos relacionados com a segurança alimentar são a presença de qualquer tipo de agentes químicos, físico ou biológicos capazes de causar efeitos adversos na saúde (ISO, 2006). Para assegurar a segurança alimentar é necessário um esforço por parte de toda a cadeia alimentar, desde os produtores de matérias-primas e produtores primários até ao retalho. A maioria das organizações do setor alimentar possui sistemas próprios e políticas de segurança alimentar internas de modo a cumprir os requisitos legais de segurança alimentar, sendo que em algumas organizações vigoram também padrões e normas internacionais de segurança alimentar.

O conceito de defesa alimentar não tem uma definição universalmente aceite, mas é normalmente referido como um termo generalista para atividades relacionadas com a proteção da cadeia de abastecimento de alimentos contra atos deliberados ou intencionais de contaminação ou adulteração (BSI, 2017), atos estes cometidos muitas vezes de modo a prejudicar uma organização ou até mesmo afetar a economia de um país.

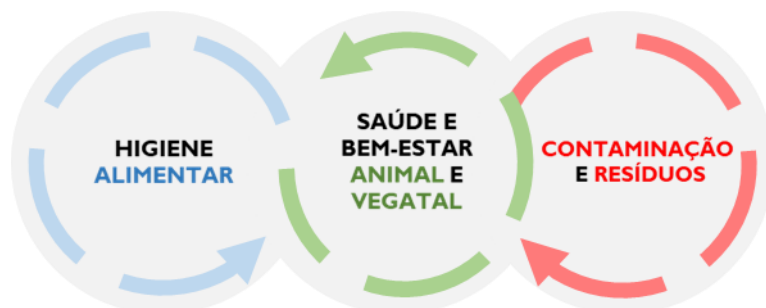
Enquanto nos sistemas de segurança alimentar o foco é a contaminação accidental dos produtos, no caso dos sistemas de defesa alimentar, o foco é a contaminação deliberada.



Nota. Adaptado de "Food Safety, Food Fraud, and Food Defense: A Fast Evolving Literature" de L. Manning e J. Soon, 2016, Journal of Food Science

Figura 4.10. Conceito de Segurança Alimentar versus Defesa Alimentar

De um modo geral, a segurança alimentar europeia é assegurada por um sistema de controlo abrangente relacionado com: a higiene alimentar, a saúde e o bem-estar animal e vegetal e a contaminação e resíduos.



Nota. Adaptado de "Ensuring Food Is Safe: The veterinary and phytosanitary system of the European Union explained" de European Commission, 2018, Publications Office

Figura 4.11. Elementos do Sistema de Controlo de Segurança Alimentar Europeu

Os principais requisitos/obrigações dos produtores e industriais são identificados pela União Europeia (2018) como:

- Ter autocontrolos documentados no local;
- Identificar e rever regularmente os pontos críticos nos seus processos e assegurar que os controlos são aplicados nesses pontos;
- Notificar as autoridades para as suas atividades e cooperar nos controlos oficiais;
- Ser responsáveis pela segurança dos alimentos para consumo humano e animal que produzem, transportam, armazenam ou vendem;
- Assegurar a rastreabilidade, identificando rapidamente quaisquer fornecedores ou destinatários;
- Informar imediatamente as autoridades competentes se tiverem razões para crer que os seus alimentos para consumo humano ou animal não são seguros; e
- Retirar imediatamente do mercado os alimentos para consumo humano ou animal, se tiverem razões para acreditar que estes não são seguros.

A legislação alimentar europeia abrange principalmente: a produção primária, as condições de higiene no processo produtivo, o embalamento e a rotulagem de alimentos e os controlos oficiais para assegurar o cumprimento das regulamentações de segurança alimentar.

No Anexo A, é possível observar uma síntese das inúmeras legislações aplicáveis a leite e produtos lácteos relativas a temas como: higiene dos alimentos e controlos oficiais; segurança, higiene e saúde no trabalho, controlos metrológicos; rotulagem geral e nutricional; alegações nutricionais de saúde; suplementos alimentares; materiais em contacto com os alimentos; resíduos; subprodutos; saúde animal; licenciamento; entre outros.

O fabrico de queijo está sujeito ao cumprimento de vários procedimentos e regulamentações da indústria dos lacticínios dos quais se destacam:

- **Regulamento (CE) N.º 178/2002/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de janeiro** - regulamento que determina os princípios e as normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios
- **Regulamento (CE) N.º 852/2004/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril** - dita normas e regulamentações relativos à higiene dos géneros alimentícios, destinada aos operadores (pessoa coletiva ou singular responsáveis pelo cumprimento das regulamentações);
- **Regulamento (CE) N.º 853/2004/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril** - estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos alimentos de origem animal;
- **Regulamento (CE) N.º 1831/2003 da Comissão, de 22 de setembro** - Fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos alimentos;
- **Decreto Lei nº199/2008 de 8 de outubro** – estabelece as condições a que os pré-embalados devem obedecer; e
- **Portaria nº1198/91 de 18 de dezembro** – estabelece as condições a que os pré-embalados devem obedecer.

Para além da legislação a que este setor é sujeito, são ainda estabelecidas regras de boas práticas pelas entidades competentes de cada país.

A globalização, a complexidades dos processos de produção e as características únicas de distribuição e comercialização do setor alimentar, assim como os novos padrões de consumo, são apenas alguns dos fatores considerados na abordagem das legislações europeias de segurança alimentar.

ESTUDO DE CASO

5.1 Apresentação da Empresa

A empresa portuguesa onde foi realizado o estudo de caso para esta dissertação é especializada na produção e comercialização de produtos alimentares na área dos lacticínios e seus derivados.

Com uma vasta gama de produtos lácteos, desde leites, natas, manteigas, iogurtes e queijos, esta empresa está no top 20 das maiores empresas agroalimentares europeias e é líder de mercado nos segmentos em que está presente.

Desde sempre esta empresa tem como tradição padrões de excelência em termos de qualidade, inovação e exigência, assegurando a liderança tecnológica e comercial de modo a ter a capacidade de satisfazer de forma excecional as necessidades e expectativas dos seus clientes e consumidores.

De forma a demonstrar este compromisso com melhoria contínua e para com a satisfação dos seus consumidores, a empresa possui um leque de certificações em gestão da qualidade, segurança alimentar e vários modos de produção.

A empresa detém várias unidades fabris na Península Ibérica e emprega mais de 1500 colaboradores, sendo que a unidade fabril onde se realizou o estudo de caso é constituída por 10 grandes setores:

[1] Área Administrativa

[2] Receção do leite e concentração

[3] Fábrica da Manteiga

[4] Fábrica do Leite (fresco)

[5] Fábrica dos iogurtes

[6] Torre de Secagem

[7] Queijaria

[8] Logística

[9] ETEI (Estação Tratamento Efluentes Industriais)

[10] Manutenção

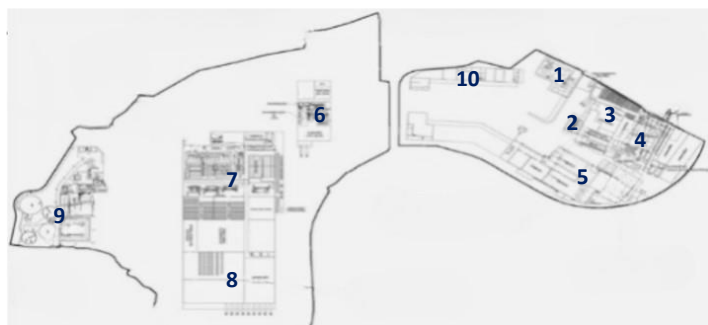


Figura 5.1. Layout da unidade fabril

Nos últimos anos, esta unidade fabril tem vindo a apostar em iniciativas de digitalização e de melhoria contínua, com a criação de um departamento com vista à redução de falhas e eliminação de desperdícios em todos os processos produtivos, aumentando a eficácia e eficiência da fábrica, estando, neste momento, a decorrer um projeto de melhoria contínua por todo o setor do queijo envolvendo vários departamentos e áreas da empresa.

5.1.1 A queijaria

A queijaria é responsável por todos os processos que ocorrem desde a receção de leite até à entrada do produto final no departamento logístico (englobando, também, o processamento e/ou reencaminhamento dos subprodutos associados ao processo de produção).

Na unidade fabril em estudo, a queijaria representa o setor que mais consome recursos, tornando-se no setor que mais beneficia da aplicação de metodologias de melhoria contínua, como o *Lean Seis Sigma*, para diminuição de ineficiências e aumento de produtividade.

Para atingir o objetivo fixado e responder às questões de investigação é necessário compreender a unidade de produção em estudo.

5.1.1.1 Setores e Secções

A queijaria está dividida em diferentes setores e secções que contribuem de diferentes formas para o processo de produção do queijo. Esta divisão, baseada principalmente em barreiras físicas e/ou diferenciação de tarefas, pode ser observada na Figura 5.2.



Figura 5.2. Principais Setores e Secções

A compreensão das etapas do processo produtivo, que se realizam ou estão afetas a cada um destes setores e secções, beneficia a identificação das áreas críticas de atuação.

Na Tabela 5.1 é apresentada uma breve descrição do papel de cada setor e secção no processo produtivo.

Tabela 5.1. Descrição dos Setores e Secções da Queijaria

Setores e Secções		Descrição
Fabrico	Sala de Controlo	Secção do fabrico responsável pela gestão da receção e tratamento térmico de leite e nata, pela gestão das ordens de produção (OP), pelo processo de ingredientação, e pelo abastecimento das máquinas de enchimento.
	Fabrico	Secção do fabrico responsável pelo controlo da produção nos tanques da coalhada (TC), pelo enchimento dos moldes, pela prensagem e pela desmoldagem da massa.
	Salmoura	Secção responsável pelo processo de salga do queijo, a parâmetros controlados, e pelo tratamento antifúngico do queijo em formato bola e prato.
Paletização e Tratamento		Setor responsável pela paletização do queijo à saída do tratamento antifúngico e pelo tratamento à crosta do queijo em formato bola e prato após encascamento.
Câmaras de Cura		Setor responsável pela cura do queijo a temperatura e humidade parametrizadas, pelas transferências de queijo necessárias, e pela viragem do queijo.
Corte e Embalamento	Fatiado	Secção do Corte e Embalamento responsável pelo porcionamento em fatias, acondicionamento e rotulagem do queijo em formato barra.

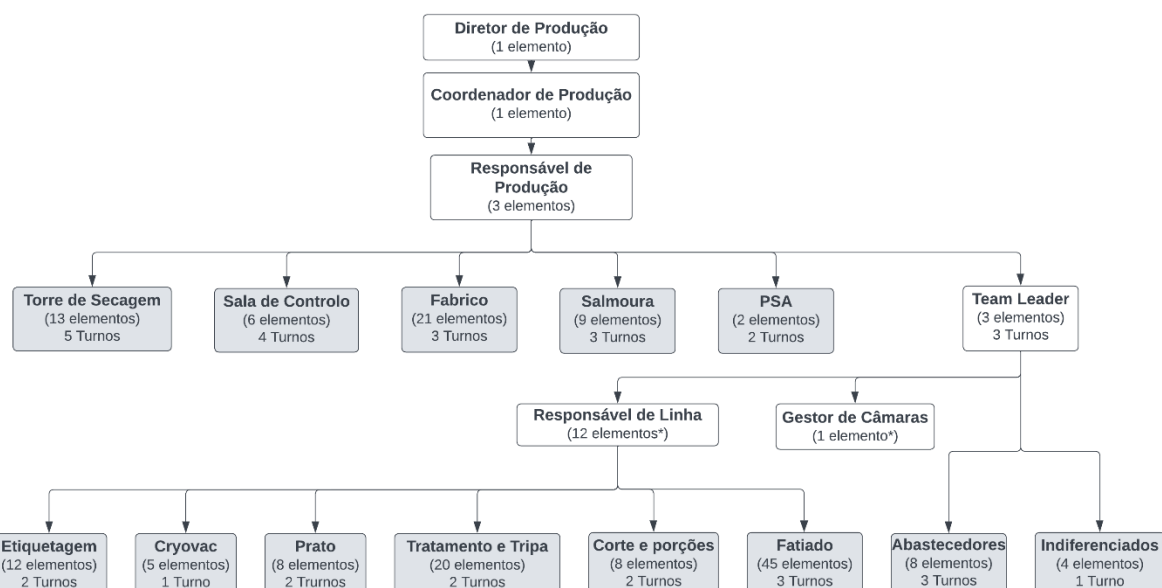
Tabela 5.1. Descrição dos Setores e Secções da Queijaria (continuação)

Setores e Secções		Descrição
Corte e Embalamento	Porções	Secção de Corte e Embalamento responsável pelo porcionamento em metades e quartos, acondicionamento e rotulagem de queijo em formato bola e prato.
	Cryovac	Secção do Corte e Embalamento responsável pelo porcionamento em metades, acondicionamento e rotulagem de queijo em formato barra a vácuo.
Pesagem	Prato	Secção da Pesagem responsável pela seleção, pesagem, rotulagem e acondicionamento do queijo em formato prato.
	Balanças	Secção da Pesagem responsável pela seleção, pesagem, rotulagem e acondicionamento do queijo em formato bola e em porções.
Lavagem de Cestas e Bases		Setor responsável pela lavagem, desinfecção e gestão das cestas onde são paletizados o queijo em formato barra, bola e prato, e as bases de transporte para as paletes de queijo.
PSA		Setor responsável por garantir a disponibilidade de material para o abastecimento contínuo às linhas de produção e pela entrega de fardamento.

5.1.1.2 Hierarquia

A hierarquia é um aspeto bastante importante de qualquer organização, sendo que a queijaria não é uma exceção. O estudo do organograma da queijaria permite estabelecer quais os cargos existentes, a constituição das equipas e suas obrigações, e quem são os responsáveis pela criação e monitorização dos fluxos de trabalho, auxiliando na organização da produção. Para além disto, permite estabelecer que linhas de comunicação existem e de que modo se realizam.

Na Figura 5.3 é possível consultar o organograma da queijaria com a indicação dos cargos, constituição das equipas e número de turnos.



Nota: A cor branca representa cargos ocupados por indivíduos enquanto que a cor cinzenta representa equipas.

* Situações em que a quantidade dos elementos que desempenham o cargo está contabilizada numa outra equipa.

Figura 5.3. Organograma Queijaria do Ponto de Vista da Produção

De um modo geral, as equipas representadas na Figura 5.3 estão alocadas a setores ou secções com a mesma denominação e com as mesmas responsabilidades. Para além destas equipas, ainda atuam na queijaria a equipa da qualidade e da manutenção; no entanto, pertencem a departamentos diferentes do departamento de produção.

Devido às necessidades de produção de queijo, é necessária a existência do regime de trabalho por turnos rotativos (das 5h às 13h; das 13h às 21h; das 21h às 5h) em alguns setores e/ou secções.

As linhas de comunicação estabelecem-se principalmente entre as chefias dos vários ramos hierárquicos tornando-se, assim, importante conhecer as funções desempenhadas por certos cargos.

Tabela 5.2. Cargos e as Suas Funções

Cargo	Funções
Responsável de Produção	Elaborar e garantir a execução do plano de produção. Garantir que os requisitos de qualidade e de segurança e higiene são cumpridos. Participação no planeamento de manutenções preventivas e priorização de manutenções curativas. Ser o elemento de ligação com o departamento de qualidade. Ser o elemento de ligação com o departamento de higiene e segurança. Gestão RH das equipas sob a sua responsabilidade. Colaborar ativamente para a melhoria contínua de processos.

Tabela 5.2. Cargos e as Suas Funções (continuação)

Cargo	Funções
Team Leader	Gestão RH das equipas sob a sua responsabilidade. Maximizar o desempenho das áreas sob a sua responsabilidade. Garantir o cumprimento do plano de produção, quer a nível de quantidade, quer a nível de qualidade do produto. Resolução de dificuldades de nível médio. Elemento de ligação ao departamento de higiene e segurança. Supervisionar qualidade e a segurança do processo produtivo.
Responsável de linha	Gestão RH da equipa da linha. Garantir o cumprimento do plano de produção. Garantir o desempenho da linha. Garantir a segurança na linha (uso de EPIs e comportamentos adequados). Controlo da operação da linha. Resolução de dificuldades de baixo nível.

5.1.1.3 Produtos e Formatos

Neste momento, a queijaria produz várias bases (massas com diferentes composições que dão origem ao queijo). Os produtos finais a que dão origem estão relacionados com os formatos do molde da massa das bases. Esses formatos podem ser barra, bola ou prato pequeno e prato médio. Na Figura 5.4 podem ser observados exemplos de formatos de produtos finais que são produzidos na unidade fabril; no entanto, os produtos apresentados não correspondem a produtos fabricados na queijaria em estudo.

De um modo geral, todo o queijo produzido em barra será fatiado e embalado no formato envelope, *flowpack* ou *cuvete*, ou será porcionado em metades e embalado a vácuo. Por outro lado, o queijo bola pode levar vários acabamentos (tais como celofane, tripa e parafina) e é comercializado em bola inteira ou metades e quartos selados em vácuo. O queijo em formato prato pode ser pequeno ou médio e ter acabamentos diferentes, sendo que é comercializado em porções inteiras ou metades. Cada um deste tipo de formatos é ainda comercializado a diferentes pesos líquidos incluindo peso fixo e variável.

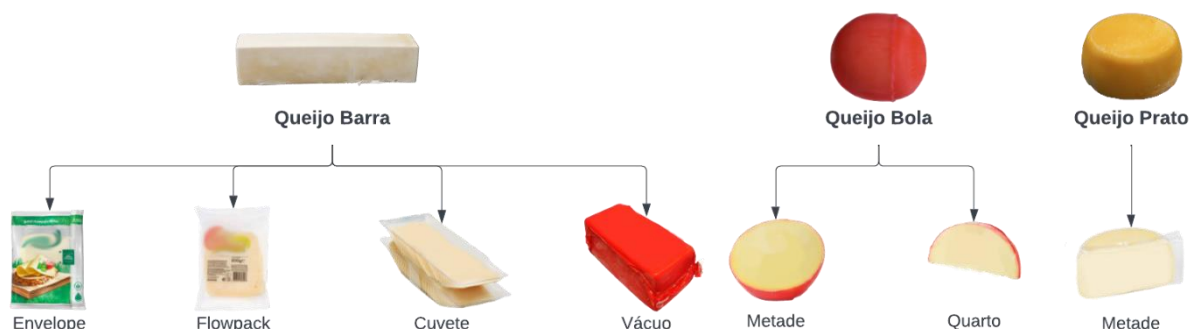


Figura 5.4. Exemplos de Formatos Produzidos de Queijo Barra, Bola e Prato

5.1.1.4 Descrição do Processo de Fabrico

De modo a implementar um projeto de melhoria contínua é de grande importância ter uma visão macroscópica do processo produtivo de modo a compreender as interdependências entre processos e de que forma estas afetam as características do produto final, assim como entender a complexidade das relações entre os setores e de que maneira impactam a eficiência e eficácia do processo.

O processo de fabrico de queijo é por si só um processo simples, mas envolve uma série de fenómenos físicos e químicos complexos (Bylund, 2015).

O fabrico de queijo, nada mais é do que um processo de concentração/desidratação, ou seja, um processo de redução do teor de água existente num alimento, que se inicia com a coagulação da caseína, a proteína do leite, e posteriormente passa por várias etapas de modo a controlar os fenómenos químicos que ocorrem, devido às interações entre moléculas de caseína, e alteram as características físicas, reológicas e organoléticas do queijo. Estas interações são principalmente afetadas pelos seguintes fatores e as inter-relações entre eles: pH; temperatura; composição do queijo (em particular o teor de caseína, o teor de massa gorda, o teor de humidade e o teor de cálcio); a dissolução do fosfato de cálcio coloidal; e a proteólise (Law & Tamime, 2010).

Enquanto que as propriedades organoléticas e físicas pretendidas determinam os requisitos da composição do queijo (gordura, caseína e humidade), o pH e outros parâmetros físico-químicos condicionam o tipo de processo a utilizar.

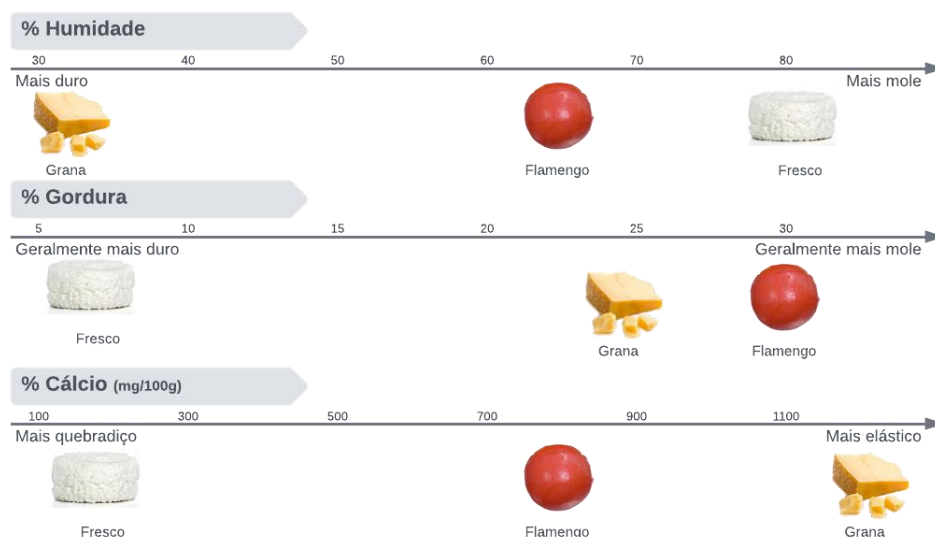


Figura 5.5.Composição do Queijo versus Textura

Assim, para obter o queijo desejado, existem dois elementos-chave a considerar durante o processo:

- A composição do leite (responsável, em parte, pela composição do queijo);
- As curvas de acidificação durante o fabrico (influenciam a perda de peso/humidade do queijo, a dissolução do fosfato de cálcio coloidal e o pH - fatores chave na textura final do queijo).

O fabrico de queijo envolve várias etapas que, com a exceção de tratamentos específicos a certas variedades, são comuns à maioria dos tipos de queijos.

As principais etapas de produção na queijaria em estudo são ilustradas esquematicamente no diagrama de operação do processo na Figura 5.6.

Este processo de fabrico pode ser dividido em três grandes etapas: receção e tratamento de leite, fabrico de queijo, tratamento e acabamento.

O processo de fabrico inicia-se com o planeamento da produção através das quantidades encomendadas para cada referência para a semana seguinte de produção, ou seja, a encomenda é feita numa base semanal e o planeamento é sempre feito na semana n-1. O leite, principal ingrediente do queijo, é pedido de acordo com as necessidades do plano de produção, quer em termos de quantidade, quer em termos de composição.

Receção e Tratamento de Leite

O leite proveniente de várias cooperativas é transportado para o centro de receção e concentração através de camiões-cisterna. Antes de efetuar a descarga para os tanques “pulmão” da unidade fabril, cada cisterna que contenha leite é sujeita a testes laboratoriais de modo a averiguar a composição e qualidade do leite rececionado. Para além de permitir a seleção de leites específicos para a produção de certos produtos, estes testes são muito importantes para detetar se o leite rececionado provém de animais doentes ou contém antibióticos e/ou sedimentos, já que estes não devem ser descarregados para os tanques. Vestígios de antibióticos no leite tornam-no impróprio para o fabrico de queijo e outros derivados de leite uma vez que inibem, parcialmente ou totalmente, o funcionamento das culturas bacterianas (fermentos) responsáveis pela produção de ácido láctico comprometendo o processo (Bylund, 2015). O leite é então descarregado e fica armazenado nos tanques “pulmões” a aguardar tratamento.

A **termização** é o primeiro tratamento pelo qual o leite passa. Consiste num tratamento térmico a 65°C durante 15s, de modo a destruir a maioria da carga microbiana do leite, em especial psicotróficos, assim como outros organismos e sistemas enzimáticos (Bylund, 2015). Posteriormente, o leite é sujeito a um rápido arrefecimento a 4°C ou abaixo para evitar que as bactérias tenham capacidade de se multiplicarem após a termização.

O processo de termização é um tratamento de leite cru pré-pasteurizado que deveria ser só aplicado em condições excecionais, uma vez que todo o leite deveria ser pasteurizado dentro de 24h após a sua receção (Bylund, 2015). No entanto, devido aos altos volumes que chegam todos os dias à unidade fabril, tal não é possível, optando-se por primeiro termizar o leite rececionado para salvaguardar a qualidade de conservação, o que faz com que várias bactérias revertam para um estado latente, e, posteriormente, enviar o leite para cada setor, onde é pasteurizado e estas bactérias serão destruídas.

Ainda no setor da receção e concentração de leite, após a termização, o leite é desnatado.

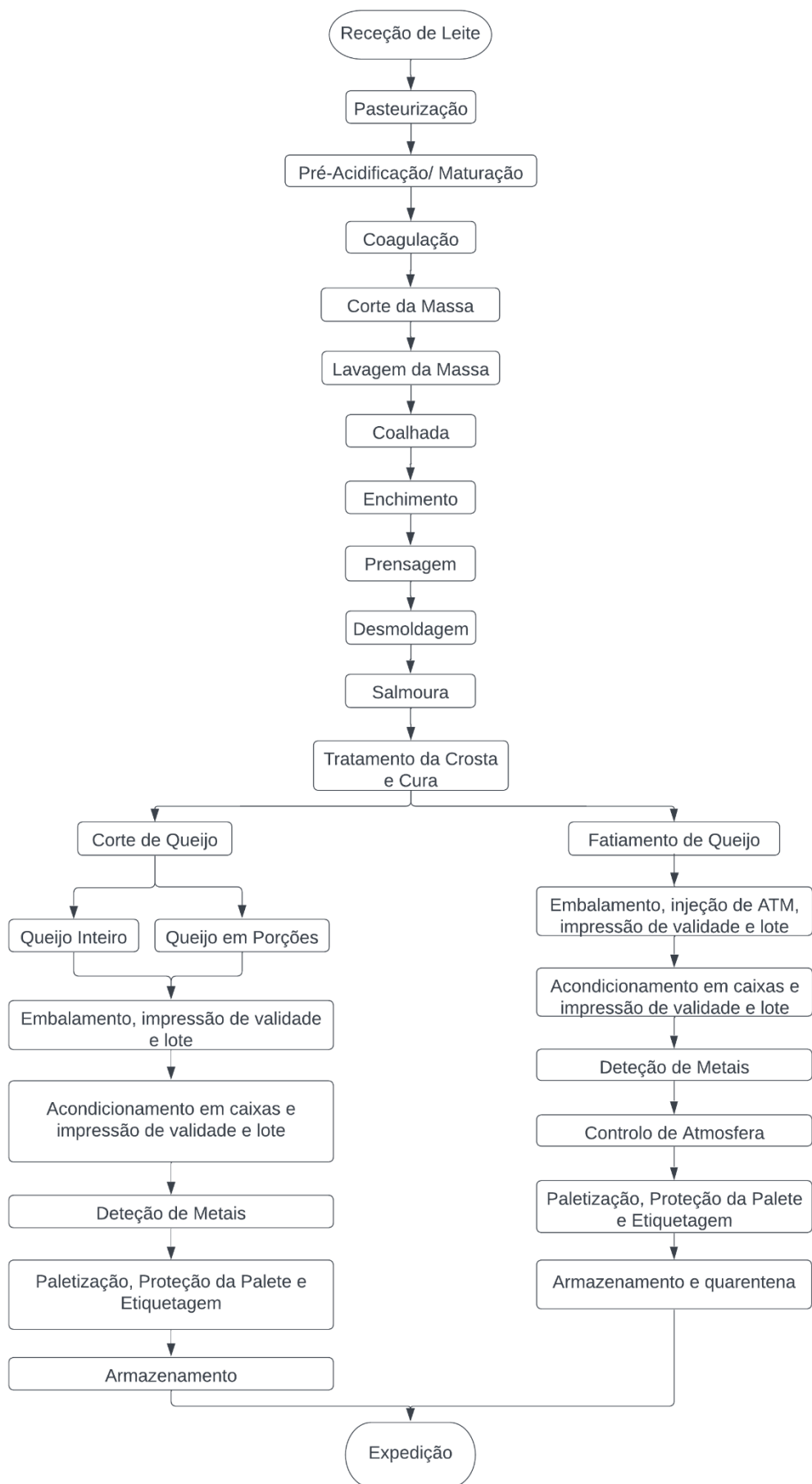


Figura 5.6. Diagrama de Operação do Processo de Fabrico de Queijo

A **desnatação** consiste na separação da gordura do leite (nata), dando origem a dois produtos: leite magro e a nata. Este processo permite a posterior **normalização** do nível de gordura no leite, para as concentrações desejadas, através da adição da nata retirada previamente.

Após a desnatação do leite, este passa por um processo de **filtração** de modo a remover bactérias e esporos (Bylund, 2015).

Terminados estes processos de tratamento, é acrescentado ao leite a nata necessária para obter o teor de gordura desejado, conforme as necessidades de produção de um determinado tipo de queijo.

O leite é então transferido do setor de receção e concentração de leite, através de um sistema de tubos, para os silos da queijaria onde é armazenado.

Aquando do início de um novo ciclo de produção, este leite é **pasteurizado**. Este tratamento térmico consiste em colocar o leite entre 72 a 75°C durante 15 a 20 segundos. O objetivo deste processo é tornar o leite o mais seguro possível para consumo, através da eliminação da maioria das bactérias (tais como os coliformes que interferem com a evolução do processo de cura e conferem um sabor desagradável ao queijo) e agentes patogénicos, capazes de afetar a qualidade do queijo (Bylund, 2015), assim como inativar certas enzimas (P. McSweeney, 2007). Deste modo, a pasteurização constitui um ponto crítico de controlo (PCC), sendo que se as temperaturas saírem fora dos limites, o leite entra em recirculação.

Fabrico de Queijo

O leite pasteurizado é encaminhado para os tanques para fermentos (TPF), onde são adicionados *starters*. Note-se que, se o queijo a fabricar for do tipo “prato” o fermento é adicionado diretamente nas cubas.

O *starters* são culturas bacterianas (fermentos lácteos) que promovem a conversão de lactose (ou galactose) em ácido láctico, através de um processo de fermentação, e que levam a uma consequente diminuição do pH (P. McSweeney, 2007).

A este processo que permite a uniformização da distribuição das bactérias e que inicia o seu processo de inoculação e crescimento dá-se o nome de **pré-acidificação/maturação**.

Os *starters* são essenciais no processo produtivo de queijo uma vez que, para além de promoverem a formação de ácido láctico na coalhada, desempenham papéis importantes em todas as fases do processo produtivo de queijo:

- Promovem a degradação das proteínas do leite como a caseína (ocorre alterações físico-químicas nas micelas) e influenciam a atividade enzimática, o que promove a coagulação quando é adicionado coalho no leite em iteração (Law & Tamime, 2010);
- Promovem a segurança microbiana, uma vez que controlam e previnem o crescimento de organismos patogénicos e a deterioração do leite por bactérias já que a multiplicação microbiana tem menor tolerância a alta acidez, ou seja, baixo pH (P. McSweeney, 2007);

- Garantem um correto pH durante a fase de coagulação;
- Garantem o teor de humidade após a prensagem, uma vez que promovem a sinérese devido à diminuição do pH (P. McSweeney, 2007);
- Solubilizam o fosfato de cálcio coloidal ajudando a determinar o nível de cálcio na coagulação (fator que influencia a formação de coalhada e a textura do queijo) (P. McSweeney, 2007); e
- Influenciam ainda o sabor e aroma (através do metabolismo enzimático), a consistência/textura finais do queijo e a formação de “olhos” (pequenos orifícios que se formam no queijo) (Bylund, 2015).

A escolha do fermento utilizado depende do tipo de queijo desejado e da matriz de rotação de fermentos (a rotação de fermentos impede a acumulação, dia após dia, de bacteriófagos que atacam uma ou mais estirpes de culturas bacterianas nos tanques e por isso perturbam a síntese de ácido láctico).

Os *starters* continuam a atuar até que as condições dentro do queijo assim não o permitam.

Após a adição de fermentos, o leite em iteração é enviado para as cubas onde são adicionados o cálcio e o coalho. O coalho ou renina é uma mistura de enzimas que hidrolisam (alteram física e quimicamente) as caseínas responsáveis pela estabilização da formação de micelas e prevenção da coagulação do leite. Ao adicionar este ingrediente, ocorre o processo de **coagulação**, ou seja, ocorre a formação de um coágulo firme insolúvel chamado de coalhada.

Durante este processo são ainda libertados sais de cálcio e fósforo que, para além de influenciarem a consistência final do queijo, ajudam a manter a firmeza da coalhada.

Baixos níveis de cálcio levam à obtenção de um coágulo macio e uma grande perda de finos (pequenas partículas da coalhada que não conseguem ser recuperadas do soro de leite) e gordura, assim como uma baixa capacidade de sinérese durante o fabrico (Bylund, 2015).

A adição de cloreto de cálcio tem assim por objetivo promover a sinérese e melhorar as propriedades de coagulação (endurecendo até certo ponto a coalhada), o que faz com que o coágulo apresente a textura desejada.

Após o coalho e o cloreto de cálcio serem misturados nas cubas, a massa deve repousar à temperatura de 30°C durante um período de tempo pré-definido (tempo de coagulação), até se atingir o ponto ideal de corte da coalhada (atinge uma textura idêntica a iogurte). O tempo de coagulação é um fator muito importante a ter em conta no fabrico de queijo, sendo influenciado pela temperatura (não ocorre abaixo de certas temperaturas), pelo pH (o leite não coagula se o pH for muito elevado) e pela composição (concentrações altas de cálcio, coalho e proteína tendem a aumentar a velocidade de coagulação) (P. McSweeney, 2007).

Depois da coagulação, a coalhada é submetida a vários processos que promovem a sinérese, ou seja, a extração do soro do leite da coalhada (processo de desidratação que contrai a massa e expulsa o soro). O soro extraído é posteriormente ultrafiltrado e convertido em lactossoro em pó.

O primeiro processo, após se atingir o ponto ideal de corte da coalhada, é o **corte da massa**. Ainda nas cubas, a massa é submetida a cortes verticais e horizontais, com auxílio de liras, que quebram a coalhada em partículas mais pequenas e aumentam a área disponível para a expulsão de soro (promove a sinérese). Quanto mais fino for o corte da massa menor vai ser o teor de humidade no queijo resultante (Bylund, 2015).

De seguida, a massa é lavada com água pasteurizada de modo a controlar a acidez da massa, assim como a quantidade de lactose e minerais transferidos para a coalhada. No final deste processo de **lavagem da massa**, a massa coalhada permanece na cuba, retirando-se uma grande percentagem de líquidos (água e soro).

A massa coalhada é então transferida para os tanques da coalhada (TC) de onde é, posteriormente, encaminhada para as enchedoras de moldes.

Nas enchedoras, a coalhada é novamente dessorada e procede-se ao **enchimento** dos moldes onde a massa é doseada, prensada, cortada, e dispensada continuamente em multimoldes com o formato do queijo (formato prato pequeno ou médio, formato bola e formato barra). Após os moldes serem cheios, é verificado o peso através de um sensor de pesagem onde são rejeitados os moldes fora dos parâmetros tabelados para cada formulação que terão de ser posteriormente retificados manualmente. Aos moldes com peso conforme, é-lhes colocada uma tampa e inicia-se o processo de **prensagem**.

Cada tipo de queijo tem parâmetros de prensagem (pressão e tempo) diferentes; no entanto, a prensagem é geralmente um processo gradual, em que a pressão vai aumentando ao longo do tempo, sendo realizada em 3 estágios. Uma elevada pressão no início da prensagem pode causar a retenção da humidade no interior do queijo (Bylund, 2015).

Os principais objetivos deste processo são moldar o queijo, unificando a massa e promovendo a sinérese (através dos micro furos existentes nos multimoldes) e ainda a obtenção da textura desejável (Law & Tamime, 2010).

Terminado o tempo definido para a prensagem, procede-se à **desmoldagem** por vácuo/sucção no queijo em barra e bola e por sopro no queijo prato. Nesta etapa é essencial proceder à verificação do pH, uma vez que baixos valores de pH tornam o processo de salga mais eficaz do que altos valores.

Em seguida, o queijo é encaminhado para a **salmoura** onde permanece várias horas, de acordo com a sua receita. A salmoura é um tipo de salga do queijo por imersão, composta por água, sal, reguladores de pH e agentes de desinfecção e dividida em profundidade, em prateleiras que permitem a utilização método FIFO (*First in First out*) durante este processo, para assegurar que o tempo de permanência na salmoura é consistente ao longo dos vários queijos produzidos por lote.

A salmoura desempenha três papéis importantes no processo produtivo do queijo: atua como conservante, contribui diretamente para o sabor e qualidade do queijo final e promove a sinérese.

Concluído o tempo de permanência na salmoura, o queijo passa num túnel de secagem onde, com a exceção do queijo barra, a casca/crosta do queijo recebe um **tratamento** anti-fúngico de modo a evitar o crescimento de microrganismos indesejados.

De seguida, o queijo é paletizado e segue para as câmaras de cura onde permanece vários dias até ganhar as características desejadas. Cada câmara de cura possui diferentes parâmetros de humidade e temperatura controladas de modo a satisfazer as necessidades do tipo de queijo em **cura**, uma vez que este processo é o que mais influencia diretamente as características finais e individuais do produto (Bylund, 2015).

Tratamento e Acabamento

Quando termina o processo de cura, cabe aos colaboradores do departamento de qualidade verificar a conformidade do queijo através de testes organoléticos, ou seja, testes ao sabor, odor, cor, textura e aparência. A não conformidade do produto poderá implicar um tempo de cura mais longo, retrabalho, rejeição de lote (situação extrema), entre outros. Se o produto for conforme, após a avaliação terminar o produto é libertado para tratamento ou corte e acabamento conforme as características do produto e as encomendas do cliente.

Após encascamento, o queijo pode passar por vários tratamentos, dependendo do tipo de queijo.

O **tratamento** da crosta do queijo bola pode ser com celofane, tripa ou parafina, enquanto o queijo prato pode ter a sua crosta tratada com *vascoplast* (um conservante) ou um tratamento à base de pimentão, que leva a uma cura especial. Após tratamento, o produto retoma às câmaras de cura até ser novamente libertado pela qualidade.

O queijo tipo bola pode ser comercializado em bola inteira, metades e quartos. O processo de acabamento destes formatos é semelhante, com a exceção que as metades e os quartos são cortados manualmente e embalados a vácuo antes de se proceder ao seu acabamento para expedição. O processo de **acabamento do queijo tipo bola** desenvolve-se da seguinte forma:

- É impressa a data de validade e o lote (essencial para a rastreabilidade) em cada produto individualmente (tanto bolas inteiras como em porções embaladas) e, dependendo do produto, o seu peso;
- Os produtos são acondicionados em caixas onde será novamente impressa a validade e o lote;
- as caixas são sujeitas a um detetor de metais e, caso estejam conformes, são paletizadas;
- A paleta é identificada e protegida através da aplicação de um filme;
- As paletes são transportadas para uma área da logística onde são armazenadas a temperatura e humidade controladas até serem expedidas e comercializadas.

O queijo tipo prato pode ser comercializado em prato inteiro ou metades. O processo de acabamento destes formatos é semelhante, com a exceção que as metades são cortadas manualmente e embaladas a vácuo antes de se proceder ao seu acabamento para expedição e o queijo tipo prato é embalado em papel. O processo de **acabamento do queijo tipo prato** desenvolve-se da seguinte forma:

- É impressa a data de validade e o lote (essencial para a rastreabilidade) em cada produto individualmente e o peso;
- Os produtos são acondicionados em caixas onde será novamente impressa a validade e o lote;
- as caixas são sujeitas a um detetor de metais e, caso estejam conformes, são paletizadas;
- A paleta é identificada e protegida através da aplicação de um filme;
- As paletes são transportadas para uma área da logística onde são armazenadas a temperatura e humidade controladas até serem expedidas e comercializadas.

O queijo em barra pode ser comercializado em metades ou fatiado. O processo de acabamento destes formatos é semelhante em apenas alguns aspetos. O embalamento do queijo barra em metades é feito com recurso a vácuo e, posteriormente, seguem-se os seguintes passos:

- A data de validade e o lote (essencial para a rastreabilidade) são impressos em cada produto individualmente e o seu peso;
- Os produtos são acondicionados em caixas onde será novamente impressa a validade e o lote;
- as caixas são sujeitas a um detetor de metais e, caso estejam conformes, são paletizadas;
- A paleta é identificada e protegida através da aplicação de um filme;
- As paletes são transportadas para uma área da logística onde são armazenadas a temperatura e humidade controladas até serem expedidas e comercializadas.

O embalamento do queijo barra em fatias pode ser feito em cuvetes, envelopes e *flowpack* sendo que todos estes formatos carecem da injeção de ATM (atmosfera modificada) e selagem térmica. Após embalamento, o processo de **acabamento do queijo em barra fatiado** desenvolve-se da seguinte forma:

- É impressa a data de validade e o lote (essencial para a rastreabilidade) em cada produto individualmente e o peso líquido estabelecido para cada produto;
- Os produtos são individualmente sujeitos a um detetor de metais e, caso estejam conformes, acondicionados em caixas;
- A validade e o lote são novamente identificados nas caixas, assim como o peso total por caixa;

- as caixas são sujeitas a um controlo de atmosfera (detetor de fuga de gás) de modo a identificar se a ATM foi comprometida durante o processo de selagem ou de manuseamento do produto, caso o produto esteja conforme a caixa é paletizada;
- A palete é identificada e protegida através da aplicação de um filme;
- As paletes são transportadas para uma área da logística onde são armazenadas a temperatura e humidade controladas;
- Os produtos ficam em quarentena durante o período estabelecido para cada uma das referências de modo a detetar a presença de falhas na embalagem e/ou posterior desenvolvimento de bactérias;
- Terminado o período de quarentena são expedidas e comercializadas.

5.2 Aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma*

O presente estudo de caso centra-se na aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* na indústria dos lacticínios, mais especificamente, na queijaria de uma unidade fabril.

Pretende-se com esta aplicação melhorar a eficiência e eficácia desta queijaria tendo em conta o contexto atual do setor, as limitações e as regulamentações a que está sujeita, de modo a aumentar a satisfação do cliente e a rentabilidade da organização,.

De modo a atingir os objetivos propostos e responder às questões de investigação recorreu-se à aplicação do ciclo DMAIC, descrito de forma sucinta na Figura 5.7. O ciclo DMAIC foi utilizado uma vez que se baseia em abordagens quantitativas e sistemáticas para a melhoria de processos, e tem por objetivo a identificação e eliminação de variação que prejudique o seu desempenho.



Nota. Adaptado de "Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas" de C. Werkema, 2013, Elsevier Editora

Figura 5.7. Descrição Sucinta das Cinco Fases do Ciclo DMAIC

5.2.1 Fase *Define*

A fase *Define* é a fase inicial do ciclo DMAIC sendo a base da aplicação do projeto de melhoria contínua. O principal objetivo desta etapa é assegurar que o projeto selecionado vai ao

encontro das prioridades da organização. Esta fase inicia-se com a identificação e seleção do projeto e as metas a alcançar, terminando com o claro entendimento de qual é o âmbito do projeto.

Nesta fase é definido o projeto, estabelecendo-se o seu âmbito e recolhendo informações gerais sobre o processo atual em que se enquadra. De seguida, são determinadas as Características Críticas da Qualidade (CTQs) através da Voz do Cliente (VOC) e da Voz do Processo (VOP), que serão transformadas posteriormente em indicadores-chave de processo (*Key performance indicators* – KPIs). Isto permite estabelecer os critérios de sucesso do projeto e a monitorização e melhoria através da implementação de ferramentas *Lean Six Sigma*. O passo seguinte consiste na análise de um diagrama de alto nível, tal como o SIPOC, de modo a familiarizar toda a equipa envolvida no projeto sobre o funcionamento atual do processo em estudo. A fase *Define* culmina na criação do *Project Charter*, ou seja, um documento, tipicamente de uma página, onde é sumariado o projeto definindo-se, entre outras coisas, o propósito e âmbito do projeto, os objetivos, a equipa responsável, as restrições e pressupostos, as metas e o cronograma do projeto.

Durante esta etapa do DMAIC é essencial ouvir todas as partes envolvidas no processo assim como compreender quais os requisitos a serem cumpridos para satisfazer as expectativas dos clientes.

Na Tabela 5.3 estão sumariadas as etapas/atividades realizadas durante a Fase *Define* assim como as técnicas e ferramentas utilizadas.

Tabela 5.3. Atividades Realizadas na Fase *Define*, Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas

Etapas/Atividades	Técnicas e Ferramentas utilizadas
Análise global da queijaria e identificação de potenciais áreas de atuação	Representações gráficas: gráfico de barra, <i>heatmap</i> , gráfico de pizza.
Identificação e seleção da área de atuação	Matriz de Decisão
Identificação e seleção das referências a estudar	Matriz de Seleção
Identificação das características críticas da qualidade	Árvore CTQ
Definição, caracterização e descrição do processo produtivo	Fluxograma SIPOC
Descrição preliminar do projeto	<i>Project Charter</i>

5.2.1.1 Análise Global da Queijaria - seleção e definição do projeto

Do ponto de vista operacional, a maioria dos problemas estão associados a processos ou conjuntos de atividades. Assim, solucionar estes problemas está intimamente ligado à melhoria contínua dos processos. No entanto, há que referir que não é necessário existir um problema para aplicar a ferramenta DMAIC, um projeto pode ser selecionado com único e puro propósito de melhorar continuamente o processo. Note-se que projetos em que a solução para o problema é conhecida não constituem projetos LSS mas sim projetos de implementação.

Deste modo, esta fase iniciou-se com a análise de uma série de dados relativos à unidade de produção que poderão revelar problemas existentes ou processos em que a aplicação de um projeto de melhoria contínua traria grandes benefícios. Esta análise permite avaliar e selecionar qual a área da queijaria em que a uma implementação dum projeto *Lean Seis Sigma* que teria maior impacto.

Foram realizadas três análises diferentes:

- Análise da quantidade de produção;
- Análise das Reclamações dos clientes e consumidores; e
- Análise das avarias.

Estas três séries de dados foram selecionadas por diferentes razões. A quantidade de produção foi analisada uma vez que, de um modo geral, quanto mais for produzido num certo setor maiores serão os benefícios e ganhos de produtividade com a aplicação de ações de melhoria, ou seja, maior impacto terá o projeto. Por outro lado, a análise das reclamações dos clientes e consumidores assim como análise de avarias permite identificar problemas no processo produtivo.

Com a análise das reclamações dos clientes e consumidores, é possível identificar possíveis problemas com a performance ou requisitos obrigatórios do produto, uma vez que a não satisfação de algum destes fatores leva a reclamações por parte dos clientes.

Já a análise das avarias permite identificar possíveis equipamentos cujo número de avarias e o tempo que estas demoram a serem resolvidas, possam estar a diminuir a eficiência dos processos, uma vez que afetam a disponibilidade dos equipamentos que por sua vez diminui a capacidade produtiva.

5.2.1.1.1 Análise da quantidade de produção

Os dados relativos à quantidade produzida, em unidades e quilogramas, foram recolhidos durante o mês de dezembro através do plano de produção semanal.

A análise das quantidades de produção foi separada na análise do setor do fabrico e na análise dos setores/secções pós-fabrico. Procedeu-se a esta separação uma vez que os produtos que provém do fabrico são produtos semiacabados I (SAI) o que implica que as quantidades produzidas neste setor vão se refletir nas quantidades “produzidas” nos restantes setores, onde existirão produtos semiacabados II (SAII) e produtos acabados (PA), e vice-versa. Seria, portanto, irrisório comparar diretamente as quantidades produzidas no fabrico e nos setores pós-fabrico.

Por outro lado, foi necessário separar os setores pós-fabrico em setores de PA e SAI, uma vez que a sua análise carece de alguma sensibilidade. Os produtos SAI podem ser contabilizados em mais do que um setor e/ou secção, dependendo do seu processo produtivo (descrito no subcapítulo Descrição do Processo de Fabrico), e a sua quantidade é também posteriormente contabilizada nos setores e/ou secções de PA.

Os resultados destas análises podem ser observados na Figura 5.8 e Figura 5.9.

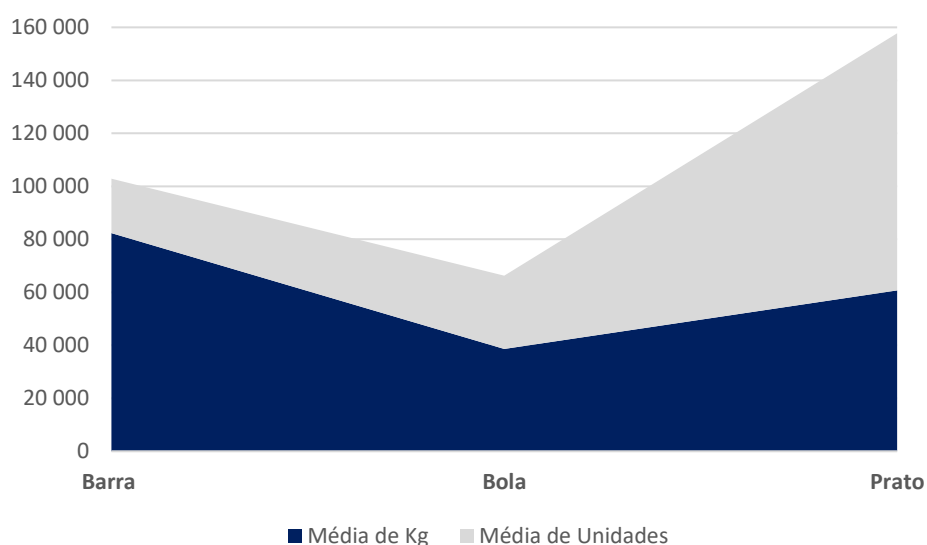


Figura 5.8. Quantidade Média de Produção no Setor do Fabrico por Formato de Queijo

Através da análise da Figura 5.8 às quantidades produzidas semanalmente de produto semiacabado I (no setor do fabrico), é possível concluir que, apesar de serem produzidas em média semanalmente mais unidades de queijo em formato de prato, a quantidade média semanal de quilogramas produzidos em formato de barra é muito superior às quantidades produzidas de formato bola e prato.

A partir destes dados pode-se concluir que a aplicação de um projeto de melhoria que contenha uma das etapas produtivas do queijo em barra poderá trazer mais ganhos de produtividade simplesmente pelo alto volume de produção do mesmo. Não obstante, o fabrico de prato poderá ser também uma área de grande impacto para a aplicação dum projeto de melhoria tendo em conta o elevado volume de produção unitário.

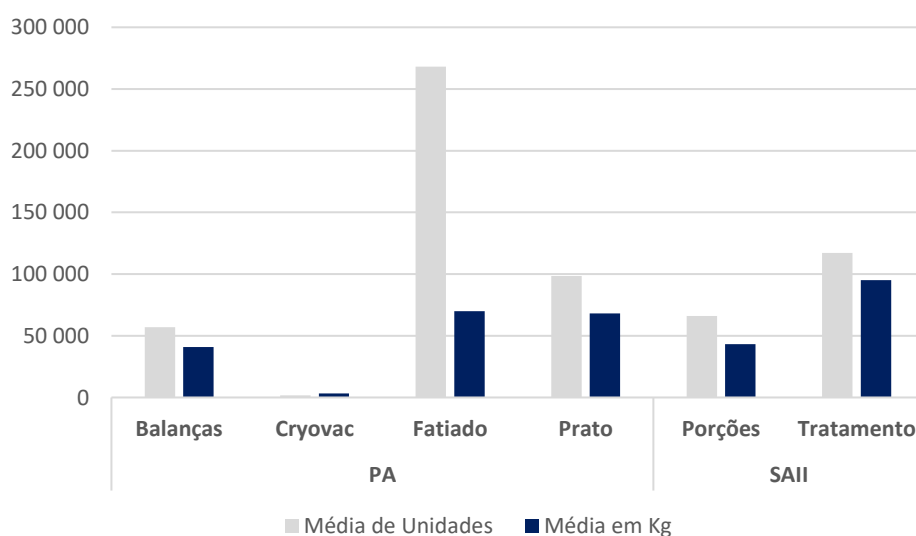


Figura 5.9. Quantidade Média de Produção de Produto Acabado e Semiacabado II por Setor/Secção

A análise da quantidade de produção por setor/secção, na Figura 5.9, demonstra que, apesar de a média em quilogramas da quantidade produzida ser relativamente semelhante entre os setores/secções, a secção do fatiado tem claramente uma média semanal de unidades produzidas muito mais elevada do que os restantes setores/secções. Para além disto, a secção do fatiado representa cerca de 87% do consumo de produto SAI em barra para produção de PA.

Com base nestes dados, é possível averiguar que entre os setores/secções pós-fabrico, a secção do fatiado é a que obteria mais benefícios com a aplicação de um projeto de melhoria devido ao seu elevado volume de produção unitário e ao facto de estar incluído no processo produtivo do queijo em barra que tem também maior quantidade média de quilogramas produzidos semanalmente.

5.2.1.1.2 Análise das Reclamações dos clientes e consumidores

Os dados para a análise das reclamações foram obtidos através do departamento de qualidade e refletem um período de 9 meses, abril de 2022 a dezembro de 2022. Com a análise destes dados é possível saber diretamente o número de reclamações, o motivo da reclamação, o produto em causa assim como o seu lote e validade e tempo de vida do produto até ao momento da reclamação. Indiretamente, pela análise dos dados é possível atribuir a cada reclamação o setor da unidade fabril, o setor/secção da queijaria responsável pelo PA, o formato do PA e ainda o equipamento responsável pelo PA. De modo a simplificar a análise global das reclamações, foram realizadas cinco análises individuais:

1. A análise ao número de reclamações de abril a dezembro por cada setor da unidade fabril;
2. A análise ao número de reclamações de abril a dezembro por formato de queijo;
3. A análise ao número de reclamações de abril a dezembro por cada setor/secção responsável pelo PA;
4. A análise ao número de reclamações de abril a dezembro por formato de PA do formato de queijo com mais reclamações;
5. A análise ao número de reclamações de abril a dezembro por causa de reclamação e formato de PA previamente analisado com mais reclamações;

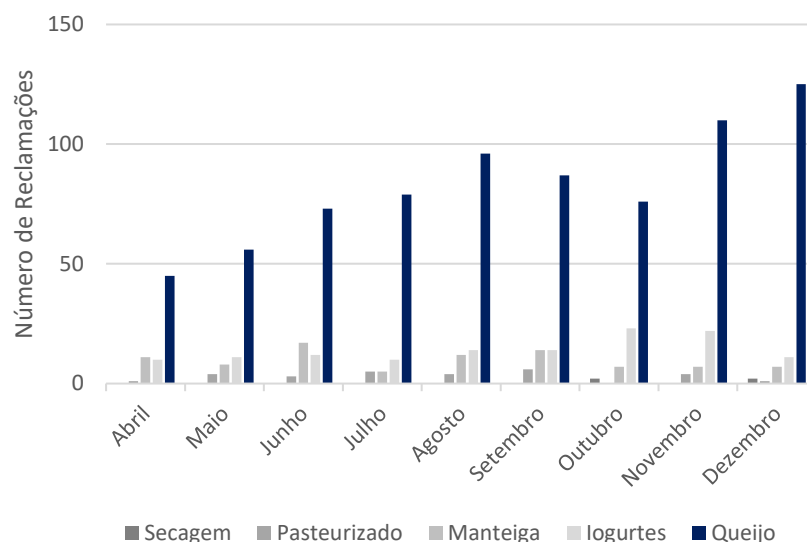


Figura 5.10. Número de Reclamações de Abril a Dezembro por Setor da Unidade Fabril

Com a análise das reclamações destes 9 meses, é possível concluir que para além da queijaria ser o setor da unidade fabril que consome mais recursos, também é o setor que mais contribui para o número de reclamações mensais.

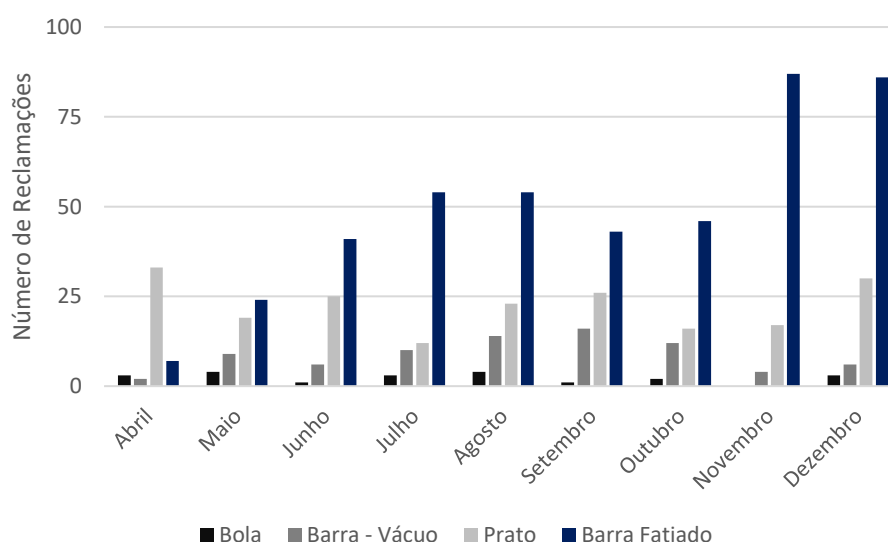


Figura 5.11. Número de Reclamações de Abril a Dezembro por Formato do Produto

Para a análise das reclamações por formato de produto, o formato barra foi subdividido no subformato de queijo selado a vácuo e de queijo fatiado, devido ao elevado número de reclamações deste formato e ao facto de se querer pormenorizar quais os principais processos que contribuíram para este facto. Através da observação da Figura 5.11, é facilmente identificado que o queijo barra e, especialmente, o queijo barra fatiado é o formato de queijo que tem obtido maior número de reclamações.

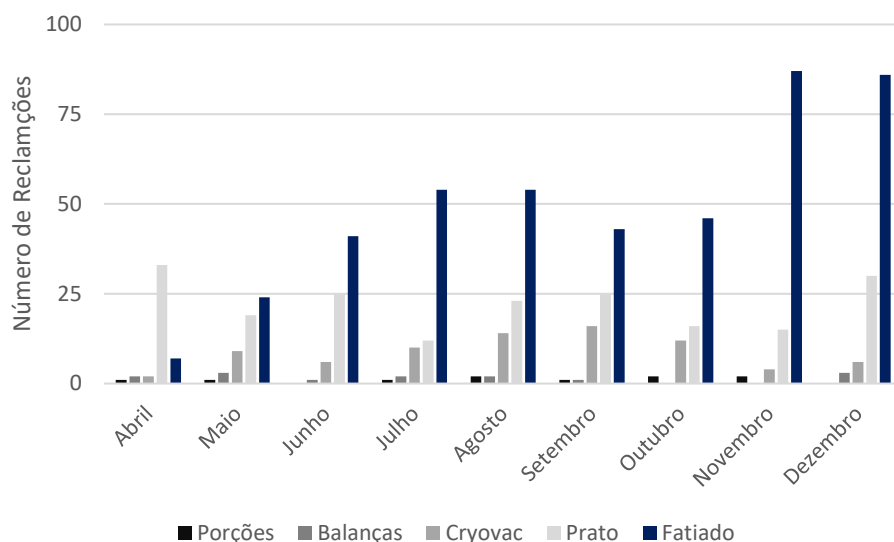


Figura 5.12. Número de Reclamações de Abril a Dezembro por Setor da Queijaria

Do ponto de vista dos setores/secções responsáveis pelo PA, a Figura 5.12 evidencia que desde maio de 2022, a secção do fatiado é constantemente a secção que mais contribui para o número total de reclamações mensais da queijaria o que vai ao encontro do facto do queijo barra fatiado ser o formato com maior número de reclamações como acima mencionado. Para além disto, é possível verificar que ao longo dos meses tem havido um aumento significativo do número de reclamações neste setor tendo atingido o pico nos meses de novembro e dezembro de 2022.

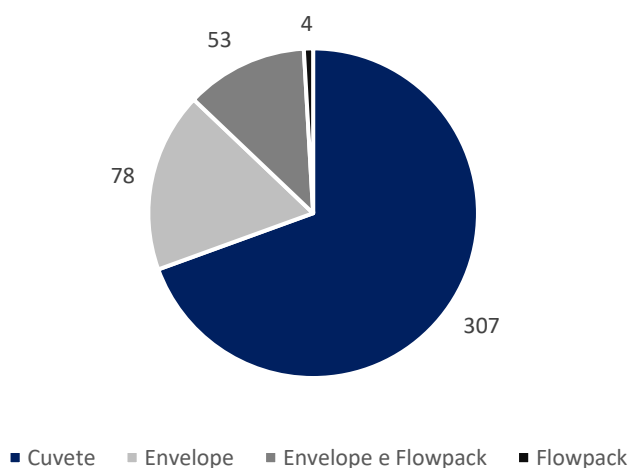


Figura 5.13. Número de Reclamações de Abril a Dezembro por Formato Comercializado em Fatias

O formato cuvete revela-se como o formato de queijo fatiado com o maior número de reclamações (Figura 5.13).

As causas das reclamações são divididas em vários requisitos básicos de qualidade e performance do produto que estão apresentadas na Figura 5.14.

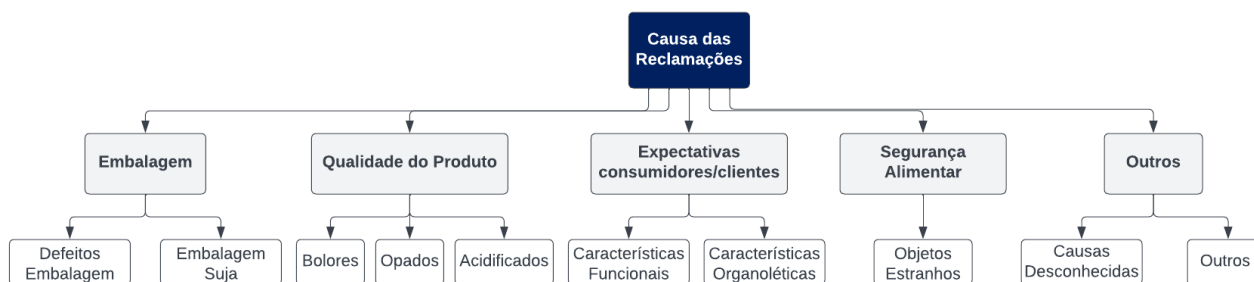


Figura 5.14. Causas das Reclamações

A grande maioria das reclamações no formato de queijo fatiado em cuvete, representado na Figura 5.15, cinge-se a problemas de bolores relacionados com a qualidade do produto.

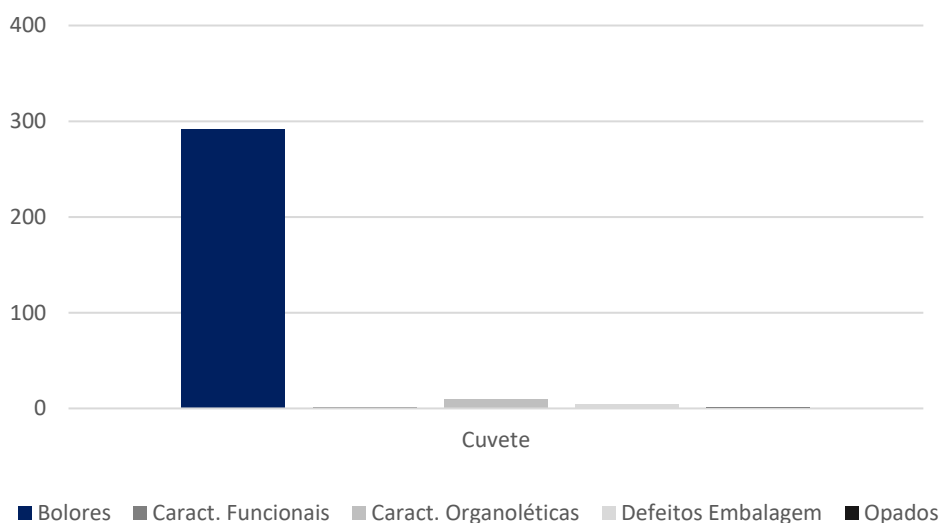


Figura 5.15. Número e Causas das Reclamações de Abril a Dezembro para o Formato Cuvete

Após uma análise global das reclamações é possível notar um padrão de inconformidade no queijo barra, na secção do fatiado e especialmente no queijo fatiado em cuvete o que implica que existe um problema durante o processo produtivo deste formato que conduz ao incumprimento dos requisitos de qualidade do produto.

5.2.1.1.3 Análise das avarias

Os dados para análise das avarias foram obtidos através do departamento de manutenção e refletem o período de um ano. Com a análise destes dados é possível identificar: quais os setores da queijaria (do ponto de vista da manutenção) com maior número de ordens de trabalho (OTs) para serviços de manutenção, ou seja, número de avarias, e quanto tempo demoraram essas avarias; quais os equipamentos com maior número de avarias e qual o custo dessas avarias.

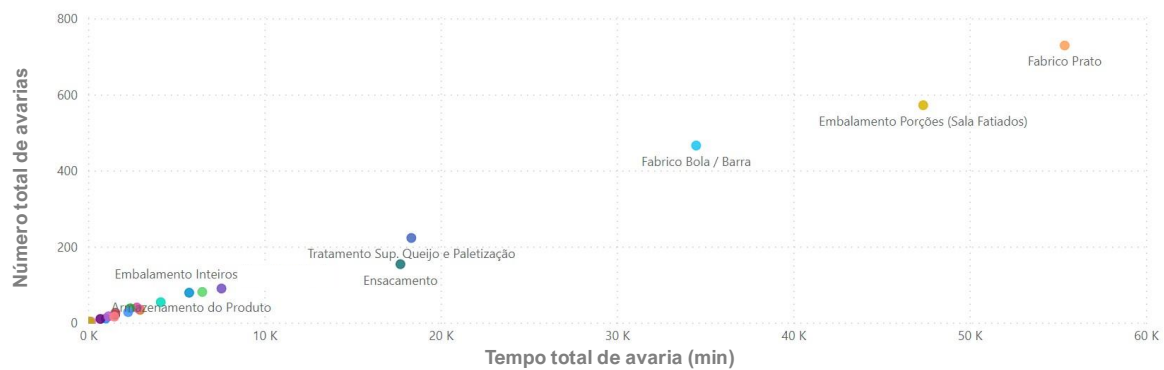


Figura 5.16. Análise do Número de Avarias versus o Tempo de Avarias em Minutos por Setor da Queijaria do Ponto de Vista da Manutenção

Ao analisar o número de avarias versus o tempo que essas avarias demoraram por setor da queijaria é possível identificar que há três setores que se distinguem dos restantes:

- Setor do fabrico de prato;
- Setor do embalamento porções (sala fatiados); e
- O setor do fabrico bola/barra.

Para além do elevado número de avarias, o tempo de avarias indicia grandes perdas de capacidade produtiva, uma vez que o tempo de avaria, por ordem decrescente destes setores, corresponde respetivamente a 10%, 9% e 7% do tempo total disponível num ano (525 600 min). Considerando que o tempo total disponível num ano não corresponde ao tempo disponível de produção, estes valores são ainda mais preocupantes.



Figura 5.17. Análise do Número de Avarias versus os Custos da Avaria por Equipamento da Queijaria do Ponto de Vista da Manutenção

Ao analisar o número de avarias por equipamento e o custo total dessas avarias é possível observar que os dois equipamentos com o maior número de avarias (embaladora e fatiadora 602) pertencem ao setor dos fatiados, assim como os três equipamentos que apresentam maior custo em termos de avarias (embaladora, fatiadora 602 e fatiadora 604). Para além disto, dos três equipamentos que apresentam maiores custos, dois deles pertencem à mesma linha de produção dentro da secção de fatiados, a linha da fatiadora 604, que, geralmente, é responsável pela produção de queijo fatiado em formato cuvete.

5.2.1.1.4 Seleção da área de atuação

Tendo em conta que o objetivo desta dissertação é a aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma*, de modo a melhorar a eficiência e eficácia da queijaria, qualquer etapa do processo produtivo poderia ser elegível para a implementação de um projeto de melhoria. No entanto, seria demasiado exaustivo estudar a totalidade das etapas produtivas devido à sua quantidade e complexidade, para não falar de dispendioso em termos de tempo e recursos humanos. Assim, é necessário selecionar uma área de atuação para a implementação do projeto de melhoria.

As análises efetuadas anteriormente permitem a identificação de alguns setores/secções, produtos e até mesmo etapas produtivas que: apresentam problemas; apresentam motivos para preocupação ou em que uma melhoria teria mais impacto na queijaria globalmente.

Foram identificadas 5 áreas (genéricas e específicas) em que uma possível implementação de um projeto de melhoria LSS poderia ter mais impacto na eficiência e eficácia da queijaria:

1. **Setor Fabrico – Prato:** a razão da escolha prende-se pelo impacto do volume de produção;
2. **Setor Fabrico – Barra:** a razão da escolha prende-se pelo impacto do volume de produção;
3. **Secção Fatiado:** a razão da escolha prende-se pelo impacto do volume de produção;
4. **Secção Fatiado – linha de produção 604:** a razão da escolha prende-se pelo impacto do volume de produção, pelos problemas a nível da qualidade detetados (perdas de eficácia) e pelos motivos de preocupação relativamente à disponibilidade dos equipamentos (perdas de eficiência);
5. **Secção fatiado linha de produção 602:** a razão da escolha prende-se pelo impacto do volume de produção, pelos problemas a nível da qualidade detetados (perdas de eficácia) e pelos motivos de preocupação relativamente à disponibilidade dos equipamentos (perdas de eficiência).

De modo a selecionar uma área de atuação recorreu-se à utilização de uma matriz de decisão estabelecendo-se três critérios de decisão na Tabela 5.4.

Tabela 5.4. Critérios de Decisão para Área de Atuação e Descrição

Critério de Decisão	Impacto
Impacto nas necessidades dos clientes externos ou internos (VOC)	O efeito que este processo tem sobre a satisfação das necessidades e expectativas do cliente
Melhorias necessárias ou quantidade de melhorias necessárias (VOP)	Uma classificação baseada nos níveis de desempenho existentes que são necessários para satisfazer as necessidades do negócio
Importância para o cumprimento das metas e objetivos empresariais	O efeito que a melhoria deste processo terá nos objetivos existentes do negócio

As áreas previamente identificadas foram classificadas quanto ao impacto nos critérios de decisão numa escala de 1 (pouco impacto) a 5 (impacto muito alto). A classificação do impacto de cada área nos critérios de decisão e a classificação geral podem ser observados na Tabela 5.5.

Tabela 5.5. Matriz de Decisão para Seleção da Área de Atuação do Projeto LSS

Nome das áreas que beneficiariam de alguma melhoria	Impacto nas necessidades dos clientes externos ou internos (VOC)	Melhorias necessárias ou quantidade de melhorias necessárias (VOP)	Importância para o cumprimento das metas e objetivos empresariais	Classificação geral
Setor Fabrico Prato	1	1	1	3
Setor Fabrico Barra	2	2	3	7
Secção Fatiado	3	3	4	10
Secção fatiado linha de produção 604	5	5	5	15
Secção fatiado linha de produção 602	4	4	2	10

Classificação do impacto: 1 = pouco; 2 = algum; 3 = moderado; 4 = alto; 5 = muito alto.

Os resultados da matriz de decisão permitem claramente identificar uma área de aplicação que, de acordo com os critérios estabelecidos, beneficiaria da implementação de um projeto de melhoria.

Assim, na presente dissertação irá desenvolver-se um projeto de melhoria contínua com recurso à aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* e com o objetivo de melhorar a eficiência e eficácia no setor de corte e embalagem, mais especificamente na secção do fatiado e na linha de produção 604.

5.2.1.1.5 Seleção das referências em estudo

A linha de produção 604 de queijo fatiado, em funcionamento normal, produz seis referências/produtos em formato cuvette. Apesar de pequenas diferenças entre as referências, de um modo geral, o seu processo produtivo é muito semelhante.

De modo a melhorar a eficiência e eficácia desta linha de produção foram selecionadas algumas das referências produzidas para um estudo mais aprofundado e representativo do processo. Esta seleção foi baseada em dois critérios: dimensão de produção média semanal e nível de satisfação do cliente (percentagem de reclamações); tendo ainda atenção à base (receita) do queijo e o seu valor nominal.

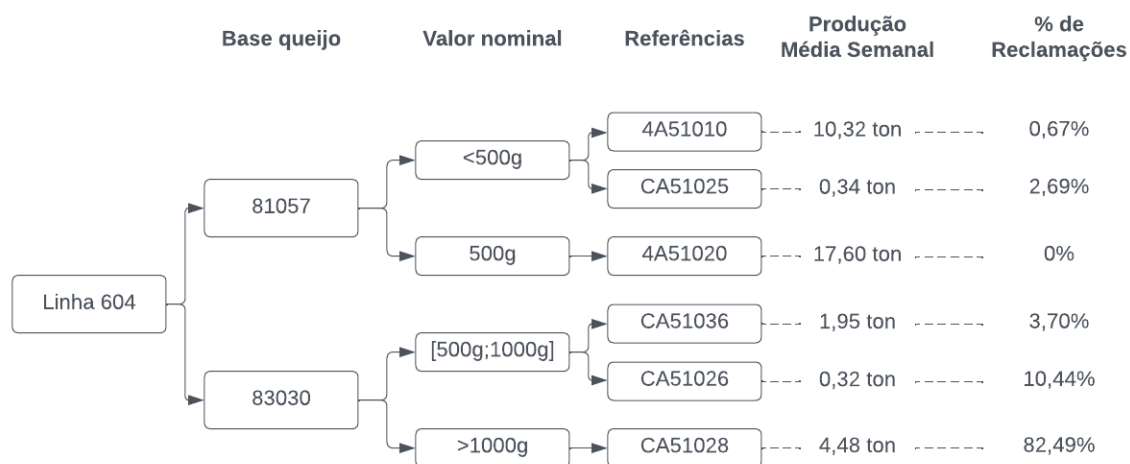


Figura 5.18. Informação da Produção Média Semanal e a Percentagem do Número de Reclamações por Referências da Linha de Produção 604 Divididas por Base e Valor Nominal

Após a compilação da informação relativa às referências produzidas na linha de produção 604 (Figura 5.18), foi utilizada uma matriz de seleção de modo a classificar as referências segundo os critérios apresentados e selecionar as mais relevantes para o estudo.

Tabela 5.6. Matriz de Seleção para as Referências a Estudar

Referência	Média Produção Semanal (Ton)	Percentagem de Reclamações	Classificação
4A51010	9	3	12
4A51020	11	1	12
CA51025	3	5	8
CA51026	1	7	8
CA51028	7	11	18
CA51036	5	9	14

Classificação de impacto: 1 = nenhum/pouco; 5 = baixo; 7 = moderado; 11 = muito elevado

As referências com as três maiores classificações foram selecionadas para o estudo da eficiência e eficácia da linha de produção 604 e para a implementação do projeto de melhoria, ou seja, a referência 4A51010, 4A51020, CA51028 e CA51036.

5.2.1.1.6 Definição dos objetivos

Para além da definição de uma área de atuação e do foco, um projeto de melhoria *Lean Seis Sigma* necessita de objetivos que sejam *SMART* (*Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-Bounded*). O objetivo inicial do projeto de melhoria é bastante abrangente logo é necessário traduzi-lo em objetivos SMART de modo a poder definir o projeto completamente.

Através de uma sessão de brainstorming definiram-se os seguintes objetivos:

- Aumentar a eficiência traduziu-se no aumento em 2% da capacidade produtiva até janeiro 2024;

- Aumentar a eficácia traduziu-se numa diminuição em 1% dos desperdícios até janeiro 2024.

Assim, na presente dissertação apresentar-se-á o desenvolvimento do projeto de melhoria na secção dos fatiados, especificamente na linha de produção da fatiadora 604, com o estudo das referências 4A51010, 4A51020, CA51028 e CA51036, com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva em 2% e diminuir os desperdícios em 1% até janeiro de 2024.

5.2.1.2 Características críticas da qualidade - VOC e CTQ

As organizações têm múltiplos pontos de contacto entre os seus clientes externos (consumidores, distribuidores, revendedores, entre outros) e os seus clientes internos (departamento de vendas, departamento de qualidade, departamento de produção, entre outros). Isto permite à organização recolher dados sobre quais são as necessidades e requisitos atuais dos clientes para determinados produtos e serviços.

Recorrendo à análise das reclamações e a entrevistas não-estruturadas com a equipa de produção, foi possível reunir um conjunto de dados relativos às expetativas e perceções dos clientes. Estabeleceu-se que a principal necessidade era o aumento da satisfação dos clientes. Esta necessidade foi traduzida em fatores de qualidade e que por sua vez foram traduzidos em requisitos/características críticas à qualidade, ou seja, características que terão impacto direto na qualidade, com recurso à utilização da árvore CTQ (*Critical to quality characteristics* – características críticas à qualidade) que pode ser observada na Figura 5.19.

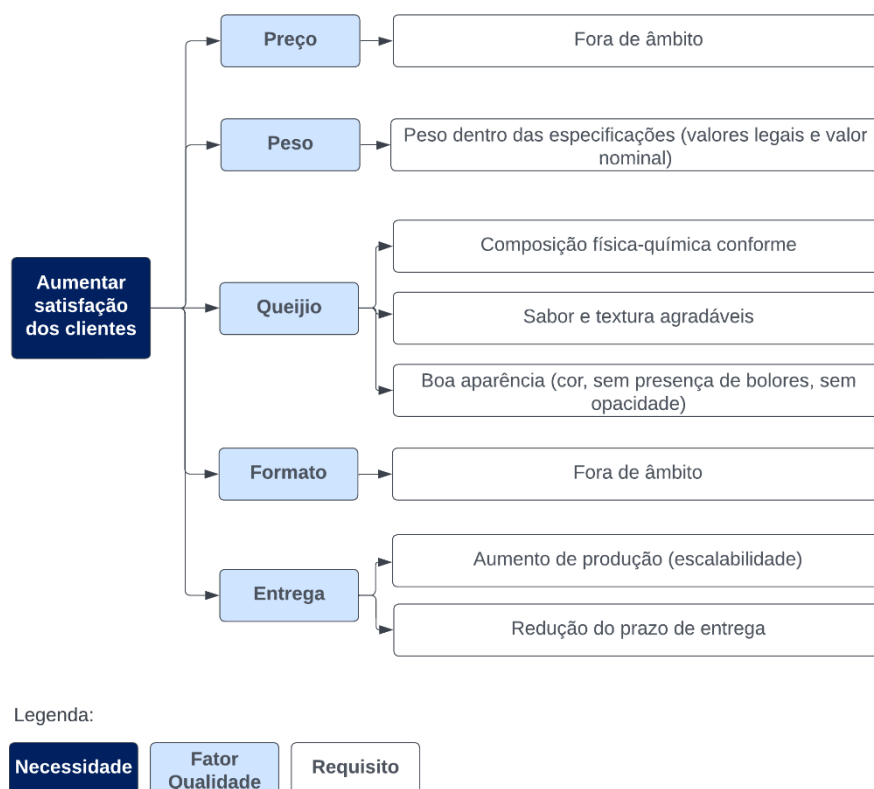


Figura 5.19. Árvore CTQ

5.2.1.3 Caracterização do processo

De modo a familiarizar toda a equipa envolvida no projeto com o funcionamento atual do processo foram realizados *gemba walks* na secção do fatiado de modo a avaliar o local de trabalho e o modo de funcionamento do processo produtivo de queijo fatiado, possibilitando ainda a identificação de algumas fontes de variação do processo. Posteriormente, através do conhecimento adquirido, foram realizadas várias sessões de brainstorming que culminaram na compilação de informações que caracterizam o processo produtivo de queijo fatiado na linha de produção da fatiadora 604 e na criação de dois diagramas de processo.

A linha de produção da fatiadora 604 é caracterizada por:

- Produzir seis referências diferentes de queijo fatiado em formato cuvete (dos quais vão ser estudadas neste projeto a referência 4A51010, 4A51020, CA51028 e CA51036), com a possibilidade de, se estritamente necessário, produzir outros formatos de queijo fatiado.
- Ser composta por 7 equipamentos: uma fatiadora, uma balança, uma embaladora (termoformadora e termoseladora), uma datadora, um detetor de metais, uma máquina de fechar caixas semiautomática e uma máquina de deteção de fugas de ATM.
- Operar a 3 turnos de 8 horas (manhã, tarde e noite), com 30 minutos de pausa em cada turno, cinco dias por semana, com a capacidade de fazer horas extra se necessário. Os 3 turnos são constituídos por 3 equipas (A, B e C), em que a equipa C está afixa ao turno da noite e as equipas A e B fazem turnos rotativos entre a manhã e a tarde. Cada equipa é constituída por 7 elementos.
- O turno da noite ser, normalmente, responsável pelo fim de produção e pela preparação para o início de produção, o que acarreta limpezas profundas ao setor e montagem de equipamentos.
- Ter grandes taxas de ocupação, uma vez que semanalmente, em média, são encomendadas cerca de 38 toneladas de queijo fatiado, o que corresponde a 80106 unidades.
- A referência 4A51010 corresponder a um valor nominal de 275 g por unidade, cada caixa possuir 28 unidades e cada palete possuir 40 caixas, totalizando 308 Kg de queijo fatiado por palete.
- A referência 4A51020 corresponder a um valor nominal de 500 g por unidade, cada caixa possuir 16 unidades e cada palete possuir 40 caixas, totalizando 320 Kg de queijo fatiado por palete.
- A referência CA51028 corresponder a um valor nominal de 2000 g ou 2 Kg por unidade (uma unidade é composta por duas embalagens de 1Kg agregadas), cada caixa possuir 4 unidades e cada palete possuir 32 caixas, totalizando 256 Kg de queijo por palete

- A referência CA51036 corresponder a um valor nominal de 1000 g ou 1 Kg por unidade, cada caixa possuir 80 caixas, totalizando 320 Kg de queijo por palete.
- A matéria-prima serem barras de queijo fatiado de diferentes bases com peso teórico de 4,2 Kg.

De forma a obter uma visão geral do processo para permitir uma melhor compreensão e comunicação do mesmo, foi inicialmente elaborado um mapa de processo com baixo nível de detalhe, o diagrama SIPOC apresentado na Figura 5.20.

Através do diagrama SIPOC, é possível observar que os principais fornecedores são a PSA (*Protection Supply Area*) e o fabrico/câmaras de cura, tratando-se de fornecedores internos. O fabrico produz o queijo em barra que é curado nas câmaras de cura até ser libertado pela qualidade e transportado à medida que é necessário para a secção do fatiado. A PSA fornece à secção do fatiado todos as outras matérias-primas que intervêm no processo de embalagem do queijo fatiado tais como: filme *interleaver*, plástico para a termoformação de cuvetes, filme plástico para a selagem das cuvetes, rótulos, embalagens secundárias (caixas), gases (ATM), cartão, paletes, filme estirável, entre outros. Deste modo, todas as entradas no processo são fornecidas pela PSA e pelo fabrico/câmaras de cura.

A produção de queijo fatiado envolve nove etapas/subprocessos principais sintetizadas na coluna referente ao processo.

O output do processo é queijo fatiado em cuvetes com um determinado valor nominal especificado, sendo no caso deste projeto 275 g, 500 g, 1000 g (ou 1 kg) e 2000 g. Do ponto de vista da produção, os clientes do processo são nomeadamente, o departamento de logística, o departamento de vendas e o departamento de planeamento, ou seja, clientes internos.

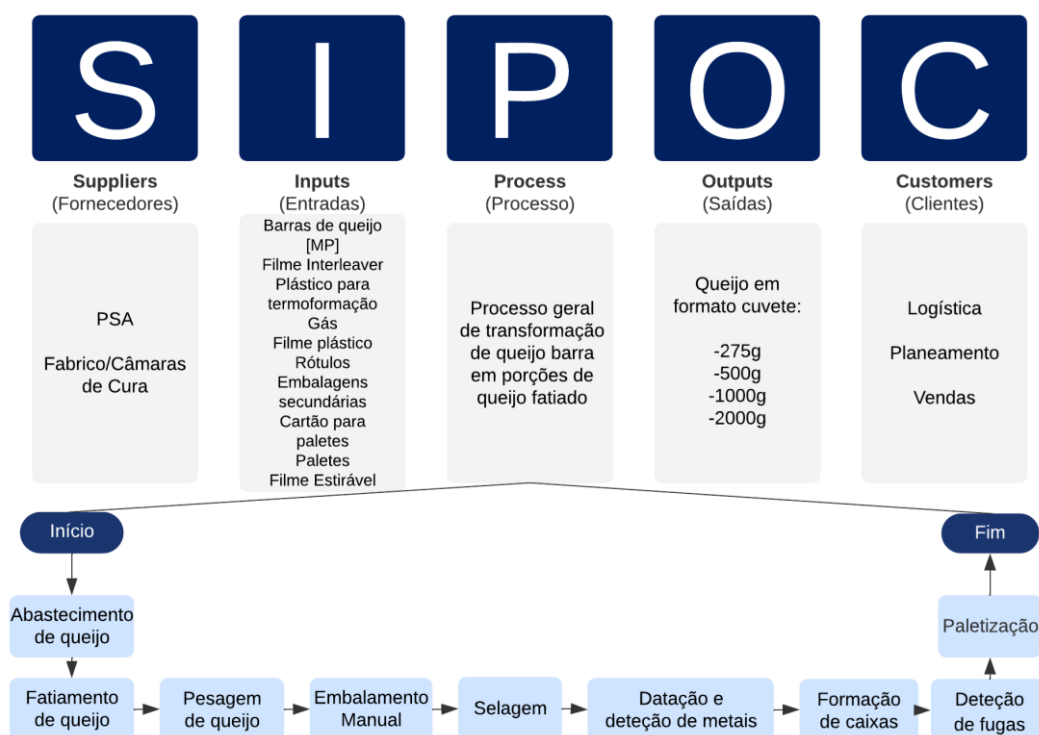


Figura 5.20. Diagrama SIPOC

Apesar deste diagrama ser suficiente para uma análise inicial do processo, uma vez que proporciona uma visão geral do mesmo, devido à sua simplicidade não é suficiente para compreender totalmente o processo e resolver problemas com ele relacionados.

De modo a complementar a informação deste diagrama inicial foi elaborado um fluxograma do processo, apresentado na Figura 5.21. A elaboração do fluxograma, por ser um diagrama já com algum nível de detalhe, permite a identificação das principais etapas do processo produtivo de queijo fatiado, organizando as várias atividades do processo por ordem cronológica e por tipologia (processo, decisão, entre outros), oferecendo uma descrição visual do processo na sua íntegra.

De um modo geral, o processo produtivo do queijo fatiado da linha da fatiadora 604 decorre da seguinte forma:

- Ao fim do tempo de cura do queijo em barra (cerca de 4 dias) e de acordo com o plano de produção, o queijo é libertado pelo departamento da qualidade caso se verifiquem os parâmetros de qualidade do queijo.
- De seguida, sempre que possível, é transportado para um túnel de refrigeração de modo a adquirir melhor consistência para fatiar.
- O queijo é transportado do túnel de refrigeração em paletes que contém 48 barras de queijo, onde permanece até ser manualmente transportado para o exterior da sala branca (sala com acesso reservado e níveis de higiene controlados).
- As barras são retiradas individualmente da paleta, raspadas caso apresentem “barbas” (pequenas protuberâncias principalmente localizadas nas arestas da barra) e colocadas manualmente, uma de cada vez, aos pares no tapete de alimentação da fatiadora, tendo em consideração que as barras colocadas devem ser similares em formato e peso entre si.
- As duas barras introduzidas no tapete são fatiadas conjuntamente, originando uma certa quantidade de pares de porções com um certo valor de peso pré-estabelecido no programa de fatiamento até 500 g. Note-se que, sempre que aplicável, é introduzido entre as fatias uma película de filme *interleaver* aquando do fatiamento.
- Todos os pares de porções são pesados simultaneamente, sendo que pares com o peso fora dos parâmetros, ou seja, não conformes, são reencaminhados para um processo de pesagem manual e reprocessados individualmente através da agregação de fatias.
- As porções conformes e, após reprocessamento, as porções não conformes, são embaladas manualmente na embalagem primária, a cuvette, que é produzida por termoformação no local.
- As cuvetes prosseguem para uma termoseladora, onde, através de um filme plástico (que quando aplicável contém o rótulo do produto), as embalagens são seladas e injetadas com ATM de modo aumentar o tempo de vida útil do produto (já que este é isento de conservantes e aditivos) e auxiliar no processo de maturação.

- Após a selagem, é colocado o rótulo (se aplicável), impressa a validade e o lote em cada unidade.

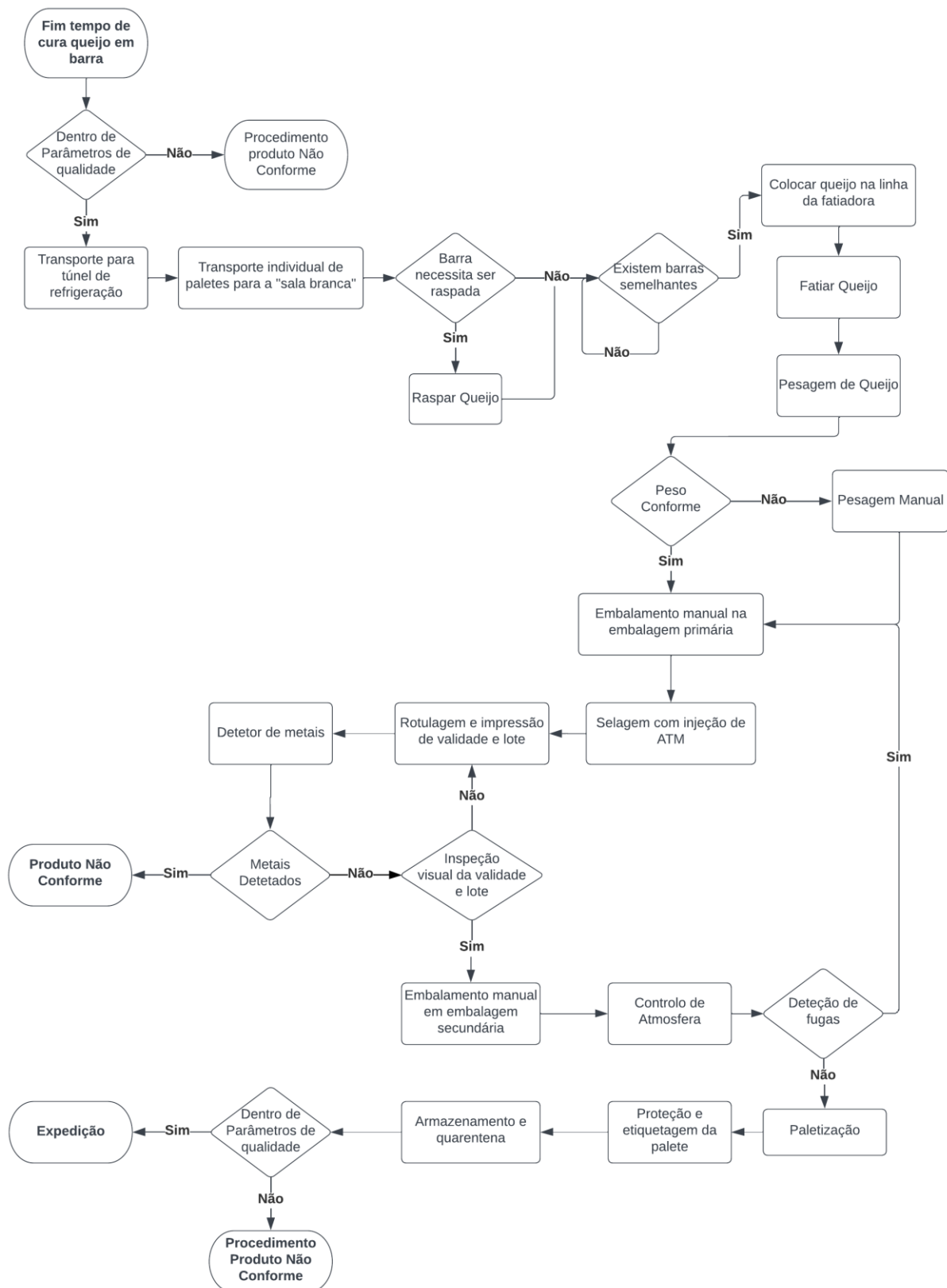


Figura 5.21. Fluxograma do Processo Produtivo de Queijo Fatiado

- Todas as unidades passam posteriormente por um detetor de metais onde, produtos não conformes são reencaminhados para outros processos. Caso não sejam detetados metais no produto, as unidades seguem para um posto de trabalho onde é realizada a inspeção visual do rótulo, validade e lote. Caso estas características não estejam conformes, as embalagens são reprocessadas e voltam a ser colocados os rótulos e/ou reimpressos a validade e o lote. Caso as unidades estejam conformes são embaladas em embalagens secundárias e estas embalagens prosseguem para o controlo de atmosfera.
- Durante o controlo de atmosfera caso sejam detetadas fugas, as embalagens são reprocessadas, ou seja, são abertas e reencaminhadas para o processo de embalagem manual de modo a serem novamente embaladas. Caso não sejam detetadas fugas, as embalagens secundárias são paletizadas.
- As paletes são protegidas, etiquetadas e expedidas para a logística terminando aqui o processo produtivo do queijo fatiado relativamente à produção.
- O queijo permanece em armazenamento e quarentena durante um específico período de tempo no final do qual, se estiver dentro dos parâmetros de qualidade é expedido.

5.2.1.4 Project Charter

Uma vez selecionado o âmbito e foco do projeto, estabelecidos os requisitos de qualidade e familiarizada a equipa com o processo produtivo em estudo, a etapa seguinte prende-se com a elaboração do *Project Charter* (Declaração do Projeto). De modo a obter aprovação para a realização do projeto de melhoria e manter a equipa focada no objetivo definido para o projeto, o *Project Charter* representa uma visão global do projeto explicando o propósito e âmbito do projeto, descrevendo o problema, definindo metas a alcançar, atribuindo papéis e responsabilidades à equipa e estabelecendo um cronograma preliminar das atividades a realizar.

Tabela 5.7. *Project Charter*

Project Charter	
Nome do Projecto:	Data de Início: 02/12/2022
Aplicação da metodologia <i>Lean Seis Sigma</i> na queijaria	Data de Término: 31/12/2023
Propósito do Projecto: Pretende-se aumentar a eficiência e eficácia dos processos produtivos da queijaria e, consequentemente, a satisfação dos clientes e a rentabilidade da organização, através de metodologias de melhoria contínua. Para alcançar este objetivo, recorre-se à implementação do ciclo DMAIC e às várias ferramentas e filosofias do <i>Lean Seis Sigma</i> .	

Descrição do Problema:

Através da análise global setorial da queijaria é possível evidenciar problemas a nível de qualidade com 59% das reclamações totais da queijaria a pertencerem ao setor dos fatiados, sendo que 69% dessas reclamações correspondem a queijo fatiado em formato cuvete. Para além disto, o tempo de avarias (indisponível para produção) na secção dos fatiados corresponde a 10% do tempo anual disponível.

Definição dos objetivos/metast:

Após implementação do projeto de melhoria pretende-se alcançar até janeiro de 2024 um aumento de eficiência através do aumento da capacidade produtiva, em 2%, e um aumento da eficácia através duma diminuição dos desperdícios, em 1%.

Âmbito do Projecto:

Projeto aplicado à secção dos fatiados na linha de produção da fatoriadora 604 com o estudo das referências 4A51010, 4A51020, CA51036 e CA51028.

Restrições e Pressupostos:

Durante o projeto não pode ser comprometida a produção e quaisquer ações implementadas deveram seguir as regulamentações às quais o setor está sujeito assim como as normas internas da organização.

O acompanhamento de todas as fases do ciclo DMAIC, nomeadamente a fase *Improve* e *Control*, não será possível devido à curta duração do projeto de dissertação.

Dados Históricos:

Tempos de ciclo referência CA51036 e CA51028 relativos ao ano de 2020

Amostras de conformidade de peso de todas as referências durante o período de agosto de 2022 a dezembro de 2022.

Quantidades produzidas na secção dos fatiados em 2022.

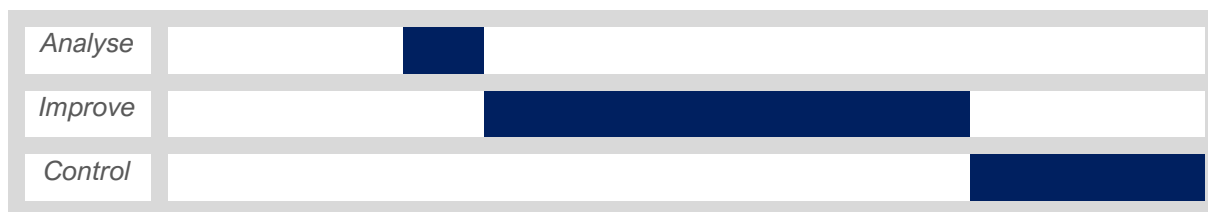
Defeitos na secção dos fatiados relativos ao período entre outubro e dezembro de 2022.

Equipa

Nomes	Papéis e Responsabilidades	Compromisso de tempo
Mariana Garcia	Elemento Pivot	100%
Elemento P	Supervisor Global	10%
Elemento B	Coordenador de Projeto	10%
Elemento C	Membro da Equipa	5%
Elemento J	Membro da Equipa	5%
Elemento S	Membro da Equipa	5%
Elemento F	Membro da Equipa	5%
Elemento A	Membro da Equipa	5%
Elemento R	Membro da Equipa	30%

Cronograma Preliminar

Meses	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fases	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
Define													
Measure													



5.2.2 Fase *Measure*

A segunda fase do ciclo DMAIC, fase *Measure*, tem como objetivo recolher informações precisas e exatas sobre o funcionamento e nível atual/*baseline* do desempenho do processo em estudo. A fase *Measure* permite compreender melhor o que está a ocorrer no processo e expor causas subjacentes a problemas. Durante esta fase são definidas as métricas de desempenho do processo, através das características CTQ, e identificados os dados secundários a recolher; caso estes dados não estejam disponíveis, não existam ou não sejam fiáveis são identificados os dados primários a recolher. De seguida é elaborado o plano de recolha de dados onde constam informações sobre as métricas em medição, os fatores de estratificação, as definições operacionais, o tamanho das amostras, as fontes através das quais são recolhidos os dados, de que modo são apresentados, entre outras. Posteriormente, os dados recolhidos são tratados, quantificados e apresentados, o que permite estabelecer a *baseline* do projeto. Por fim, é realizada a revisão do *Project Charter*.

Na Tabela 5.8 estão sumariadas as etapas/atividades realizadas durante a Fase *Measure* assim como as técnicas e ferramentas utilizadas.

Tabela 5.8. Atividades Realizadas na Fase *Measure*, Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas

Etapas/Atividades	Técnicas e Ferramentas utilizadas
Recolha de dados	Plano de recolha de dados
Tratamento de <i>outliers</i>	<i>Boxplot</i>
Verificação da normalidade	Teste Kolmogorov-Smirnov
Quantificação atual do processo	OEE
	<i>Boxplot</i>
	Cartas de Controlo
	VSM
Revisão do Projeto	<i>Project Charter</i>

5.2.2.1 Definição das métricas

Inicialmente, durante a fase *Define*, foram definidas métricas para medir o sucesso do projeto, a capacidade produtiva e a quantidade de desperdício, que, até ao momento, representam uma aproximação do estado atual do processo e definem objetivos baseados nas estimativas das melhorias necessárias.

Durante a fase *Measure* foram definidas uma combinação diversificada de métricas específicas para medir a performance do processo que fornece os requisitos CTQ, com base em

dados mensuráveis e controláveis de natureza quantitativa e qualitativa. De modo a satisfazer os CTQ previamente identificados, são selecionadas como métricas primárias a disponibilidade e eficiência da produção, a produtividade da linha de produção, o rendimento da matéria-prima e a qualidade da produção. De modo a definir corretamente cada um dos KPIs selecionados é importante:

- Definir que dados vão ser recolhidos e garantir que estes são fiáveis, precisos e de boa qualidade;
- Estabelecer a periodicidade, os intervalos e as tolerâncias para os dados recolhidos;
- Associar um valor ao indicador, o que implica que a forma de cálculo do indicador seja perceptível para todos e que seja estabelecida uma frequência de comunicação do indicador de modo a poder observar tendências e tirar conclusões sobre a performance do processo.

Na Tabela 5.9 são definidos os KPIs selecionados através das suas definições operacionais (procedimentos que especificam um conceito permitindo a sua fácil comunicação e interpretação) e são-lhes associadas métricas secundárias. Assim, nos subseqüentes subcapítulos é explorado a recolha de dados para a obtenção destes indicadores, a sua forma de cálculo, o seu método de apresentação e a sua análise de modo a estabelecer o estado atual do processo.

Tabela 5.9. KPIs as suas Definições Operacionais e as Métricas Secundárias que lhe estão Associadas

KPI	Definição Operacional	Métricas Secundárias Associadas
Disponibilidade da produção	Percentagem de tempo em que a linha está realmente disponível para produção, ou seja, a percentagem de tempo de produção real face ao tempo de produção planeado	Percentagem de tempo de paragem Tempo médio de mudança do produto
Eficiência/ Performance da Produção	Percentagem da quantidade de produto processada face à quantidade teórica que deveria ter sido processada no tempo de produção real	<i>Takt time</i> <i>Lead time</i> Tempo de ciclo do processo Inventários Eficiência do Ciclo do Processo
Produtividade da linha de produção	O output por horas totais trabalhadas por colaboradores	Percentagem de Absentismo Percentagem de aderência ao plano
Rendimento da matéria-prima	Percentagem da quantidade de matéria-prima processada com qualidade face à quantidade de matéria-prima total processada	Percentagem de desperdício/desclassificação de matéria-prima

Tabela 5.9. KPIs as suas Definições Operacionais e as Métricas Secundárias que lhe estão Associadas (continuação)

KPI	Definição Operacional	Métricas Secundárias Associadas
Qualidade da produção	Probabilidade de um produto passar por todas as etapas do processo livre de defeito.	Percentagem de <i>giveaway</i> por produto Peso médio Número de unidades reprocessadas Capacidade do processo

5.2.2.2 Plano de recolha de dados

De forma a avaliar o desempenho atual do processo é necessário atribuir um valor aos indicadores previamente selecionados; para isto recorre-se à recolha de dados. O processo de recolha de dados é de extrema importância para garantir a fiabilidade dos dados e assegurar a credibilidade da tomada de decisão com base no valor dos indicadores.

Assim, é necessário criar uma abordagem consistente durante a recolha de dados de modo que estes reflitam o desempenho do processo. A criação do plano de recolha de dados, apresentado no Apêndice A, contempla várias etapas que asseguram que:

- A finalidade dos dados a recolher é claramente definida, isto é, sabe-se o que se está a medir e como deve ser medido;
- São recolhidos apenas os dados necessários e de forma precisa;
- A definição operacional do que se está a medir é perceptível e interpretável para todos;
- Utiliza-se uma técnica de amostragem apropriada sempre que se recolhem amostras de uma população.

Uma vez concluída a recolha de dados, o plano de recolha indica ainda de que modo devem ser analisados e representados os dados.

5.2.2.2.1 Tamanho mínimo de amostras para estimação de valores

Através do plano de recolha de dados foram identificados oito conjuntos de dados em que é impossível ou se torna dispendiosa a análise de toda a população sendo, assim, necessário recorrer-se à amostragem. Para a definição das amostras a recolher foi necessário o estudo do tamanho mínimo das amostras de modo que, para um determinado intervalo de confiança, não seja possível rejeitar a hipótese nula de que a estimativa da amostra para um determinado parâmetro estatístico (média, desvio padrão, variância, proporção, entre outros) não difere estatisticamente dos parâmetros da população. O tamanho mínimo das amostras foi calculado com recurso ao software de análise estatística minitab. Uma vez que os parâmetros estatísticos da população dos dados são desconhecidos foram recolhidas 14 amostras preliminares (10 amostras referentes a tempo de ciclo das várias etapas, 3 amostras referentes à proporção de defeitos e 1 amostra referente ao peso unitário) para cada uma das referências, com 31 observações individuais por amostra. Estas amostras permitem conhecer os valores do desvio

padrão amostral (s) e a proporção amostral ($\hat{p}$) que, pelo teorema do limite central, podem ser adotados como o valor do desvio padrão e proporção da população para o intervalo de confiança selecionado.

O cálculo do número mínimo de observações (n), pela equação (5.1), garante que a dimensão da amostra é suficiente para estimar a média populacional com uma certa precisão e nível de confiança.

$$n = \left(\frac{z \times s}{m} \right)^2 \quad (5.1)$$

z: Valor da distribuição normal para um determinado nível de confiança

m: Margem de erro pretendida

Através dos valores de desvio padrão obtidos no estudo preliminar e desta equação foi calculado o tamanho mínimo da amostra do tempo de ciclo de cada uma das atividades para obter um nível de confiança de 95% com uma margem de erro de 1 segundo entre a média amostral e a média populacional.

Os valores obtidos para os tempos de ciclo das etapas durante o processo de produção da referência 4A51010, 4A51020 e CA51036 podem ser observados, respectivamente, na Tabela 5.10, Tabela 5.11 e Tabela 5.12. A referência CA51028 foi omitida dos estudos efetuados por não ter atingido um número mínimo de valores amostrais.

Tabela 5.10. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Média dos Tempos de Ciclo das Etapas do Processo Produtivo da Referência 4A51010

Etapas	Nº de observações	s	Tamanho mínimo da amostra
Abastecimento de queijo	31	3,783	58
Fatiar queijo	31	0,514	4
Pesagem de Queijo	31	0	2
Pesagem Manual	31	4,665	87
Embalamento Manual	31	1,632	12
Selagem	31	3,664	55
Datação e Detecção de metais	31	0,4951	4
Formação de caixas	31	17,17	1135
Detecção de fugas de ATM	31	2,825	34
Paletização	31	2,604	29

Tabela 5.11. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Média dos Tempos de Ciclo das Etapas do Processo Produtivo da Referência 4A51020

Etapas	Nº de observações	s	Tamanho mínimo da amostra
Abastecimento de queijo	31	1,692	14
Fatiar queijo	31	1,945	18
Pesagem de Queijo	31	0	2

Tabela 5.11. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Média dos Tempos de Ciclo das Etapas do Processo Produtivo da Referência 4A51020 (continuação)

Etapas	Nº de observações	s	Tamanho mínimo da amostra
Pesagem Manual	31	5,91	137
Embalamento Manual	31	1,259	9
Selagem	31	50,23	9695
Datação e Detecção de metais	31	0,4069	4
Formação de caixas	31	17,26	1147
Detecção de fugas de ATM	31	1,815	16
Paletização	31	2,348	24

Tabela 5.12. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Média dos Tempos de Ciclo das Etapas do Processo Produtivo da Referência CA51036

Etapas	Nº de observações	s	Tamanho mínimo da amostra
Abastecimento de queijo	31	1,990	18
Fatiar queijo	31	3,276	44
Pesagem de Queijo	31	0,3005	3
Pesagem Manual	31	6,03	143
Embalamento Manual	31	1,448	11
Selagem	31	60,2	13925
Datação e Detecção de metais	31	0,564	4
Formação de caixas	31	3,2672	89
Detecção de fugas de ATM	31	6,80	181
Paletização	31	3,065	39

O cálculo do número mínimo de observações (n), pela equação (5.2), garante que a dimensão da amostra é suficiente para estimar a proporção de defeitos com uma certa precisão e nível de confiança.

$$n = \left(\frac{z}{m}\right)^2 \times \hat{p} \times (1 - \hat{p}) \quad (5.2)$$

z: Valor da distribuição normal para um determinado nível de confiança

m: Margem de erro pretendida

Através dos valores preliminares obtidos para número de unidades conformes e não conformes foi possível calcular a proporção amostral de unidades defeituosas. O tamanho mínimo da amostra foi obtido através do software minitab para um intervalo de confiança de 95% e pode ser observado na Tabela 5.13.

Tabela 5.13. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação da Proporção de Defeitos da População

Referência	Etapa de Detecção	Nº de Obs	Nº de Observações Conforme	Nº de Observações Não Conforme	$\hat{p}$	Tamanho mínimo da amostra
4A51010	Pesagem de Queijo	31	24	7	0,226	318
4A51020		31	22	9	0,29	359
CA51036		31	16	15	0,484	403
4A51010	Datação e	31	31	0	-	-
4A51020	Detecção de metais	31	31	0	-	-
CA51036		31	31	0	-	-
4A51010	Detecção de fugas de ATM	31	29	2	0,064	159
4A51020		31	30	1	0,032	118
CA51036		31	30	1	0,032	118

Através da amostra preliminar dos pesos unitários para cada uma das referências foi possível calcular o desvio padrão da amostra e, por sua vez, com recurso ao software minitab foi calculado o tamanho mínimo da amostra para um intervalo de confiança de 95% apresentado na Tabela 5.14.

Tabela 5.14. Tamanho Mínimo da Amostra para Estimação do Peso Médio Unitário das Diferentes Referências em Estudo

Referência	Nº de observações	s	Tamanho mínimo da amostra
4A51010	31	4,71	88
4A51020	31	9,86	376
CA51036	31	5,1	100

5.2.2.3 OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) - Eficiência geral do equipamento

A linha de produção em análise, linha da fatiadora 604, é composta por sete equipamentos em série, sendo que o fluxo de produção é contínuo e unidirecional. Os equipamentos associados a esta linha são uma fatiadora, uma balança, uma termoformadora, uma datadora, um detetor de metais, uma máquina de fechar caixas semiautomática e uma máquina de deteção de fugas de ATM.

Devido às características do fluxo de produção, e de modo a simplificar o processo de cálculo da eficiência global da linha produtiva, optou-se pela seleção de um dos equipamentos para base de medição do OEE, neste caso o recurso mais dispendioso de substituir, ou seja, a fatiadora.

Para a recolha de dados, foram criados dois módulos de inserção de dados em ACCEPT, um software de controlo de qualidade industrial. A digitalização permite a simplificação e agilização do processo de recolha destes dados, assim como uma análise e identificação rápida e eficiente de problemas. Para além disto, reduz-se a utilização de papel na secção e previne-se as perdas de informação uma vez que os dados são armazenados em nuvem.

O módulo criado para o registo diário dos tempos de paragem pode ser observado na Figura 5.22.

Figura 5.22. Módulo em ACCEPT de Registos Diários de Tempos de Funcionamento e Paragens

Este módulo permite a identificação: da data e período de produção, da linha de produção, do motivo (Tabela 5.15) e tempo da paragem, do turno em que ocorre a paragem e do operador que insere os dados no módulo. O operador pode ainda inserir comentários caso considere necessário.

Tabela 5.15. Lista de Motivos de Paragem

Principais Motivos de Paragem			
0.0.1 Rotuladora	0.0.14 Datadora	0.0.6 Detetor de Metais	0.1.3 Limpeza Linha
0.0.10 <i>Interleaver</i>	0.0.14 Sistema Gás	0.0.8 Transporte	0.2.1 Espera Qualidade
0.0.11 Balança Fatiadora	0.0.15 Detetor de fugas	0.0.9 Problema Informático	0.2.2 Espera Manutenção
0.0.12 Fatiadora	0.0.16 Máquina de Fita-Cola	0.1.1 Arranque/Preparação	0.2.3 Afições Equipamento
0.0.13 Embaladora	0.0.4 Rotuladora Pequena	0.1.2 Mudança Produto	0.3.1 Baixa Cadência

O módulo criado para o registo e cálculo do OEE pode ser observado na Figura 5.23. Este módulo permite:

- A identificação da linha de produção;
- A identificação do turno e equipa;
- A identificação do colaborador que insere os dados;
- A identificação das referências produzidas;
- A introdução do tempo de produção e tempo de paragens que podem ser retirados do módulo de tempos de paragem;
- A identificação das barras processadas durante o tempo de produção;
- A identificação da quantidade de queijo desclassificado;
- A inserção de comentários adicionais caso o colaborador considere necessário.

Figura 5.23. Módulo em ACCEPT de Registo e Cálculo do OEE

Este módulo permite ainda o cálculo da disponibilidade da linha, da performance da linha, da qualidade da linha e do OEE da linha através das equações (5.3), (5.4) e (5.5), respetivamente.

A disponibilidade é calculada através da divisão do tempo de produção real, ou seja, o tempo de produção retirando-lhe os tempos de paragem obtidos no módulo de registo dos tempos de paragem, pelo tempo de produção, normalmente 7,5 horas por turno caso esteja planeada produção durante todo o tempo de turno.

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ Produção - Tempos\ de\ Paragens}{Tempo\ de\ Produção} = \frac{Tempo\ de\ Produção\ real}{Tempo\ de\ Produção} \quad (5.3)$$

A performance é calculada através da divisão das barras processadas, durante o tempo de produção real, pelas barras que teoricamente deveriam ser processadas durante esse mesmo período de tempo. O cálculo das barras teoricamente processadas é efetuado através da multiplicação do tempo real de produção pela divisão do número teórico de barras que são processadas num turno, que para a fatiadora estão estabelecidas como sendo 731 barras, pelo número teórico de horas de produção num turno, ou seja, 7,5 horas por turno.

$$Performance = \frac{Barras\ Processadas}{\frac{Tempo\ de\ Produção\ Real \times 731}{7,5}} = \frac{Barras\ Processadas}{Barras\ Teóricas\ no\ Tempo\ de\ Produção\ Real} \quad (5.4)$$

A qualidade é calculada através da divisão da subtração da quantidade processada pela quantidade desclassificada pela quantidade processada, ou seja, a quantidade processada com qualidade pela quantidade processada.

$$Qualidade = \frac{Quantidade\ processada - Quantidade\ Desclassificada}{Quantidade\ processada} \quad (5.5)$$

Note-se que unidades reprocessadas não foram contabilizadas no indicador da qualidade de modo a simplificar o indicador.

Por fim, o OEE da linha é calculado pela multiplicação da disponibilidade, da performance e da qualidade tal como é possível observar nas medições piloto do OEE apresentadas na Tabela 5.16.

Tabela 5.16. Medições Piloto do OEE

Entradas	Medições Piloto		
	1	2	3
Tempo Disponível para Produção [h]	7,5	7,5	7,5
Tempo de Produção [h]	7,5	7,5	7,5
Tempo de Paragens [min]	2	108	80
Quantidade Processada [unid]	576	672	768
Quantidade Desclassificada [Kg]	138	145,6	235
Disponibilidade (D)	99,56 %	76,00 %	82,22 %
Performance (P)	79,15 %	120,96 %	127,78 %
Qualidade (Q)	94,30 %	94,84 %	92,71 %
OEE = D X P X Q	74,30 %	87,19 %	92,71 %
Média do Período		86,30 %	

Os colaboradores da linha receberam formação e instruções para o preenchimento dos módulos e foram sensibilizados para os motivos e importância de realizar esta nova medição. Durante a fase de implementação do OEE, foram efetuadas alterações aos módulos de acordo com sugestões dos colaboradores que foram integrados neste processo.

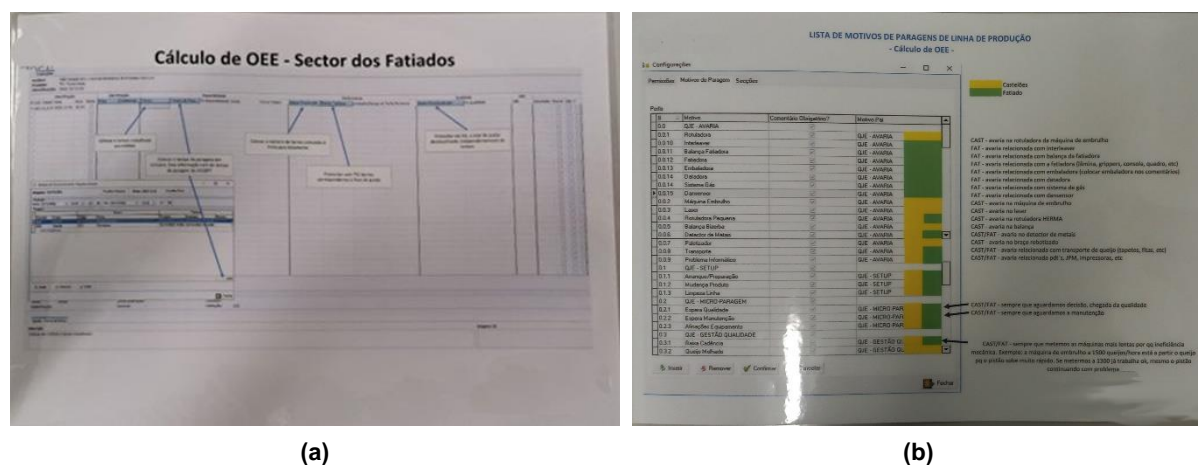


Figura 5.24. Instruções para o Preenchimento dos Módulos de Tempo de Paragens (b) e OEE (a)

Devido à recolha de dados depender maioritariamente da inserção manual de dados, durante a fase inicial de implementação os dados inseridos são avaliados e monitorizados diariamente de forma a confirmar a qualidade dos mesmos. Sempre que se detetavam inconsistências ou incongruências entre os vários módulos de recolha os valores eram discutidos com os colaboradores, em caso de erro as entradas eram eliminadas e/ou posteriormente corrigidas.

5.2.2.3.1 Tempos de Paragem

Os dados recolhidos para os tempos de paragem correspondem ao período entre janeiro e fevereiro tendo-se obtido 43 entradas, valor esperado para este período (uma entrada por cada dia de produção tendo-se trabalhado 43 dias entre janeiro e fevereiro) que totalizaram 414 paragens diferentes (disponíveis no Apêndice B). Durante o tratamento de dados foram detetadas 56 incongruências nos 2050 dados inseridos, que passavam por uma escolha inadequada do motivo de paragem, que foram posteriormente corrigidas. Note-se ainda que uma grande maioria dos dados recolhidos terminam em 0 ou 5 minutos, o que poderá indicar que os colaboradores responsáveis pela inserção dos dados registaram estimativas temporais e que há muito mais desperdício no processo do que o assinalado.

Ao longo dos meses em estudo, os tempos de paragem totalizaram 15096 minutos, ou seja, cerca de 26% do tempo disponível para produção. A frequência de ocorrência e o tempo total de paragem por motivos está esquematizado na Figura 5.25.

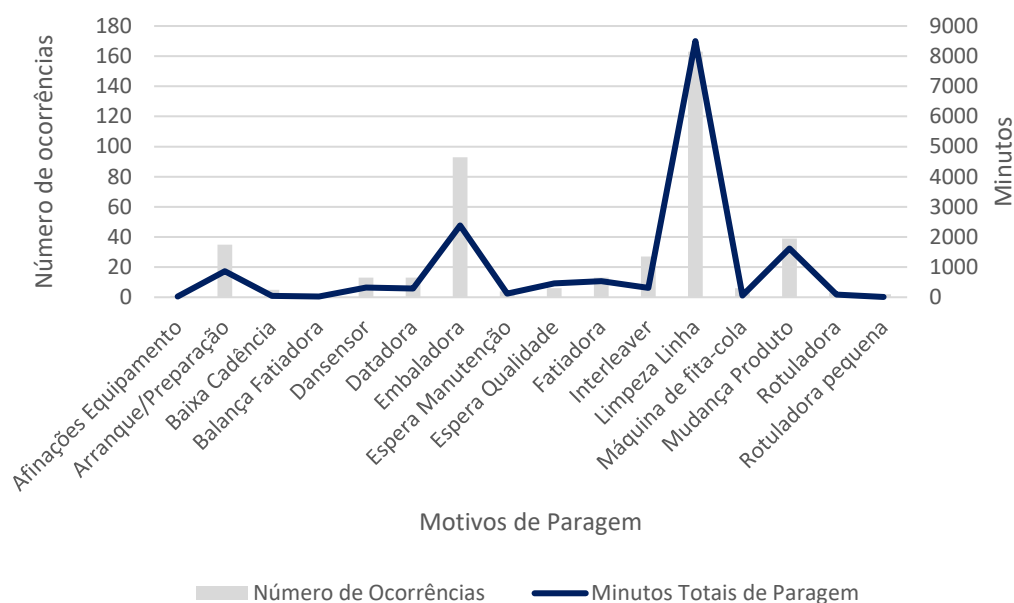


Figura 5.25. Número de Ocorrência em Relação ao Tempo Total de Paragem por Motivo Durante Janeiro e Fevereiro

5.2.2.3.2 OEE da Linha de Produção

Os dados recolhidos para o OEE correspondem ao período entre janeiro e fevereiro, tendo-se obtido 139 entradas individuais das 127 entradas esperadas (uma entrada por turno, com

3 turnos diários durante 42 dias úteis e um turno de trabalho em horas extraordinárias). Durante o tratamento de dados foram identificadas e eliminadas 28 entradas sem dados ou com dados insuficientes para permitir uma posterior correção, obtendo-se 112 entradas (disponíveis no Apêndice B). Nestas 112 entradas foram detetadas e corrigidas 62 incongruências ou inconsistências, tendo em conta que o colaborador possui 11 parâmetros para preencher manualmente, a percentagem de falha no preenchimento dos dados corresponde a menos de 5%, sendo que 4% destes erros poderia ser evitado com a inserção automática entre os módulos do OEE e dos tempos de paragem.

Na Figura 5.26 é possível observar a média semanal do OEE e dos seus componentes relativamente à quantidade de barras processadas refletida por um período de 8 semanas entre janeiro e fevereiro. Ao avaliar as medições das médias semanais das variáveis ao longo do período em estudo, nota-se que o valor da performance se mantém constantemente acima dos valores de referência globais para este indicador, ou seja 95%, o que, através do fluxograma representado na Figura 3.10, indica que este indicador necessita de ser revisitado.

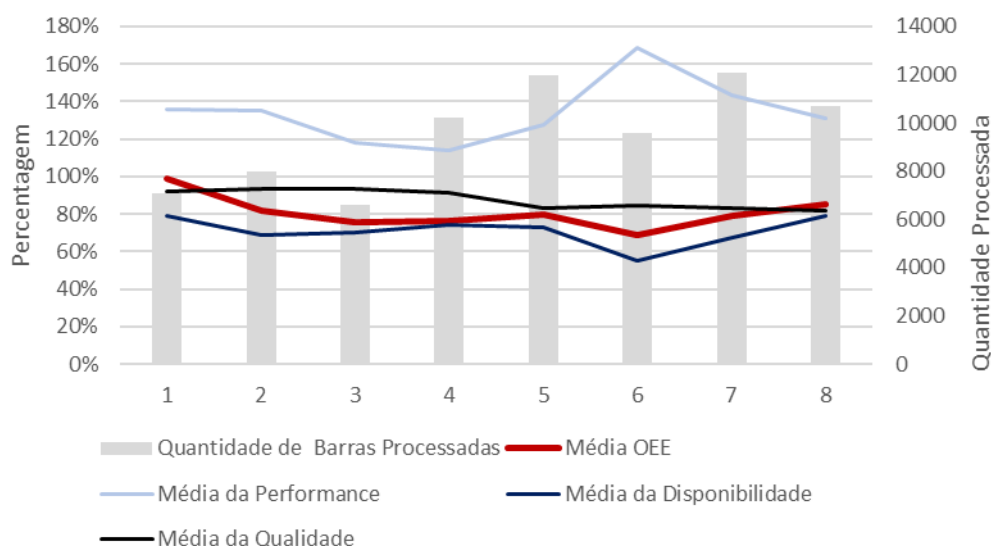


Figura 5.26. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo

Previamente, havia sido estabelecido que o número de barras teóricas processadas por turno relativamente à performance seria de 731 barras processadas. A quantidade processada pelos turnos durante o período em estudo foi transformada na quantidade que teoricamente deveria ser produzida, se houvesse total disponibilidade da linha durante as 7,5 horas do turno, através da equação (5.6).

$$\text{Barras Teoricamente Processadas} = \frac{\text{Barras Processadas} \times 7,5 \text{ h}}{\text{Tempo de Produção Real}} \quad (5.6)$$

Da análise dos resultados obtidos através da transformação da quantidade processada por turno durante o período em estudo (Figura 5.27) é possível concluir que mais de 75% dos

valores obtidos são superiores ao valor teórico estabelecido anteriormente, o que comprova a inadequação deste valor. Deste modo, conclui-se que o valor teórico estabelecido necessita de ser modificado para um valor que melhor reflita a cadência de produção da fatiadora, propondo-se como novo valor teórico 1100 barras processadas por turno (valor até onde se encontram pelo menos 75% das observações).

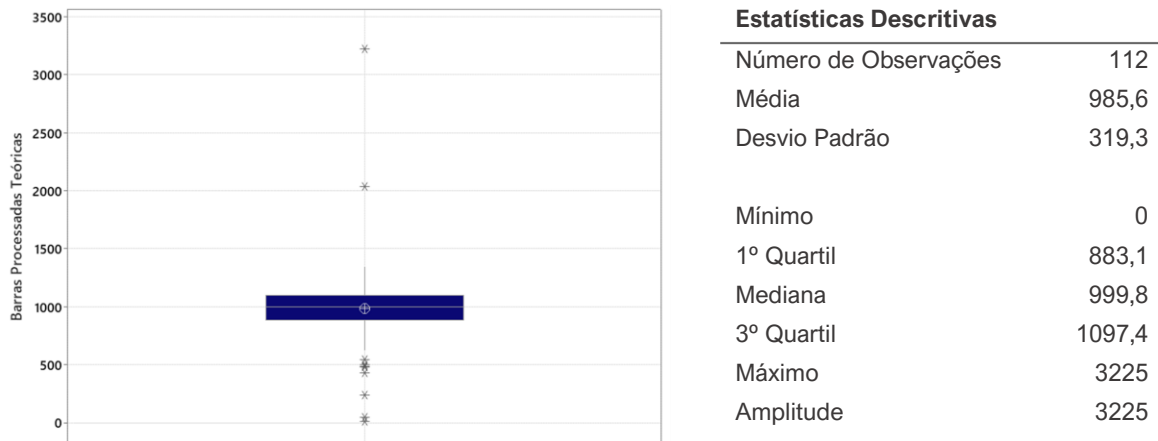


Figura 5.27. Boxplot e Estatística descritiva das quantidades teoricamente produzidas por turno

Após a modificação do indicador da performance, é possível observar apenas uma semana com valor médio de performance acima dos 100%, que neste caso corresponde à semana com menor percentagem de disponibilidade, a semana seis (Figura 5.28).

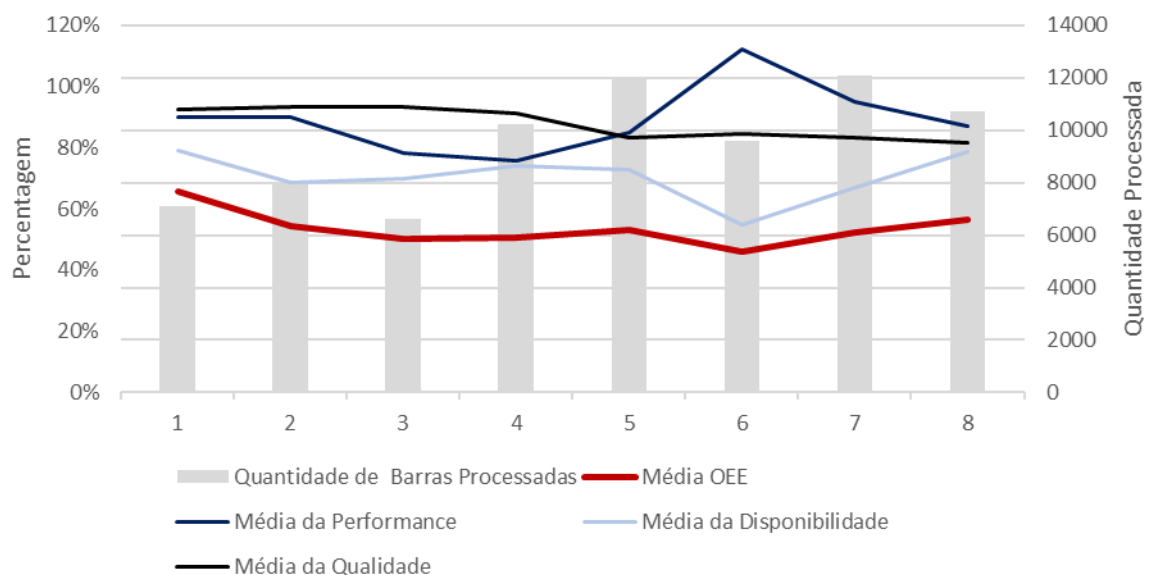


Figura 5.28. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo, após Alteração do Indicador da Performance

Posteriormente, o OEE foi calculado para cada referência em estudo individualmente podendo ser observado na Figura 5.29, Figura 5.30 e na Figura 5.31. É possível observar que a

média semanal do OEE e dos seus componentes varia consideravelmente entre as referências produzidas em estudo. Quanto à média do OEE e dos seus componentes ao longo de todas as entradas de produção é possível observar que existe um grande grau de variação.

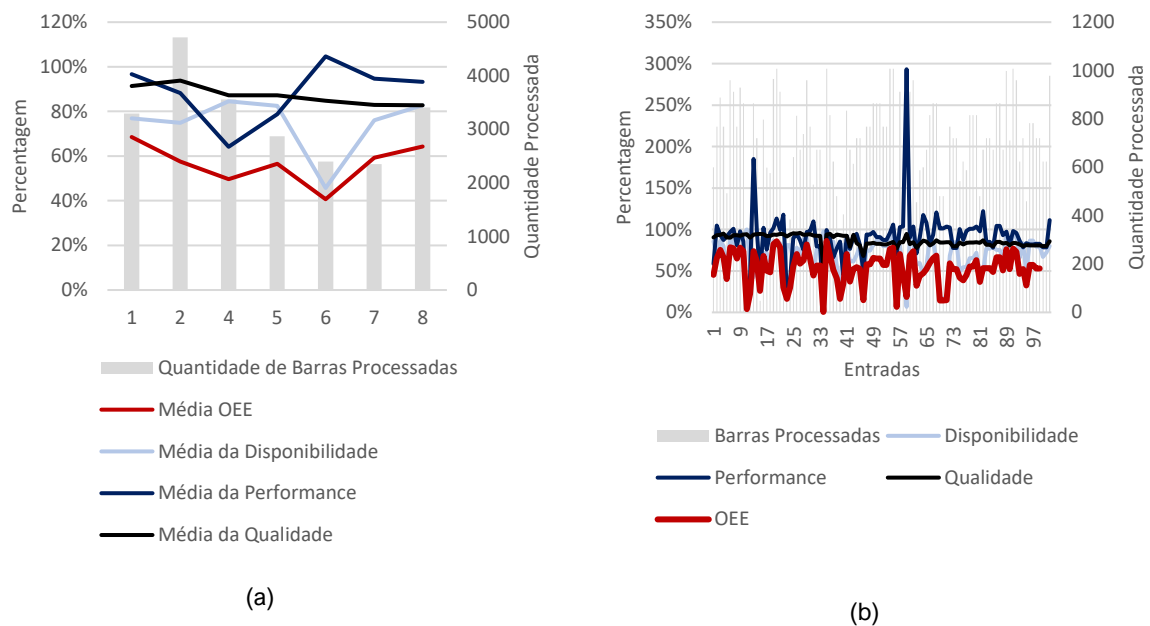


Figura 5.29. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo (a) e ao Longo de Todas as Entradas de Produção (b) para a Referência 4A51010

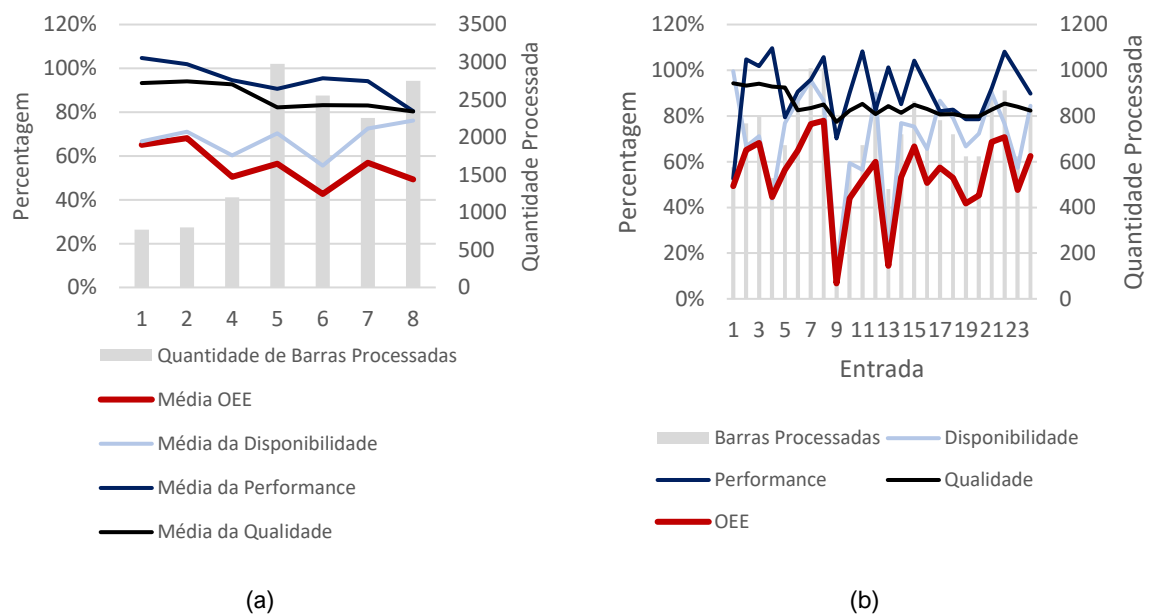


Figura 5.30. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo (a) e ao Longo de Todas as Entradas de Produção (b) para a Referência 4A51020

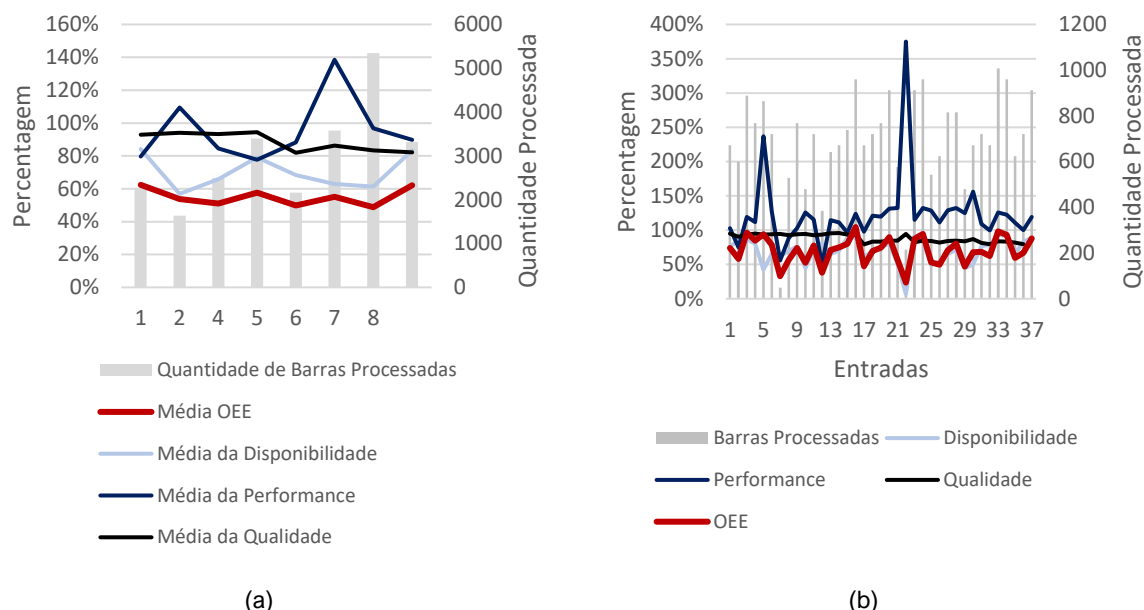


Figura 5.31. Média do OEE e dos seus Componentes em Relação à Quantidade de Barras Processadas ao Longo das Oito Semanas em Estudo (a) e ao Longo de Todas as Entradas de Produção (b) para a Referência CA51036

Ao analisar o conjunto de dados apresentados estabeleceu-se que estes indicadores serão atualizados semanalmente com objetivo de atingir os seguintes valores:

- Para o OEE – 65%
- Para a Performance – 95%
- Para a Disponibilidade – 85%
- Para a Qualidade – 80%

5.2.2.4 Produtividade da Linha de Produção

A produtividade da linha de produção é uma métrica muito importante na indústria alimentar uma vez que o custo da mão-de-obra representa cerca de 35% dos custos associados ao processo produtivo (Dudbridge, 2011). Um aumento de produtividade, ou seja, uma maior produção de bens com uma mesma quantidade de recursos humanos, beneficia tanto a organização, uma vez que um aumento de produtividade implica, normalmente, um aumento de lucros, como os operadores, uma vez que um aumento de produtividade pode levar a aumento de salários e melhores condições de trabalho.

De modo a recolher informações para o cálculo da produtividade da linha de produção, foi adicionado ao módulo do cálculo do OEE, em ACCEPT, um campo para a inserção do número de operadores presentes na linha durante o período de produção. Os dados foram recolhidos durante o mês de janeiro e fevereiro, culminando em 79 entradas individuais apresentadas no Apêndice B. A produtividade da linha de produção foi calculada através do output (quantidade de barras processadas) por horas totais de mão de obra, ou seja, o output face ao número de trabalhadores e as horas trabalhadas por cada um.

Através da criação de um gráfico de dispersão da produtividade face ao número de operadores na linha de produção, apresentado na Figura 5.32, é possível observar que 7 operadores

na linha de produção apresenta a maior produtividade da linha, ou seja, mais *output* por horas totais de mão de obra.

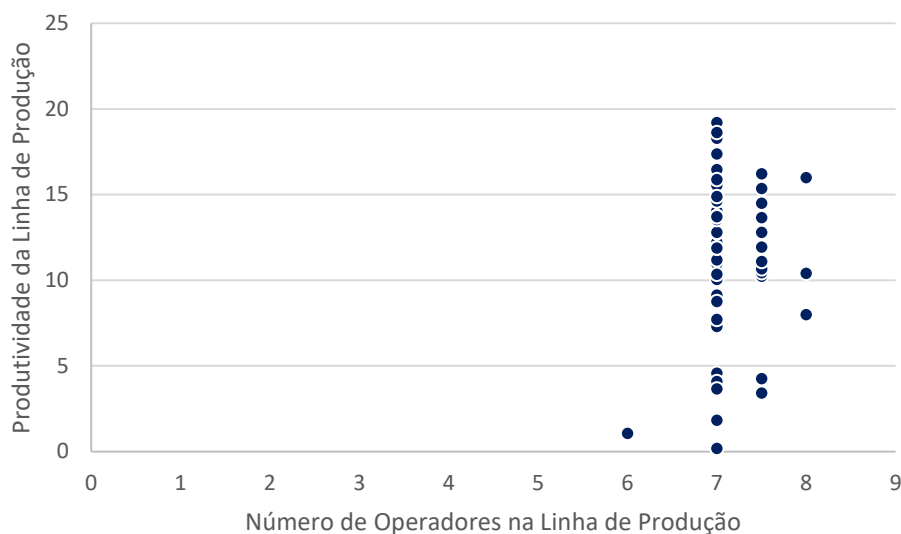


Figura 5.32. Gráfico de Dispersão da Produtividade da Linha de Produção Face ao Número de Operadores na Linha de Produção

Ao avaliar a produtividade da linha de produção face à equipa em atuação apenas com 7 operadores (Figura 5.33), verifica-se que a equipa C apresenta a maior variabilidade de produtividade assim como os valores mais baixos de produtividade. A equipa A e B apresentam valores aproximados de produtividades, mas estatisticamente a média de produtividade da equipa B é ligeiramente superior à média da produtividade da equipa A.

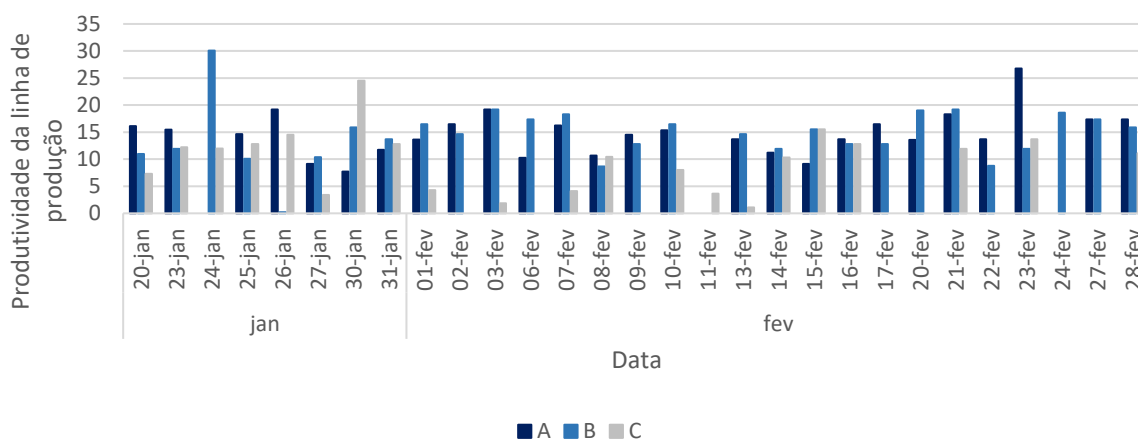


Figura 5.33. Produtividade da Linha de Produção com 7 Operadores Face à Equipa em Atuação

Ao analisar o conjunto de dados apresentados estabeleceu-se que este indicador será atualizado diariamente, por turno, e analisado semanalmente com o objetivo de atingir, diariamente, uma produtividade de 16 barras processadas por hora de mão de obra.

5.2.2.4.1 Percentagem de absentismo

Durante o mês de janeiro e fevereiro, foram recolhidos os dados referentes à percentagem de absentismo total da queijaria, que pode ser observada na Figura 5.34. Pode-se observar que entre os meses em estudo houve uma diminuição da percentagem de absentismo, no entanto, esta percentagem manteve-se acima dos 5% em ambos os meses.

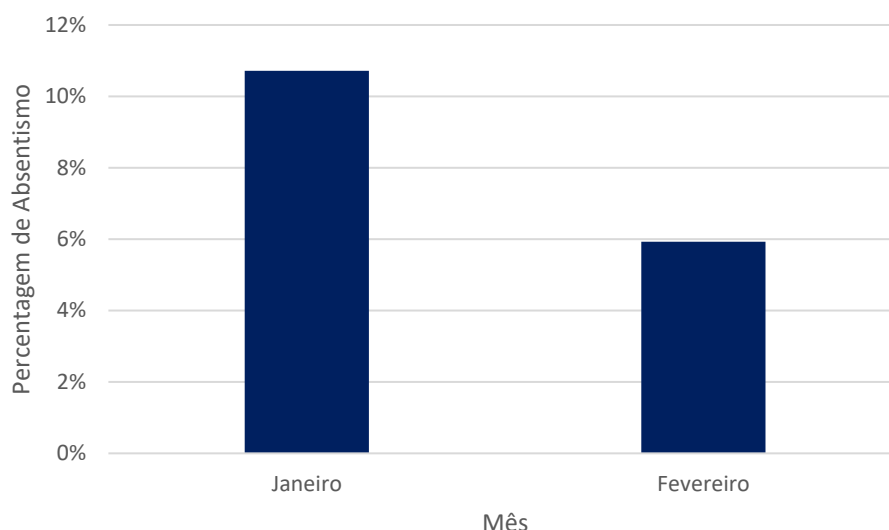


Figura 5.34. Percentagem de Absentismo no Mês de Janeiro e Fevereiro

Valores elevados da percentagem de absentismo implicam complicações para o planeamento e funcionamento normal da queijaria. A falta de colaboradores em determinados setores e secções críticas, como é o caso da secção do fatiado, pode implicar a paragem de outros setores ou linhas, para que os colaboradores ausentes possam ser substituídos, ou até mesmo a paragem do próprio setor. A substituição dos colaboradores em falta por outros alocados a outras secções leva muitas vezes a uma diminuição da performance dos setores, à ocorrência de más práticas e à criação de maior desperdício. Assim, uma taxa de absentismo elevada tem grandes repercussões na produtividade no setor da unidade fabril.

5.2.2.4.2 Percentagem de aderência ao plano

Através da utilização de dados históricos referentes ao período entre a semana 28 de 2022 e a semana 2 de 2023, foi possível criar um diagrama que demonstra a quantidade produzida e a percentagem de *backlog* face ao *mix* de produtos encomendados semanalmente (Figura 5.35). De um modo geral, a percentagem de *backlog* varia entre 5 e 8% e tem por valor médio 5,87%, sendo que um maior *mix* de produtos tem tendência a aumentar a percentagem de *backlog*, especialmente quando há pequenas produções de produtos ou produção de produtos com características muito diferentes que implicam a mudança total da linha de produção.

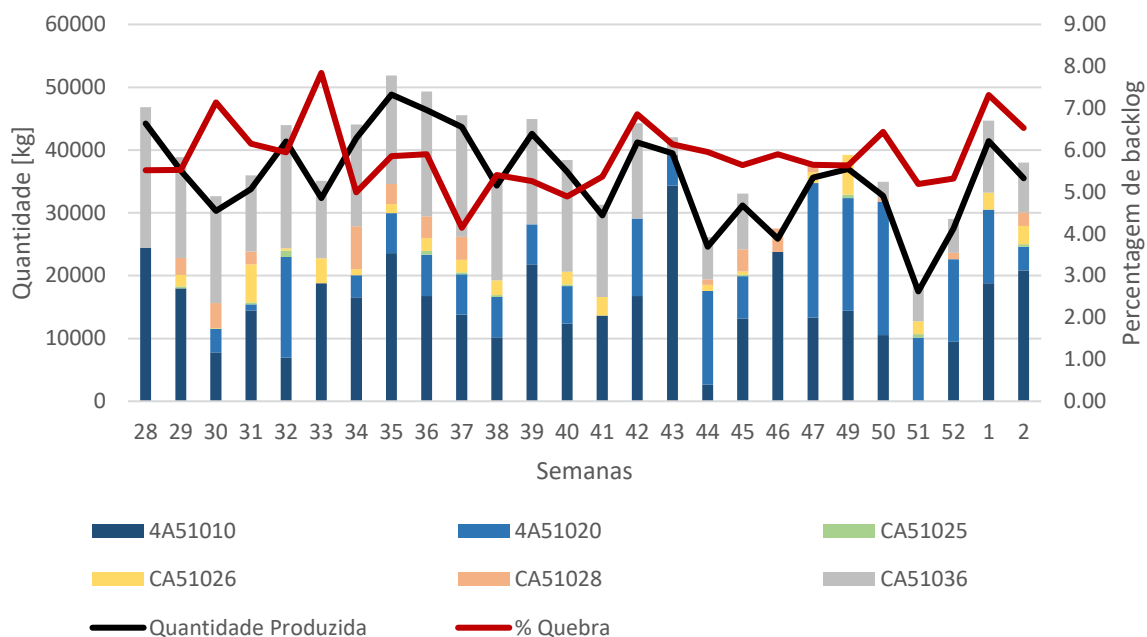


Figura 5.35. Percentagem de *Backlog* Face ao Mix de Produtos, Quantidade Pedida e Quantidade Produzida Semanalmente

5.2.2.5 Capacidade do processo

A capacidade do processo mede quão eficazmente o processo é capaz de produzir, ou seja, qual a capacidade atual do processo alcançar de forma consistente os requisitos de especificação do cliente, para uma determinada característica e determinados limites estatísticos, baseada em dados históricos da performance do processo. A análise da capacidade permite ainda elaborar uma previsão sobre o futuro desempenho do processo. Assim, a capacidade do processo é de extrema importância para a análise e melhoria dos processos. No entanto, de modo a prever com precisão a capacidade futura do processo é necessário que o processo atual esteja sob controlo estatístico, ou seja, estável, e que os dados sigam, razoavelmente, a normalidade.

Para a análise da capacidade do processo foram recolhidos dados históricos de produção, entre agosto de 2022 e fevereiro de 2023, referentes a cada uma das referências em estudo.

A característica da qualidade em estudo é o peso do produto acabado, tratando-se de uma variável contínua. Por razões operacionais, a recolha dos dados desta variável realiza-se através de subgrupos racionais (pequena amostra de dados que são representativos do output do processo) de dimensão quatro, de forma a que a distribuição das médias das amostras, pelo Teorema do Limite Central (TLC), siga aproximadamente uma distribuição normal, mesmo que os valores individuais não sigam esta distribuição (Requeijo & Pereira, 2012), conferindo assim uma certa robustez dos dados à não normalidade. A frequência de recolha de dados estabelecida é de hora a hora durante o período de produção de cada OP para cada uma das referências, de modo a garantir a captura de possíveis variações que ocorram durante o processo.

Para cada uma das referências estão ainda estabelecidos valores limite de especificação, assim como um valor alvo que coincide com o valor nominal da referência, enunciados na Tabela 5.17.

Tabela 5.17. Limites de Especificação e Valor Alvo da Característica Peso das Referências em Estudo

Referência	Limite Inferior de Especificação [LIE]	Valor Alvo	Limite Superior de Especificação [LSE]
275	270	275	284
500	490	500	515
1000	995	1000	1015

5.2.2.5.1 Análise dos pressupostos da Capacidade do Processo – Estabilidade, Normalidade e Independência

Antes de iniciar a análise de capacidade do processo é necessário que certos pressupostos sejam cumpridos. Presume-se que o processo é representado por uma distribuição normal e que esteja sob controlo estatístico, isto é, que o processo esteja estável, uma vez que apenas um processo sob controlo estatístico permite uma estimativa significativa da capacidade do processo (Porter et al., 1991). Para além disto, os dados recolhidos para avaliar a capacidade do processo devem ser estatisticamente independentes, ou seja, não devem ser correlacionados ou autocorrelacionados.

A estabilidade de um processo implica a estabilidade da média e da estimativa do desvio padrão, assim como a ausência de causas especiais de variação. De modo a estudar a estabilidade do processo, recorre-se à criação de cartas de controlo que permitem monitorizar a média e a variação do processo, carta Xbarra-R (cartas de média e amplitude) através do software minitab. Este tipo de carta foi selecionado devido à natureza dos dados utilizados, por ser uma variável contínua e a amostragem dos dados se realizar através de subgrupos racionais de tamanho reduzido.

De modo a estimar corretamente os limites das cartas de controlo foi utilizada uma grande quantidade de observações para cada uma das referências. Os limites foram calculados com base na variação estimada natural e inerente ao processo a curto prazo, ou seja, foi utilizado a média do desvio padrão dentro de subgrupos. Foi utilizado como critério base para a deteção de subgrupos fora de controlo a primeira regra da norma ISO 7870-2:2013, que indica que um ponto qualquer fora dos limites de controlo sugere que a amostra está fora de controlo. De forma a aumentar a sensibilidade das cartas para a deteção de causas especiais de variação sem aumentar significativamente o número de falsos alarmes, foi ainda utilizada como critério a segunda regra da norma, que indica que nove pontos seguidos do mesmo lado da linha central indicam problemas prolongados de controlo estatístico no processo.

Tabela 5.18. Estatísticas Descritivas dos Subgrupos Utilizados para a Análise de Capacidade do Processo

	4A51010	4A51020	CA51036
Número de Subgrupos Racionais	622	418	372
Média	278,90	503,22	1005,6
Desvio Padrão dentro de subgrupos	3,6744	5,9720	10,247
Desvio Padrão Global	4,5570	8,9406	33,931

A carta de controlo para a referência 4A51010, apresentada na Figura 5.36, evidencia vários subgrupos fora de controlo. Cinquenta e nove dos subgrupos em estudo (cerca de 9,5% do total de amostras) estão fora de controlo na carta de médias. Por sua vez, a aplicação das regras revela que 47 dos subgrupos estão fora de controlo na carta de amplitudes. Assim, conclui-se que a média e a variação deste processo não estão estáveis.

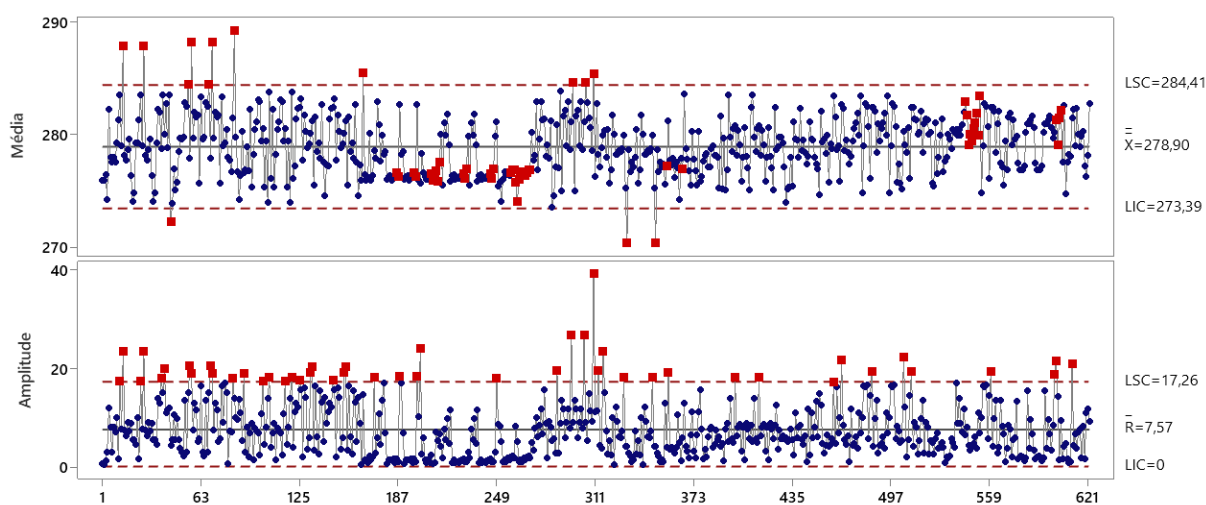


Figura 5.36. Carta de Controlo da Média e Amplitude para a Referência 4A51010

A carta de controlo para a referência 4A51020, apresentada na Figura 5.37, evidencia que 35 dos subgrupos (8,4% dos subgrupos totais) estão fora de controlo na carta de médias enquanto que na carta de amplitudes verifica-se a existência de 25 grupos fora de controlo, concluindo-se que a média e a variação deste processo não estão estáveis, logo, o processo está fora de controlo estatístico.

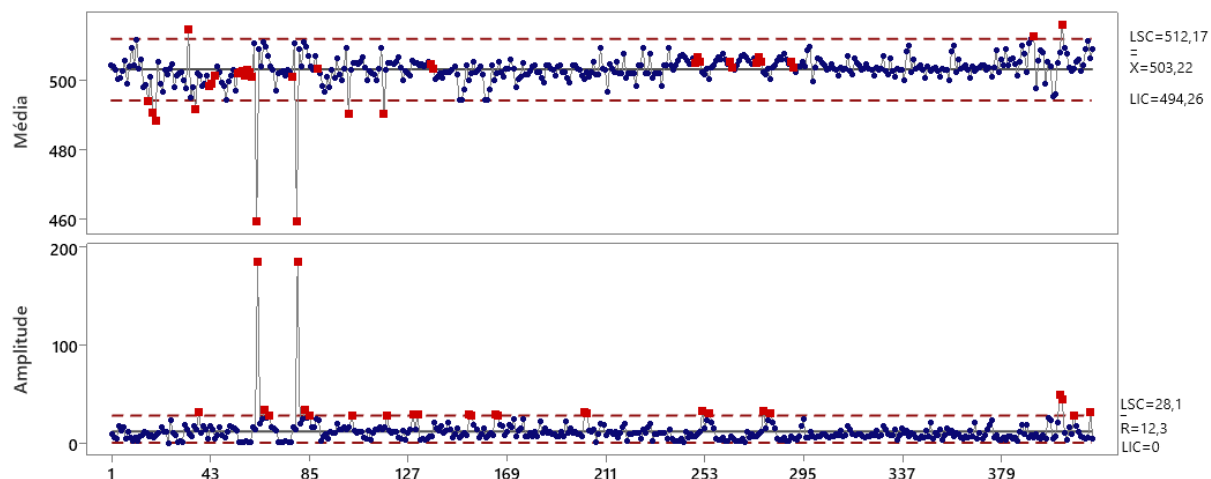


Figura 5.37. Carta de Controlo da Média e Amplitude para a Referência 4A51020

Na Figura 5.38 é possível observar que, na carta de médias para a referência CA51036 34 dos subgrupos estão fora de controlo e na carta de amplitudes 12 subgrupos estão fora de controlo, o que permite concluir que o processo produtivo de queijo fatiado para a referência CA51036 está fora de controlo estatístico.

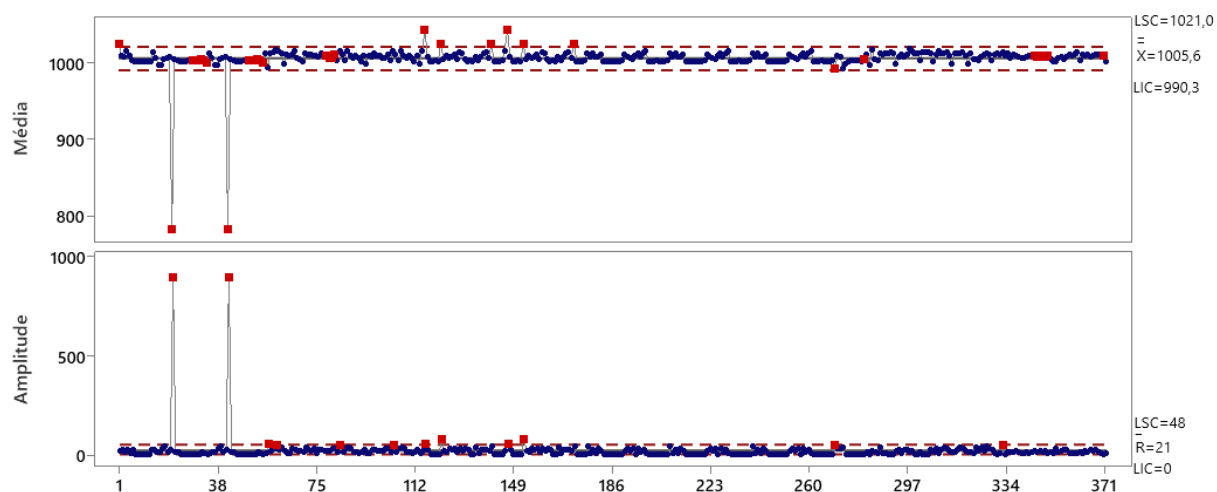


Figura 5.38. Carta de Controlo da Média e Amplitude para a Referência CA51036

A independência dos dados foi testada entre indivíduos de cada amostra (n_1 , n_2 , n_3 e n_4) através do coeficiente de correlação de Pearson. As relações obtidas são apresentadas na Figura 5.39, Figura 5.40 e Figura 5.41 através de gráficos de dispersão. Uma vez que, para todas as referências, a correlação entre dados consecutivos dentro de cada subgrupo é inferior a 0,3 (valor que indica que aparentemente não existe uma correlação) pode-se considerar que, provavelmente, os dados são independentes entre eles.

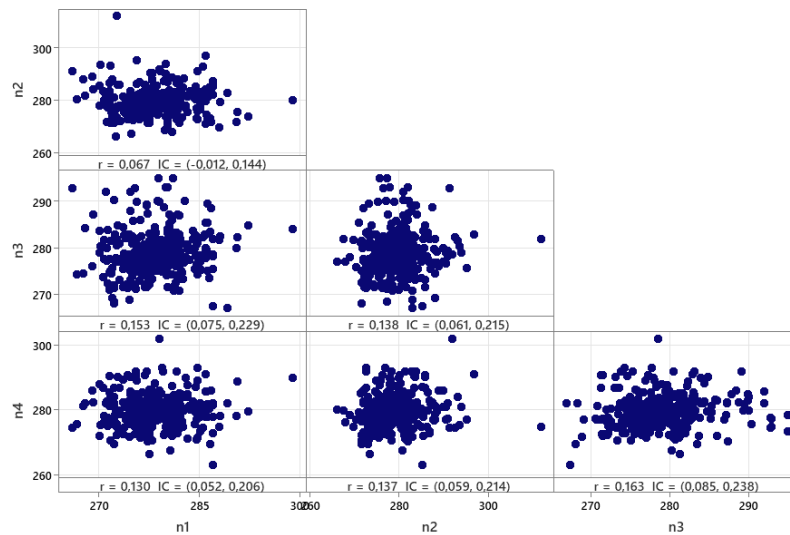


Figura 5.39. Gráfico de Dispersão dos Valores dos Subgrupos da Referência 4A51010

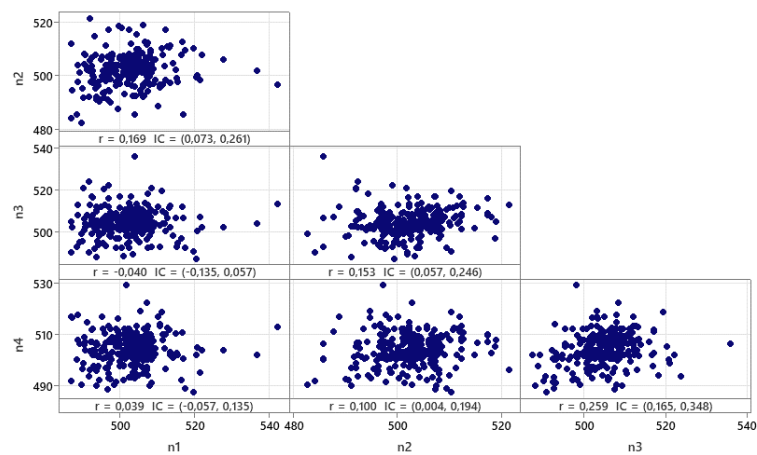


Figura 5.40. Gráfico de Dispersão dos Valores dos Subgrupos da Referência 4A51020

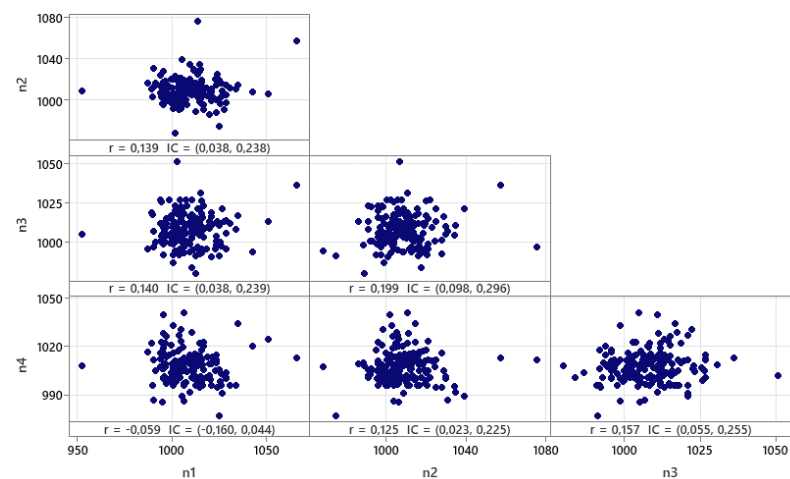
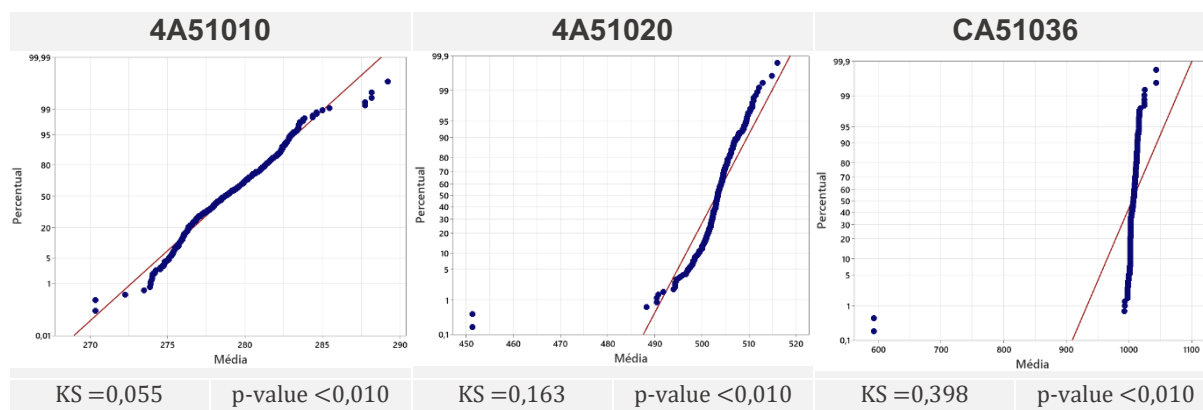


Figura 5.41. Gráfico de Dispersão dos Valores dos Subgrupos da Referência CA51036

Através da aplicação do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, foi possível testar a qualidade do ajuste dos dados à distribuição normal. Para todas as referências, o *p-value* do teste é inferior ao valor estabelecido de 5% de significância, pelo que se rejeita a hipótese nula de que a distribuição dos dados em estudo assume uma distribuição normal.

Tabela 5.19. Síntese e Representação Gráfica dos Resultados no Teste de Kolmogorov-Smirnov para as Diferentes Referências em Estudo



Assim, conclui-se que os dados utilizados para todas as referências são independentes, mas não seguem uma distribuição normal e, para além disto, os processos a que estão afetos encontram-se fora de controlo estatístico.

Apesar da utilização dos dados contínuos nas cartas controlo ser relativamente robusta a processos que não seguem a normalidade, a medição da capacidade do processo é muito mais sensível a desvios da normalidade, tornando-se num requisito crítico (Porter et al., 1991). O facto de os dados não seguirem uma distribuição normal tem um impacto significativo no valor e na interpretação dos índices de capacidade, especialmente quando é atribuído um nível de probabilidade às caudas da distribuição dos dados (Schmidt et al., 2019).

Na prática, a produção industrial, especialmente na indústria alimentar, envolve muitos processos com dados que não seguem a distribuição normal. De modo corrigir a não normalidade dos dados foram propostos vários métodos de resolução.

Transformação dos dados pelo método de Box-Cox

Os dados recolhidos de cada referência foram transformados através do método de Box-Cox de forma que seguissem uma distribuição normal. No entanto, os resultados obtidos através desta transformação perdem a sua forma original e o seu significado físico, apenas permitindo identificar se o processo está dentro ou fora de controlo estatístico, ou se é capaz ou não capaz, perdendo-se assim muita informação valiosa, o que não é nada benéfico para um processo já fora de controlo estatístico.

Aplicação de cartas de controlo e índices de capacidade para distribuição não normais

A identificação de uma distribuição ou transformação adequada aos dados não normais permite a utilização de cartas de controlo e índices de capacidade para distribuições não normais.

No entanto, ao realizar um teste da qualidade do ajuste dos dados em estudo para várias distribuições o *p-value* obtido (Tabela 5.20) foi constantemente inferior ao valor de significância de 5% previamente estabelecido, não sendo possível identificar uma distribuição para o ajuste dos dados.

Tabela 5.20. Teste de Qualidade de Ajuste a Várias Distribuições para os Dados das Referências

Distribuição	4A51010	4A51020	CA51036
	p-value	p-value	p-value
Normal	<0,005	<0,005	<0,005
Transformação de Box-Cox	<0,005	<0,005	<0,005
Lognormal	<0,005	<0,005	<0,005
Lognormal de 3 Parâmetros	-	-	-
Exponencial	<0,003	<0,003	<0,003
Exponencial de 2 Parâmetros	<0,010	<0,010	<0,010
Weibull	<0,010	<0,010	<0,010
Weibull de 3 Parâmetros	<0,005	<0,005	<0,005
Menor Valor Extremo	<0,010	<0,010	<0,010
maior Valor Extremo	<0,010	<0,010	<0,010
Gama	<0,005	<0,005	<0,005
Gama de 3 Parâmetros	-	-	-
Logística	<0,005	<0,005	<0,005
Loglogística	<0,005	<0,005	<0,005
Loglogística de 3 Parâmetros	-	-	-

Para processos que não seguem a normalidade e em que não é possível identificar um ajuste a uma outra distribuição, existem outros métodos mais complexos do cálculo da capacidade do processo (como por exemplo o método de Clemente e Burr); no entanto, para além de nem sempre medirem com exatidão os valores nominais da distribuição (Liu et al., 2006), implicam um conhecimento profundo de conceitos estatísticos, o que inviabiliza a sua utilização a longo prazo no contexto industrial.

Aumento do tamanho da amostra

Teoricamente, à medida que a dimensão de uma amostra aumenta, a distribuição das médias amostrais tende para uma distribuição normal, pelo TLC. Tendo em conta que foram recolhidos dados por amostragem estratificada (por cada palete produzida foram recolhidas pelo menos quatro caixas de produto acabado) para o estudo do *giveaway* por unidade, em que cada amostra possui uma dimensão superior ou igual a quatro e a frequência de recolha foi muito superior à dos dados utilizados no estudo de capacidade, estes dados foram testados para verificar se teriam um melhor ajuste à normalidade e se, mais recentemente, o processo se encontra estável.

Tabela 5.21. Estatísticas Descritivas dos Subgrupos Recolhidos para Análise de *Giveaway* do Processo

	4A51010	4A51020	CA51036
Número de Subgrupos Racionais	319	66	29
Tamanho dos Subgrupos	28	16	4
Média	279,46	501,16	1024,5
Desvio Padrão dentro de subgrupos	5,2460	7,5964	11,357
Desvio Padrão Global	5,3246	7,9796	12,563

A estabilidade, independência e normalidade dos dados foi novamente estudada para os dados recolhidos para a análise de *giveaway* do processo. Note que se pode observar diferenças significativas entre a dispersão dos dados obtidos para a análise do processo e os dados obtidos para a análise do *giveaway*. Para além disto, a diferença entre dispersão dos dados dentro dos subgrupos e entre subgrupos é muito menor nos dados obtidos para análise do *giveaway*, o que pode indicar que o aumento da dimensão amostral e frequência da recolha permitiu uma melhor perceção da variação do processo.

Com o aumento da dimensão dos subgrupos para a referência 4A51010 e 4A51020, foram utilizadas cartas de controlo Xbarra-S (cartas para o controlo das médias e variação) e estimados os limites de controlo.

Verifica-se, mais uma vez, que a carta de controlo de médias da referência 4A51010 apresenta subgrupos fora de controlo – mais precisamente 32 subgrupos (cerca de 10% do total de amostras) – enquanto que na carta de variação cerca de 41 subgrupos encontram-se fora de controlo. Pode-se concluir, novamente, que o processo produtivo da referência 4A51010 se encontra fora de controlo estatístico.

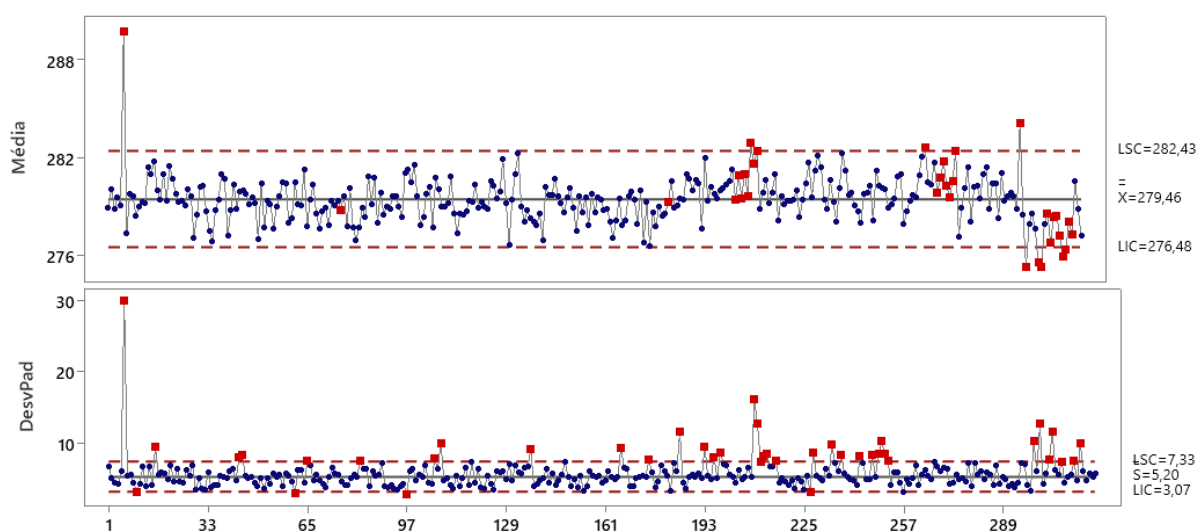


Figura 5.42. Carta de Controlo da Média e Variação para a Referência 4A51010

Na Figura 5.43, é possível observar que 9 dos subgrupos estão fora de controlo na carta de médias e 7 subgrupos estão fora de controlo na carta de variação, o que representa 10,6% dos subgrupos totais. Conclui-se novamente que o processo produtivo não é estável.

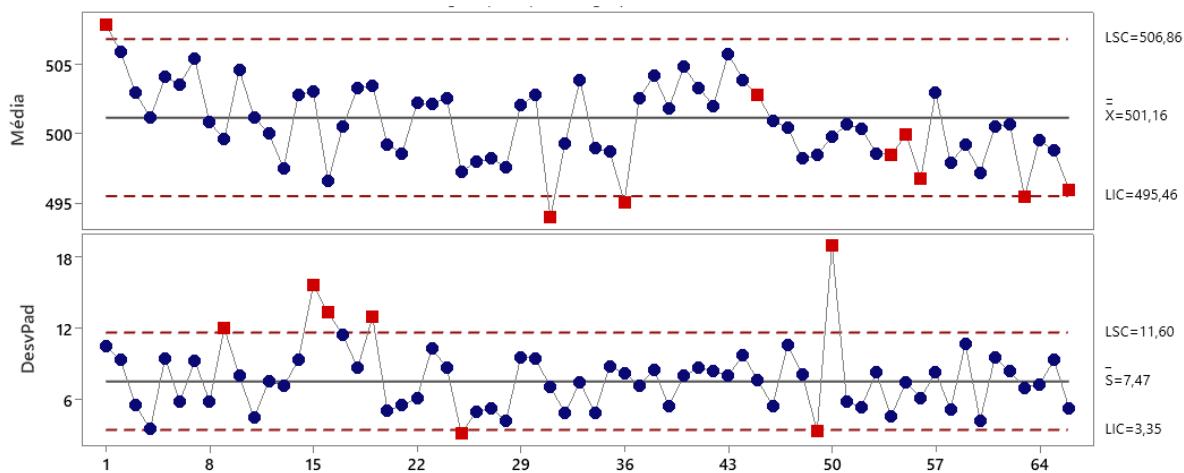


Figura 5.43. Carta de Controle da Média e Variação para a Referência 4A51020

Na Figura 5.44 é possível observar que, na carta de médias para a referência CA51036, 26 dos subgrupos (cerca de 90% dos subgrupos) estão fora de controle e na carta de amplitudes, 1 subgrupo está fora de controle, o que permite concluir que o processo produtivo de queijo fatiado para a referência CA51036 está novamente fora de controle estatístico.

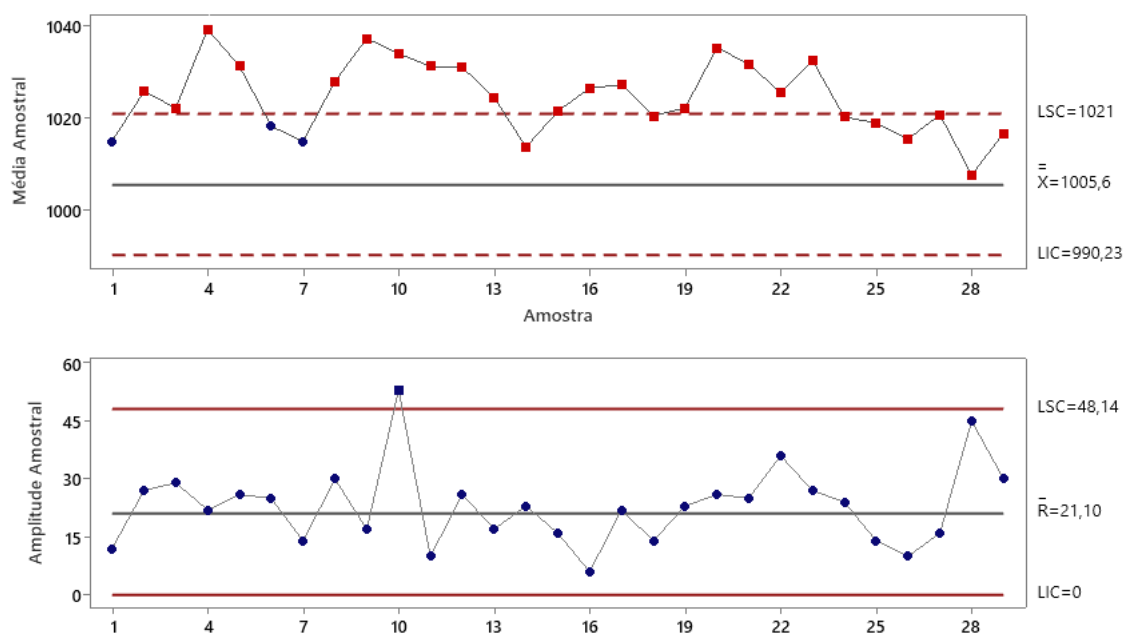
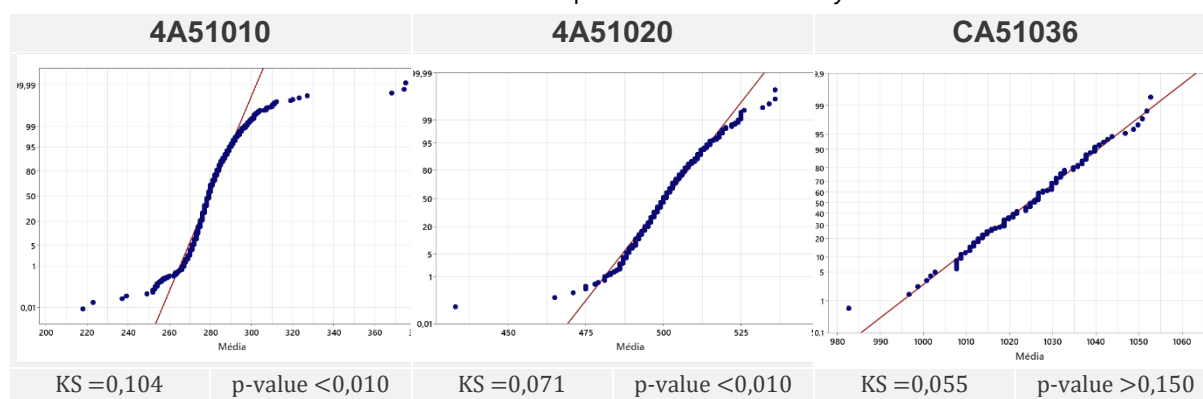


Figura 5.44. Nova Carta de Controle da Média e Amplitude para a Referência CA51036

A independência dos dados foi novamente testada, não se verificando, novamente, correlação entre os dados.

A distribuição dos dados foi também novamente testada, verificando-se que apenas os dados relativos à referência CA51036 não falharam o teste de ajuste à distribuição normal (Tabela 5.22).

Tabela 5.22. Síntese e Representação Gráfica dos Resultados no Teste de Kolmogorov-Smirnov para as Diferentes Referências em Estudo Relativamente aos Dados para Análise do Giveaway.



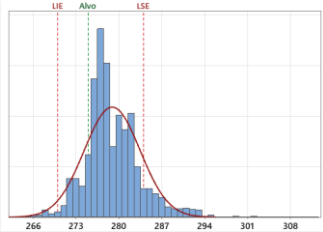
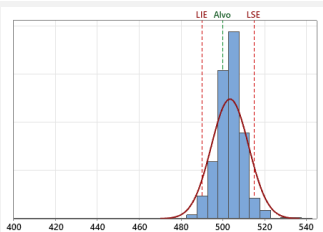
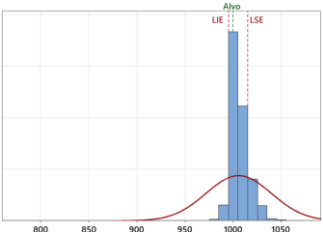
Isto implica que os dados, para além de estarem fora de controlo em todos os processos, não seguem uma distribuição normal na maioria das referências, tornando-se inadequado a utilização dos índices de capacidade de processo e inviável previsão da capacidade futura do processo. No entanto, é possível utilizar indicadores de performance para estimar, de forma conservativa, a capacidade do processo no momento da recolha de dados, sendo sempre inferiores aos índices de capacidade do processo.

Para aplicação dos índices de desempenho (P_p e P_{pk}) no período em estudo não é necessário que o processo esteja sob controlo estatístico ou que sejam feitas suposições sobre a distribuição dos dados recolhidos do processo. No entanto é necessário que a dispersão do processo esteja contida entre $\pm 3 \sigma$, o que se verifica em todos os conjuntos de dados recolhidos.

O estudo da performance do processo foi realizado através do minitab para ambos os conjuntos de dados recolhidos, de modo a comparar valores recolhidos recentemente com os valores históricos do processo. Na Tabela 5.23, e na maioria dos histogramas de capacidade apresentados, denota-se um certo enviesamento da distribuição para valores iguais ao valor alvo ou imediatamente a seguir a este valor. Este enviesamento aparenta ser um dos fatores que contribui para as distribuições dos dados não seguirem a normalidade e poderá ter como origem o facto de a maioria das unidades serem reprocessadas quando atingem valores muito inferiores ou superiores ao valor nominal, tendo assim tendência a apresentar valores próximos ou ligeiramente superiores a este valor alvo.

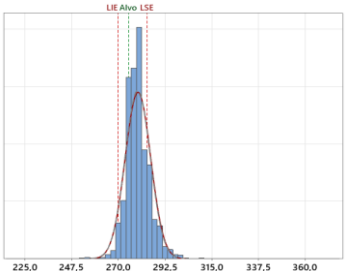
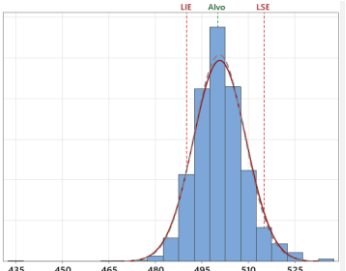
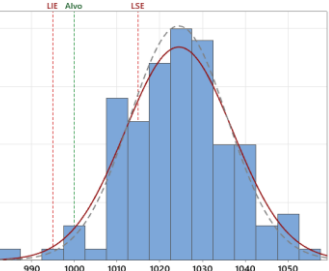
De um modo geral os processos produtivos em estudo de queijo fatiado são processos que não estão centrados ($P_p \neq P_{pk}$) e que não são capazes, uma vez que os índices de performance são muito inferiores ao valor mínimo aceitável ($P_p < 1,33$); para além disto, nota-se uma tendência para a produção de queijo fatiado com peso unitário muito alto relativamente aos limites de especificação superior.

Tabela 5.23. Estudo da Performance do Processo Através dos Dados Recolhidos para a Análise de Capacidade

	4A51010	4A51020	CA51036
Histograma de Capacidade			
P_p	0,51	0,47	0,10
P_{pk}	0,37	0,44	0,09
DPMO [observado]	125 402	58 211	209 005
DPMO [esperado]	157 041	157 030	766 008
Nível <i>sigma</i> [esperado]	2,51	2,51	0,77
Rendimento	84,30%	84,30%	23,40%

Na Tabela 5.24, estão apresentados os histogramas da capacidade do processo e sintetizados os índices de performance do processo, os defeitos por milhão de oportunidades (considerando-se cada unidade como uma oportunidade para defeito) observados e esperados assim como uma estimativa do nível *sigma* e do rendimento da qualidade do processo, respetivamente para os dados recolhidos para a análise da capacidade e os dados para a análise do *giveaway*.

Tabela 5.24. Estudo da Performance do Processo Através dos Dados Recolhidos para a Análise de Giveaway

	4A51010	4A51020	CA51036
Histograma de Capacidade			
P_p	0,38	0,49	0,27
P_{pk}	0,25	0,42	-0,25
DPMO [observado]	178 059	125 237	758 621
DPMO [esperado]	291 116	150 288	783 905
Nível <i>sigma</i> [esperado]	2,03	2,54	0,71
Rendimento	70,89%	84,97%	21,61%

É possível observar que, com exceção da referência 4A51020, os dados recolhidos para a análise de *giveaway* apresentam valores do P_p inferiores aos dos dados históricos recolhidos.

5.2.2.5.2 Percentagem de *giveaway* e peso médio

Entende-se por *giveaway* toda a quantidade de produto entregue ao cliente superior ao valor nominal do produto. O *giveaway* implica custos acrescidos para organização, principalmente de matéria-prima. No entanto, unidades de produto abaixo de peso podem levar a reclamações e possíveis sanções legais (o critério legal permite apenas uma unidade abaixo do limite de especificação a cada 1 unidade em 100, isto desde que se verifique que a média amostral é superior ao valor nominal). Assim, o estudo da percentagem de *giveaway* e do peso médio do produto, são fatores importantes na melhoria do processo que necessitam de uma análise cuidada.

De modo a proceder a este estudo foram recolhidos dados para cada referência através de amostragem estratificada, onde foi medido o peso de cada unidade para, no mínimo, 4 caixas por cada palete produzida. No caso da referência CA51036, a recolha de dados foi limitada a uma amostra de tamanho mínimo de modo a minimizar a manipulação com o produto embalado já que a maioria das reclamações por bolor se centravam nesta referência.

Com base nos dados obtidos, foi calculado um valor médio de perdas financeiras semanais, estabelecendo-se como referência que cada quilograma de queijo teria um valor monetário de 4 €.

A síntese dos resultados obtidos para a referência 4A51010, 4A51020 e CA51036, encontram-se apresentados, respetivamente, na Tabela 5.25, Tabela 5.26 e Tabela 5.27.

Tabela 5.25. Síntese do Estudo de *Giveaway* para a Referência 4A51010

	Quantidade	Unid
Valor Nominal	0.250	g
Limite Inferior de Especificação	0.270	g
Limite Superior de Especificação	0.284	g
Tara	0.018	g

	Unid	%
Quantidade Observada	8924	100%
Quantidade Acima do Valor Nominal	7039	78.88%
Quantidade com Valor Nominal	511	5.73%
Unidades Abaixo do Valor Nominal	1374	15.40%
Quantidade Dentro de Especificação	7335	82.19%
Unidades Fora de Especificação	1589	17.81%
Quantidade Acima da Especificação	1374	15.40%
Quantidade Abaixo da Especificação	215	2.41%

Tabela 5.25. Síntese do Estudo de *Giveaway* para a Referência 4A51010 (continuação)

	Quantidade	Unid
Peso total Observado	2493884	g
Peso Total Suposto	223100	g
Peso Médio	279.46	g
<i>Giveaway</i>	26288	g
	10.54	%
	2.95	g/unid
Perdas Financeiras	1051.54	€
	0.012	€/unid

Considerando que em média são produzidas cerca de 55 569 unidades semanalmente da referência 4A51010 e que cada unidade representa uma perda financeira de 0,012 €, em média o valor do *giveaway* semanal custa à organização 654,78 €.

Ao realizar um estudo do controlo metrológico ao peso do produto para esta referência, em que se consideram 90 amostras com 100 observações individuais cada, verifica-se que na totalidade das amostras o peso médio amostral nunca é inferior ao valor nominal, mas, em cerca de 14% das amostras, a quantidade de unidades abaixo do limite de especificação é superior a uma.

Tabela 5.26. Síntese do Estudo de *Giveaway* para a Referência 4A51020

	Quantidade	Unid
Valor Nominal	0.500	Kg
Limite Inferior de Especificação	0.490	Kg
Limite Superior de Especificação	0.515	Kg
Tara	0.0284	Kg

	Unid	%
Quantidade Observada	1054	100%
Quantidade Acima do Valor Nominal	515	48.86%
Quantidade com Valor Nominal	62	5.88%
Unidades Abaixo do Valor Nominal	477	45.26%
Quantidade Dentro de Especificação	901	85.48%
Unidades Fora de Especificação	153	14.52%
Quantidade Acima da Especificação	140	13.28%
Quantidade Abaixo da Especificação	13	1.23%

Tabela 5.26. Síntese do Estudo de *Giveaway* para a Referência 4A51020 (continuação)

	Quantidade	Unid
Peso Total Observado	527763	g
Peso Total Suposto	52700	g
Peso Médio	500.72	g
Giveaway	76	g
	0.14	%
	0.07	g/unid
Perdas Financeiras	3.05	€
	0.0003	€/unid

Considerando que em média são produzidas cerca de 15 438 unidades semanalmente da referência 4A51020 e que cada unidade representa uma perda financeira de 0,0003 €, em média o valor do *giveaway* semanal custa à organização 4,47 €.

Ao realizar um estudo do controlo metrológico ao peso do produto para esta referência, em que se consideram 11 amostras com 100 observações individuais cada, verifica-se que na totalidade das amostras o peso médio amostral é inferior ao valor nominal em 40% das amostras observadas, e das amostras com peso médio amostra superior ou igual ao valor nominal em cerca de 86% das amostras, a quantidade de unidades abaixo do limite de especificação é superior a uma.

Tabela 5.27. Síntese do Estudo de *Giveaway* para a Referência CA51036

	Quantidade	Unid
Valor Nominal	1.000	Kg
Limite Inferior de Especificação	0.995	Kg
Limite Superior de Especificação	1.015	Kg
Tara	0.0393	Kg

	Unid	%
Quantidade Observada	116	100%
Quantidade Acima do Valor Nominal	113	97.41%
Quantidade com Valor Nominal	0	0.00%
Unidades Abaixo do Valor Nominal	3	2.59%
Quantidade Dentro de Especificação	29	25.00%
Unidades Fora de Especificação	87	75.00%
Quantidade Acima da Especificação	87	75.00%
Quantidade Abaixo da Especificação	0	0.00%

Tabela 5.27. Síntese do Estudo de *Giveaway* para a Referência CA51036 (continuação)

	Quantidade	Unid
Peso total Observado	118838	g
Peso Total Suposto	11600	g
Peso Médio	1024.47	g
<i>Giveaway</i>	284	g
	2.39	%
	2.45	g/unid
Perdas Financeiras	11.35	€
	0.0098	€/unid

Considerando que em média são produzidas cerca de 4 696 unidades da referência CA51036 e que cada unidade representa uma perda financeira de 0,0098 €, em média o valor do *giveaway* semanal custa à organização 45,95 €.

Devido apenas terem sido recolhidos dados suficientes para uma amostra de 100 unidades não foi possível efetuar um controlo metrológico do peso médio unitário.

5.2.2.6 VSM (*Value Stream Mapping*) – Mapeamento da cadeia de valor

Com o mapeamento da cadeia de valor pretende-se obter uma melhor compreensão do processo atual, através da observação e interação com os intervenientes do processo (operadores, team *leaders*, equipa de manutenção, equipa de qualidade, entre outros). Uma compreensão profunda do modo de funcionamento e da forma como se trabalha no processo permite a obtenção e documentação de informações detalhadas que o caracterizam, assim como a identificação de ineficiências que afetam o seu fluxo e que podem representar oportunidades de melhoria. Para além disto, o VSM permite a rápida visualização dos desperdícios e a identificação dos processos/subprocessos que geram esses desperdícios.

A recolha de informações para a elaboração do VSM foi obtida de duas formas: através de *gemba walks* diários, maioritariamente em chão de fábrica, de modo a observar os processos, e através da recolha de informações previamente estabelecidas no Plano de Recolha de Dados. Com a criação do VSM pretende-se que rapidamente e de forma visual seja possível reconhecer:

- O tempo de ciclo do processo;
- O *Lead Time*;
- Os inventários;
- O tempo de mudança do produto;
- O desperdício de matéria-prima;
- A percentagem de defeitos;
- A taxa de reprocessamento;

- O número de operadores;
- A disponibilidade dos equipamentos e o seu tempo de bom funcionamento; e
- A capacidade de cada subprocesso.

Considerou-se que, para a criação do VSM, as representações do processo elaborados anteriormente eram ainda limitadas, sendo necessário diagramas adicionais para complementar as informações e permitir uma maior compreensão do processo, especialmente das atividades e tarefas que o integram. Assim, foi criado um último diagrama de processo, com elevado nível de detalhe, para definir detalhadamente todas as atividades que integram o processo e as suas características, o que permite observar e detalhar o comportamento no dia-a-dia do processo. Para isto recorreu-se ao mapa de atividades apresentado no Apêndice C.

Este mapa de atividades permitiu ainda a criação dum esboço inicial do VSM da linha de produção apresentado na Figura 5.45.

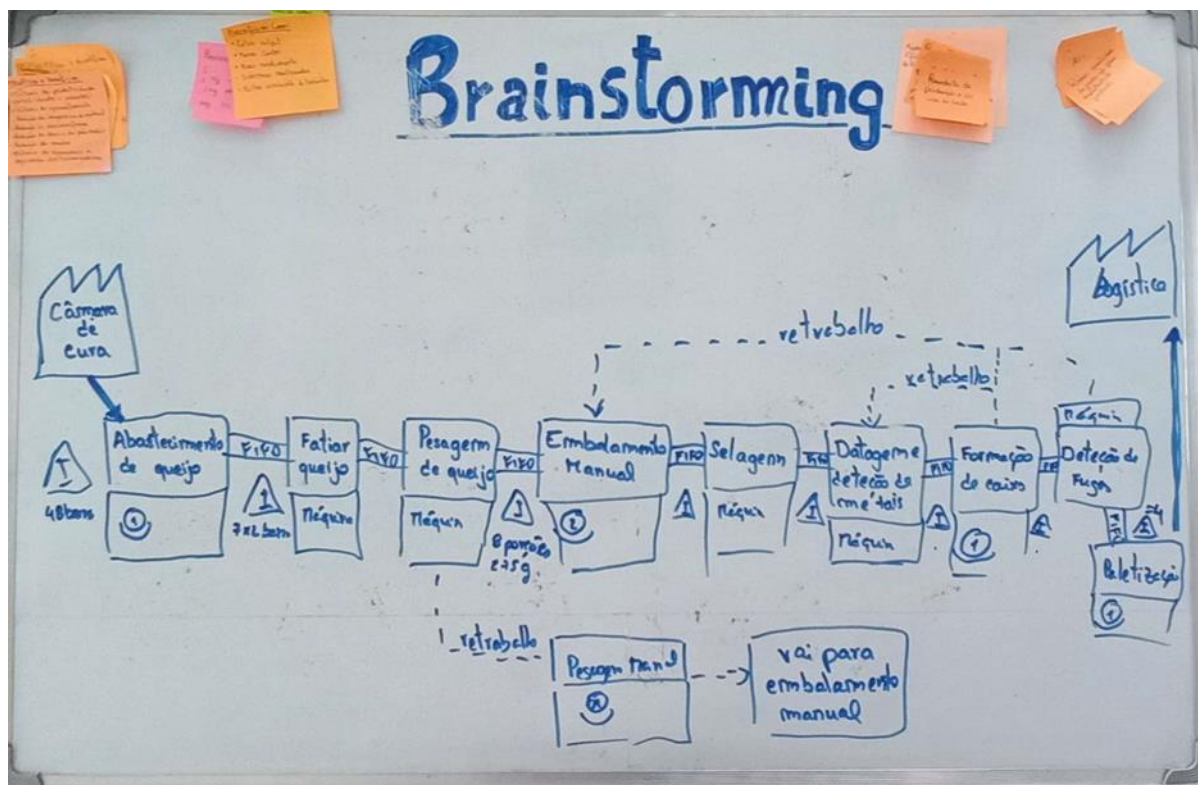


Figura 5.45. Esboço Inicial do VSM

Antes de continuar o processo de mapeamento da análise de valor, foi necessário tomar certas considerações e definir alguns conceitos:

- Definiu-se que *Takt time* é constante para cada unidade e referência, estando alocado a todos produtos da linha.
- Considerou-se que certas partes do processo (subprocessos) funcionam por produção em *batch*, ou seja, uma certa quantidade do produto é produzida em simultâneo, o que implica que o operador trabalha apenas enquanto houver material.

- Para o tempo de ciclo, apenas foi considerado o tempo de espera entre sequências do processo (ou seja, o tempo de processamento e o tempo de espera enquanto se está a processar); não foi considerado o tempo de espera entre processamentos.
- Considerou-se como defeito a falta de perfeição, irregularidade ou falta de conformidade do produto ou matéria-prima.
- Considerou-se como desperdício de matéria-prima do processo, toda a quantidade de produto que não pode ser retrabalhada/reprocessada de modo a atingir a conformidade necessária para ser expedida para o cliente.

5.2.2.6.1 Layout e fluxo de movimentos

Na Figura 5.46 é apresentado o layout do espaço onde se encontra a linha de produção da fatiadora 604, assim como representações fotográficas exemplificativas do processo produtivo face ao layout.

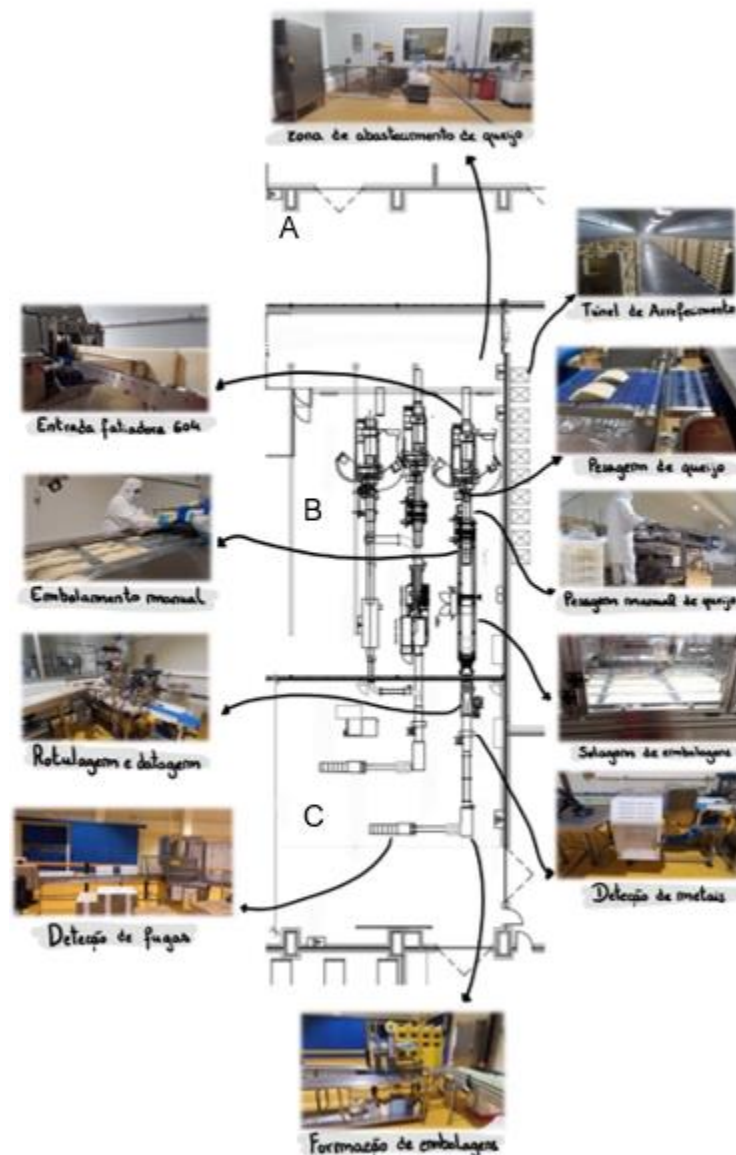


Figura 5.46. Layout e Divisão das Áreas do Processo Produtivo

Através da análise da figura, são facilmente detetadas algumas ineficiências no layout, principalmente falta de espaço devido a proximidade entre equipamentos e estruturas e a existência de barreiras físicas entre as várias áreas da linha de produção (A, B e C) que dificultam o fluxo de materiais contra a corrente de produção e a comunicação entre operadores afetos às diferentes áreas (Figura 5.47).

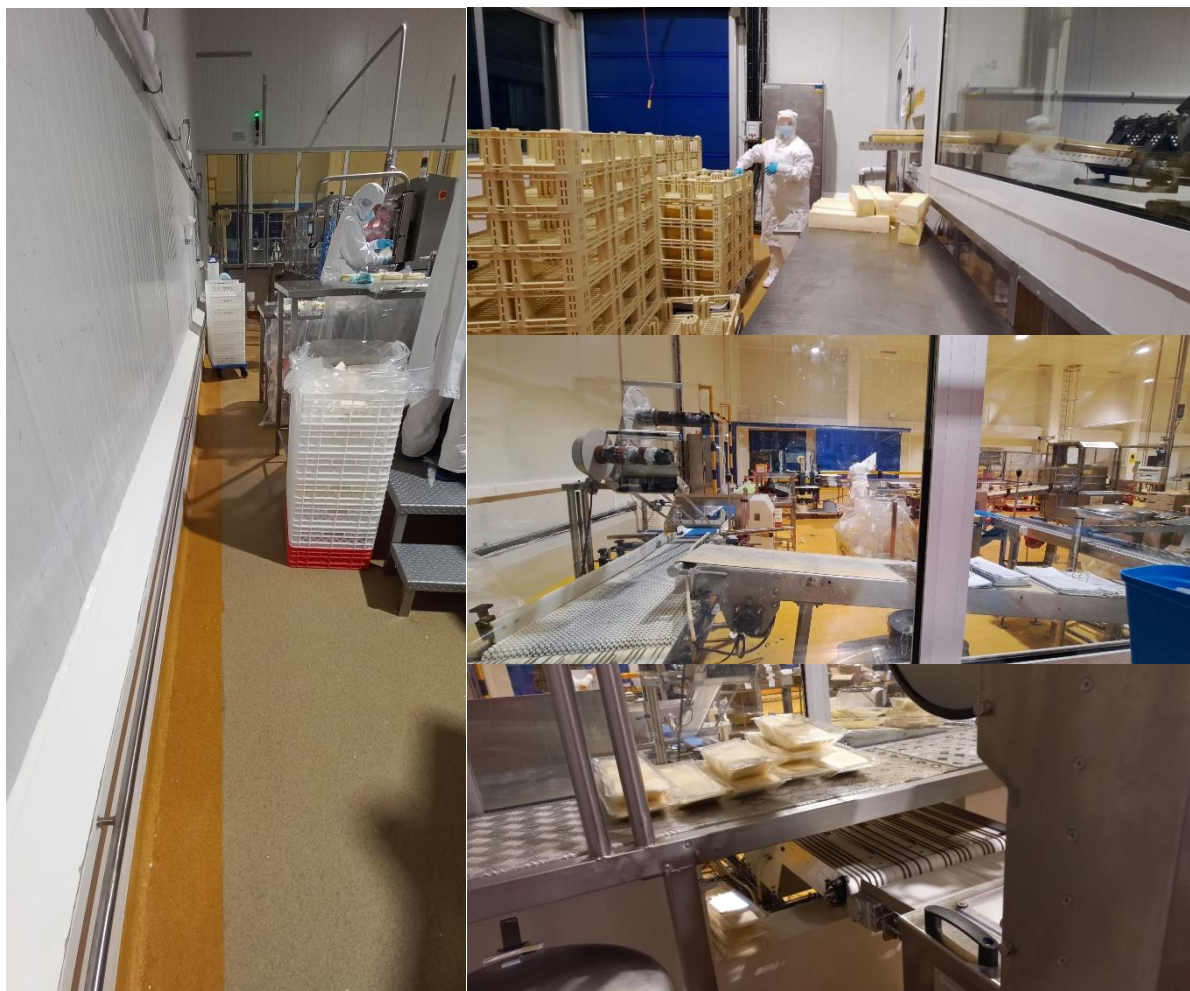


Figura 5.47. Representação Fotográfica de Ineficiências do Layout

Para além disto, as características da área A e B (áreas em que o nível de higiene é estritamente controlado) dificultam/inviabilizam a rotatividade entre postos de trabalho com os operadores da área C.

A partir da observação direta em chão de fábrica do processo produtivo, foi possível mapear as movimentações dos operadores durante um turno de trabalho através dum diagrama de esparguete, apresentado na Figura 5.48.

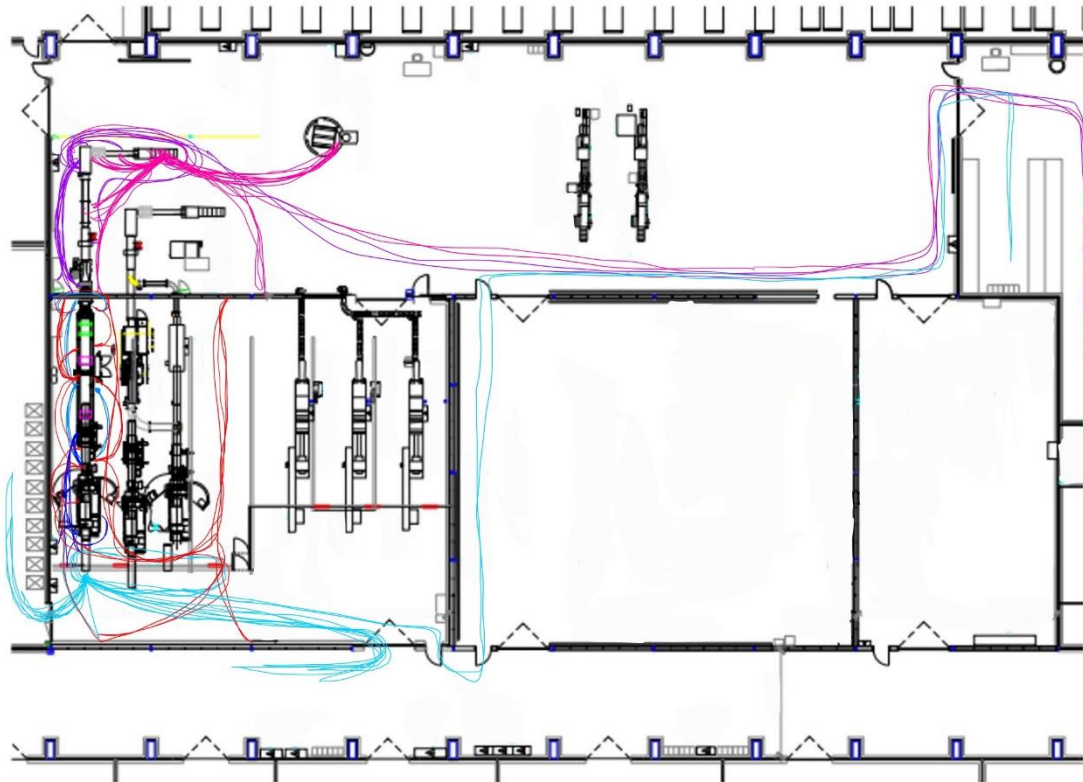


Figura 5.48. Diagrama de Esparguete

A cada operador, por posto de trabalho, foi atribuída uma cor e foram documentados os seus movimentos durante um turno de produção. Note-se que a cor vermelha foi atribuída ao chefe de linha que, apesar de não possuir um posto de trabalho, se desloca por toda a linha de produção de modo a assegurar o seu bom funcionamento durante o processo produtivo (o que implica, por exemplo, substituir num determinado posto de trabalho, um operador que se tenha de ausentar).

É possível observar que a distância percorrida, e a movimentação dos operadores, é superior nas áreas A e C. Apesar da maioria destas movimentações se deverem ao transporte manual de matéria-prima ou *inputs* do processo (atividades que devem ser futuramente minimizadas) algumas destas movimentações devem-se a encravamentos (Figura 5.49 e Figura 5.50) da matéria-prima ou do produto na linha que condicionam o fluxo de produção (ocorrências que devem ser eliminadas não só para diminuir o desperdício em movimentações, como também melhorar o fluxo produtivo).



Figura 5.49. Encravamentos a Montante da Linha



Figura 5.50. Encravamentos a Jusante da Linha

5.2.2.6.2 Desclassificações e rendimento da Matéria-Prima

Sempre que durante o processo produtivo de queijo fatiado não é possível reprocessar a matéria-prima principal, de modo a obter um produto conforme para expedição, dá-se origem a resíduos/desperdícios que correspondem a queijo desclassificado.

Na linha produtiva em estudo, a desclassificação de queijo é baseada, quase exclusivamente, em inspeções visuais. A desclassificação pode ter por base características funcionais da matéria-prima ou características derivadas do processo. Na Tabela 5.28 é possível observar uma breve descrição do motivo e tipos de defeitos visuais identificáveis que podem levar à desclassificação do queijo.

Tabela 5.28. Exemplos e Descrição do Tipo de Defeitos Visuais que Levam à Desclassificação de Queijo

	Tipo	Descrição	Exemplos
Características Funcionais	Mal Prensado	• Fatias com muitos buracos/"olhos" visíveis	
	Mole	• Fatias facilmente deformáveis e com aspeto irregular. Ao toque, a fatia aparenta ser muito mais maleável.	
	Rachado	• Fatias com rachadelas visíveis devido ao comportamento da matéria-prima.	
Inerentes ao Processo	Fatiadora	• Fatias com rachadelas e/ou com aspeto não conforme devido ao processo de fatiamento. • Pedacos grandes que se assemelham a topos.	
	Transporte	• Fatias visivelmente danificadas, normalmente rachadas, devido ao processo de transporte.	
	Embaladora	• Fatias com pequenos recortes, rachadelas ou esmagadas devido ao processo de embalagem.	
	Topos	• Parte da barra de queijo que não é possível fatiar devido a ser o local onde as garras/grippers da fatiadora retêm a barra de queijo a fatiar. Blocos de espessura considerável que resultam do fatiamento de cada barra.	
	Fatias Iniciais	• Fatias iniciais a serem fatiadas que correspondem à casca do queijo. As laterais da fatia tem aparência recortada e um rebordo mais amarelado	
	Paletização	• Unidades desclassificadas devido à queda e/ou dano do produto aquando do processo de paletização	-

Queijo que é desclassificado pode ser teoricamente reprocessado e reaproveitado para a produção de outros produtos, no entanto, neste momento, na unidade fabril em estudo, este queijo é comercializado com uma desvalorização de 68% do preço de venda por quilograma o que acarreta perdas financeiras para a organização.

Assim, a quantificação da quantidade de queijo desclassificado e análise dos motivos de desclassificação é de extrema importância para identificação de oportunidades de melhoria e medição da performance do processo.

De modo a documentar a quantidade de queijo desclassificado e o motivo de desclassificação, a organização possui um módulo em ACCEPT (Figura 5.51) que permite aos colaboradores preencher um formulário com os seguintes dados:

- Total de unidades processadas;

- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo mal prensado;
- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo rachado;
- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo mole;
- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo devido à fatiadora;
- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo devido ao transporte;
- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo devido à embaladora;
- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo devido à paletização;
- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo correspondente a topos;
- Quantidade em quilogramas desclassificada de queijo correspondente a fatias iniciais.

The screenshot shows the 'Inspeção' (Inspection) module in the ACCEPT system. The window title is 'Inspeção'. The main area is a data entry form with the following sections:

- Análise:** Determinação Defeitos - Fatiado / Controle Estatístico do Processo OAC 106
- Produto:** UAS1192
- Identificação:** Data: 21-12-22 / Ordem Produção: 000006615492 / Lote Logístico: 2304153157 / Recurso: MP01

The main table has the following columns:

- Identificação:** Col, Inspec, Data, Hora, Editar
- Identificação:** Data, Turno, Hora, Colaborador
- Motivos desclassificação:** Total Unid., Desclassifica
- Características Funcionais:** Mal Prens., Rachado, Mole
- Inerente ao Processo:** Fatiadora, Transporte, Embaladora, Paletização, Topos
- Controle Responsável de:** Fatias Inid., % Defeito, Em Kg
- Resultado:** Resultado, Gravar, Obs, V

At the bottom, there are buttons for 'Validar', 'Gravar', and 'Cancelar'. Below these, there are fields for 'Característica selecionada', 'Nome', 'Especificação', 'Última alteração: Nominal', 'Utilizador', and 'Validação'. At the very bottom, there is a section for 'Ajuda - Característica' with the text 'Sem ajuda disponível'.

Figura 5.51. Módulo em ACCEPT de Desclassificação de Queijo

Foram recolhidas 581 entradas de dados através deste módulo durante o período de outubro de 2022 a fevereiro de 2023. Destas entradas, foram eliminadas 63 entradas que não continham dados, assim como 7 entradas que não continham dados suficientes para a análise da desclassificação e para as quais não foi possível um posterior preenchimento, totalizando 511 entradas aptas para análise da desclassificação de queijo.

Através da análise da estatística descritiva da quantidade total de queijo e da percentagem de queijo desclassificado, apresentadas na Tabela 5.29, é possível concluir que, em média, cerca de 6% de todo o queijo processado na linha por turno é desclassificado, logo o rendimento da matéria-prima é de cerca de 94%. A desclassificação devido a características funcionais do queijo apresenta uma menor incidência do que a desclassificação devido a características inerentes ao processo, exibindo uma percentagem média de 0,78% e 5,36%, respetivamente.

Tabela 5.29. Estatística Descritiva da Quantidade Total de Queijo e Percentagem de Desclassificação

Estatísticas	Total Unidades	Total Kg	Total Kg Desclassificados	% desclassificação Inerente ao Processo	% desclassificação Características Funcionais	% desclassificação total
Nº de Observações	511	511	511	511	392	511
Média	482,8	2027,8	109,14	5,365	0,7797	5,963
Erro Padrão Média	14,1	59,1	3,08	0,133	0,0766	0,174
Desvio Padrão	318,0	1335,5	69,60	3,004	1,5168	3,944
Mínimo	8,0	33,6	4,00	0,238	0,0232	0,408
1º Quartil	240,0	1008,0	55,94	4,311	0,1860	4,588
Mediana	480,0	2016,0	95,50	5,093	0,4144	5,551
3º Quartil	720,0	3024,0	150,17	5,995	0,8486	6,727
Máximo	4325,0	18165,0	398,00	50,00	23,8095	73,810

Ao analisar o gráfico de evolução semanal da percentagem média de desclassificação (Figura 5.52) é possível observar que, apesar da existência de uma certa oscilação semanal entre os valores observados, a percentagem média de desclassificação total mantém-se entre os 4 a 8 %. Nota-se, também, um certo nível de aumento da percentagem média de queijo desclassificado entre a semana 53 e a semana 3, e um progressivo aumento da desclassificação média total ao longo do tempo.

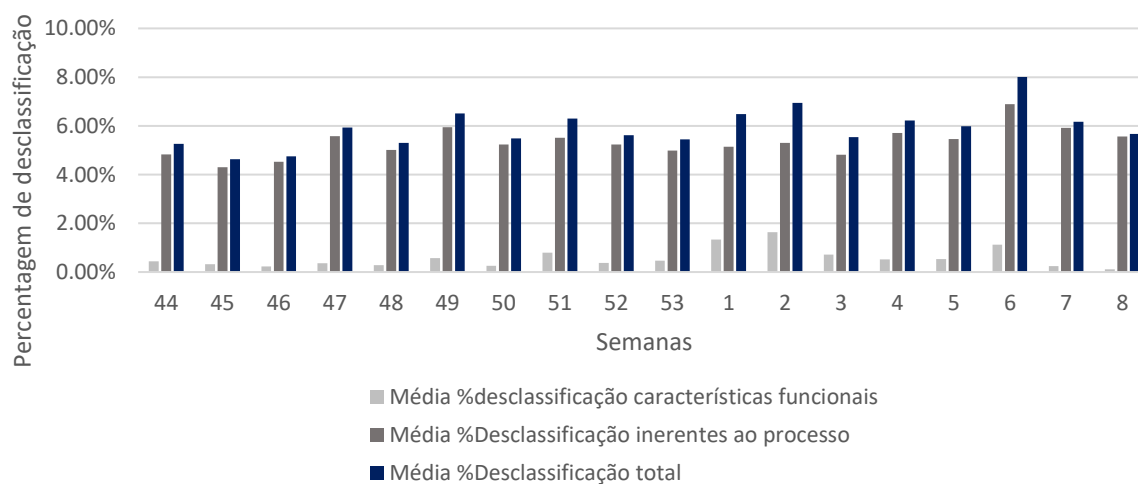


Figura 5.52. Evolução Semanal das Percentagens Médias de Desclassificação

Esta tendência evolutiva é ainda mais pronunciada ao analisar a evolução mensal das percentagens médias de desclassificação (Figura 5.53).

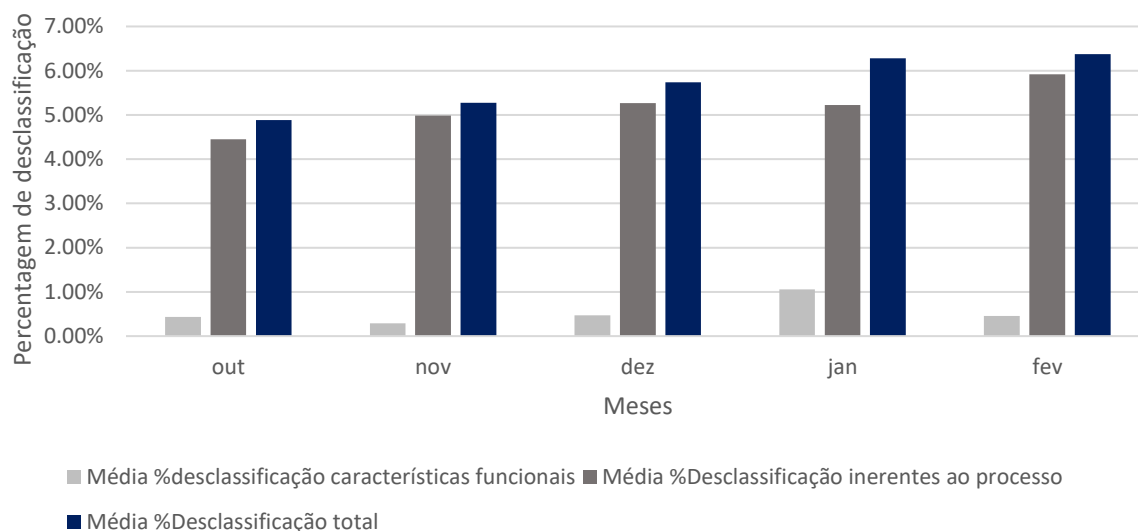
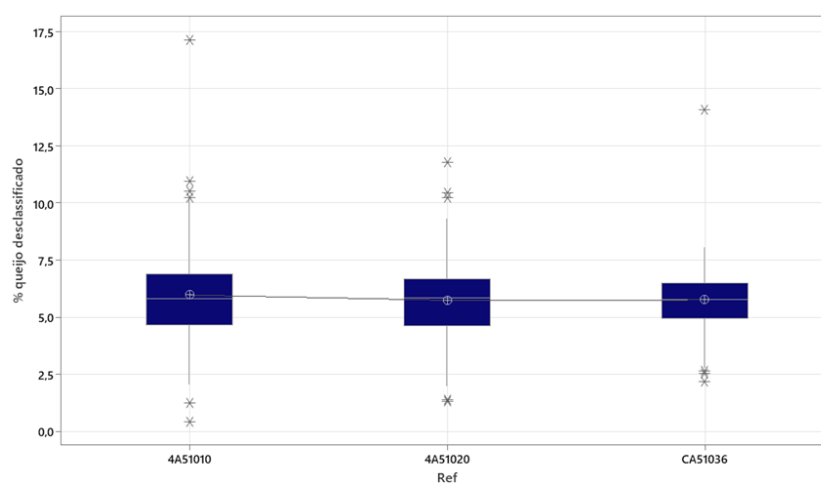


Figura 5.53. Evolução Mensal das Percentagens Médias de Desclassificação

De modo geral, apesar da existência de pequenas variações entre a percentagem média de desclassificação total das várias referências em estudo (Figura 5.53), através de um teste de hipóteses para um fator, é possível concluir que para um intervalo de confiança de 95% não há evidências significativas que permitam concluir que existem diferenças estatisticamente significativas entre as médias das percentagens.



Estatísticas	4A51010	4A51020	CA51036
Nº de Observações	68	64	52
Média	5,978	5,752	5,768
Erro Padrão Média	0,308	0,249	0,239
Desvio Padrão	2,543	1,995	1,721
Mínimo	0,408	1,210	2,164
1º Quartil	4,678	4,640	4,968
Mediana	5,819	5,842	5,799
3º Quartil	6,894	6,681	6,501
Máximo	17,167	11,806	14,087

Figura 5.54. Boxplot e Estatística Descritiva do Desperdício Total Associado às Diferentes Referências em Estudo.

Ao analisar o conjunto de dados apresentados estabeleceu-se que o indicador do rendimento da matéria-prima será atualizado diariamente, por turno, e analisado mensalmente com o objetivo de obter um rendimento acima dos 95%.

Uma observação mais pormenorizada dos desperdícios gerados devido a características inerentes ao processo, através da Tabela 5.30, permite ainda atribuir a diferentes equipamentos e subprocessos do processo produtivo de queijo fatiado na linha 604 uma certa percentagem de desperdício.

Tabela 5.30. Estatística Descritiva da Quantidade de Queijo Desclassificado em Quilogramas Referentes às Características Inerentes ao Processo

Estatísticas	Fatiadora	Transporte	Embaladora	Paletização	Topos	Fatias Iniciais
Nº de Observações	409	36	238	11	511	511
% Média de Desperdício	0,41	0,01	0,19	0,02	3,25	1,50
Média [Kg]	8,941	1,300	5,912	15,11	61,76	26,965
Erro Padrão Média	0,446	0,272	0,333	5,33	2,01	0,902
Desvio Padrão	9,022	1,633	5,134	17,66	45,38	20,399
Mínimo	0,100	0,100	0,100	2,00	1,00	1,200
1º Quartil	2,650	0,300	2,000	3,50	23,00	13,000
Mediana	5,800	0,700	4,700	9,00	54,00	24,651
3º Quartil	12,000	1,675	7,925	14,00	89,00	36,803
Máximo	48,700	8,200	31,000	54,50	214,50	209,963

Considera-se que para o subprocesso de fatiamento de queijo, a percentagem média de desperdício corresponde ao queijo desclassificado devido à fatiadora e aos topos, o que equivale a 3,66 % de desperdício de matéria-prima. Para o subprocesso de pesagem manual do queijo considera-se que se identifica o desperdício correspondente às fatias iniciais, ou seja, cerca de 1,5% de desperdício. Desperdícios devido ao transporte é identificado aquando da sua chegada ao subprocesso de embalamento manual, correspondendo a 0,01 % do desperdício. No processo de embalamento, cerca de 0,19% do queijo embalado torna-se em desperdício. Devido a quedas do produto é gerado 0,02% de desperdício aquando da paletização.

Assume-se que, apesar da existência de desperdício devido às características funcionais do processo, este desperdício não é diretamente atribuível a etapas do processo.

5.2.2.6.3 Reprocessamento e Qualidade da produção

Durante o processo produtivo de queijo fatiado na linha da fatiadora 604 são identificados 3 momentos de reprocessamento:

- Reprocessamento das porções, consideradas não conformes no processo de pesagem de queijo, através dum processo de pesagem manual;
- Reprocessamento de embalagens em que o rótulo e/ou a data de validade é considerada não conforme após a datação e deteção de metais;

- Reprocessamento de embalagens danificados e/ou que apresentam fugas de ATM devido a falhas no processo de selagem/embalamento.

Para cada um destes momentos foi contabilizado o número de unidades conformes e não conformes assim como alguns motivos para não conformidade. Foi ainda calculada a taxa de reprocessamento e o FTY para cada um dos subprocessos através da equação (3.8).

Para o subprocesso de pesagem de queijo observa-se uma grande discrepância entre a quantidade de porções conforme e não conforme (Tabela 5.31). Obtendo-se para o FTY 82,41%, 66,67% e 45,37%, respetivamente, para as referências 4A51010, 4A51020 e CA51036. Das porções não conformes não são contabilizadas para a taxa de reprocessamento as fatias iniciais, uma vez que são consideradas como desperdício inerente ao processo. Deste modo, obtêm-se respetivamente para cada uma das referências em estudo, uma taxa de reprocessamento de 11,04%, 22,53% e 41,42%.

Tabela 5.31. Frequência Relativa da Observação de Conformidade ou não Conformidade Durante a Pesagem de Queijo

Referência	Amostras	Obs	Conforme	Não Conforme			
				Total	Fatias Iniciais	Fatias Finais	Porções Não Conformes
4A51010	6	3280	2703	577	215	115	247
4A51020	10	1398	930	466	151	37	278
CA51036	4	1695	909	926	224	87	615

Relativamente ao subprocesso de datação e deteção de metais foi observado que apenas uma pequena percentagem de unidades fora de conformidade é detetada (Tabela 5.32). Esta percentagem corresponde a uma taxa de reprocessamento de 1,75%, 1,91% e 5,61% e FTY de 98,25%, 98,09% e 94,39%, respetivamente para as referências 4A51010, 4A51020 e CA51036.

Tabela 5.32. Frequência Relativa da Observação de Conformidade e não Conformidade e Taxa de Reprocessamento para o Subprocesso de Datação e Deteção de Metais

Referência	Amostras	Nº Caixas Observadas	Obs	Não Conformes	% Reprocessamento
4A51010	6	158	4566	80	1,75 %
4A51020	10	73	1202	23	1,91 %
CA51036	4	347	1623	91	5,61 %

O subprocesso de embalagem/selagem gera dois tipos de inconformidade relativamente à embalagem: embalagens com queijo em que são detetados defeitos ou fugas de ATM e embalagens que são seladas sem queijo, ou seja, vazias devido a imperfeições no próprio plástico que colocam em causa a integridade do produto. Apesar de aquando da fase preliminar de recolha de dados para estimação da proporção de não conformidade não tenham sido observadas embalagens vazias, durante a fase de recolha de dados foi possível observar em pelo menos duas das referências a ocorrência desta não conformidade (Tabela 5.33).

Dos tipos de inconformidades observados apenas o defeito de embalagem leva ao reprocessamento da matéria-prima, enquanto que as embalagens vazias levam ao desperdício de matérias-primas secundárias, tais como o plástico, e perdas de capacidade.

As referências 4A51010, 4A51020 e CA51036 apresentaram, respetivamente, uma taxa de reprocessamento de 1,14%, 0,92% e 6,28%, assim como um FTY de 98,64%, 99,08% e 91,13%.

Tabela 5.33. Frequência Relativa da Observação de Conformidade ou não Conformidade Durante a Selagem/Embalamento

Referência	Amostras	Nº Caixas Observadas	Obs	Não Conforme		
				Total	Defeito Embalagem	Embalagens Vazias
4A51010	6	158	4566	62	52	10
4A51020	10	73	1202	11	11	0
CA51036	4	347	1623	144	102	42

Durante o mês de fevereiro foi ainda recolhido em ACCEPT a quantidade de unidades reprocessadas devido a defeito por embalagem por turno (Figura 5.55) e por referência (Figura 5.56).

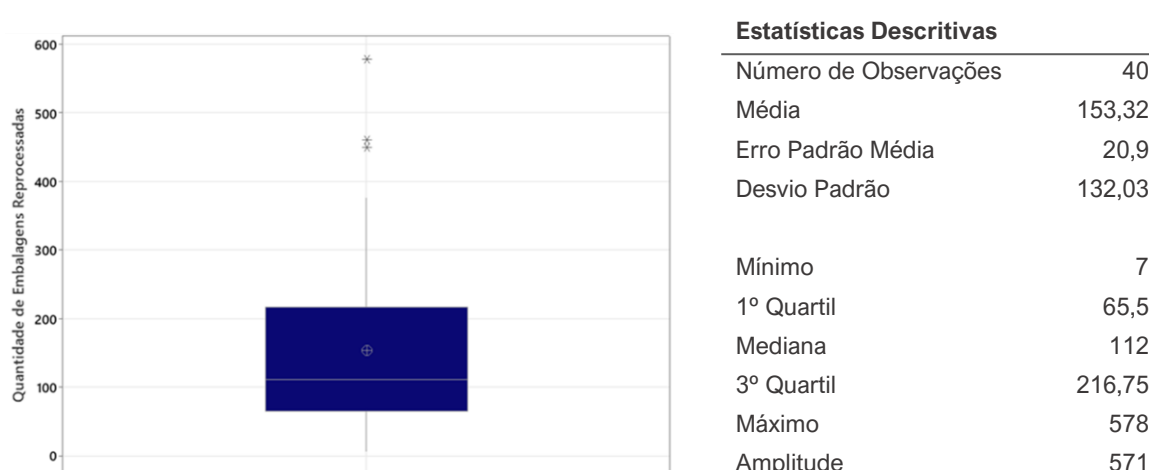
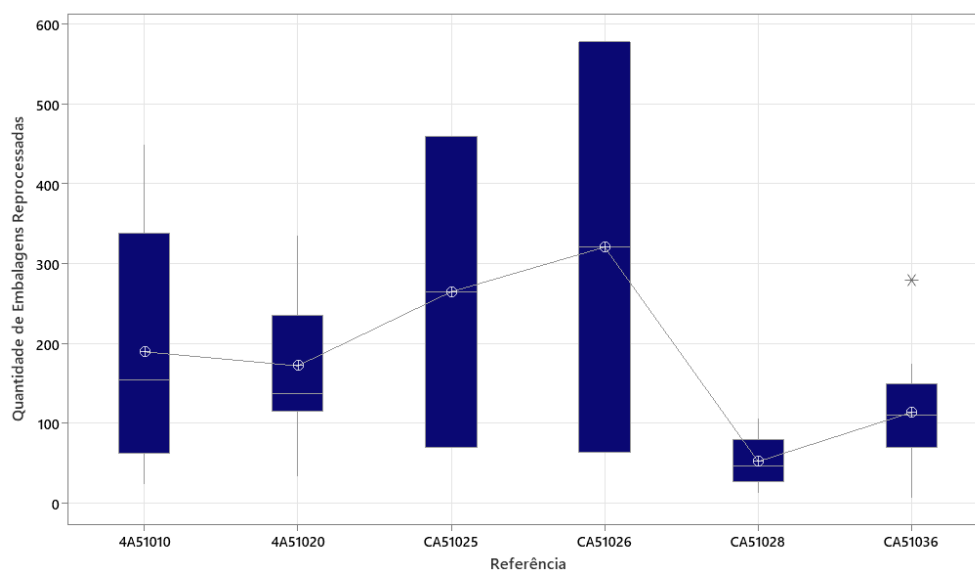


Figura 5.55. Boxplot e Estatística Descritiva da Quantidade de Embalagens Reprocessadas

Apesar de estes valores nos permitirem uma perceção da quantidade média de embalagens reprocessadas por turno e variação das embalagens por turno por referência, não permitem

especular sobre a taxa de reproprocessamento ou qualidade da produção, uma vez que não têm em conta a quantidade total de unidades produzidas (reprocessadas e não reprocessadas).



Estatísticas	4A51010	4A51020	CA51025	CA51026	CA51028	CA51036
Nº de Observações	8	7	3	2	5	15
Média	189,88	172,29	265	321	52,4	113,93
Erro Padrão Média	54,6	38	113	257	15,3	16,7
Desvio Padrão	154,33	100,50	195	363,45	34,261	64,715
Mínimo	24	34	70	64	13	7
1º Quartil	62,5	115	70	-	27	70
Mediana	154,5	138	265	321	47	110
3º Quartil	338	236,0	460	-	80,5	150
Máximo	450	336	460	578	107	280

Figura 5.56. Boxplot e Estatística Descritiva da Quantidade de Embalagens Reprocessadas por Referência

De um modo geral, podemos calcular a qualidade da produção através da multiplicação dos vários FTY obtidos ao longo do processo através da equação (3.9), obtendo-se os seguintes valores, apresentados na Figura 5.31, para a qualidade da produção durante o período em estudo.

Tabela 5.34. Qualidade da Produção para as Referências em Estudo

Referência	Qualidade da produção
4A51010	78,87 %
4A51020	64,79 %
CA51036	39,03 %

Ao analisar o conjunto de dados apresentados estabeleceu-se que este indicador será atualizado semestralmente com o objetivo de se atingir uma qualidade da produção de 85%, 75% e 50%, respetivamente, para as referências 4A51010, 4A51020 e CA51036.

5.2.2.6.4 Métricas Temporais

Takt Time

De forma a analisar os tempos de operação foi calculado o *Takt Time*, ou seja, o ritmo a que a linha produtiva necessita de produzir uma unidade de modo a satisfazer a procura do mercado. A procura média semanal do mercado foi obtida através das quantidades encomendadas que constam nos dados históricos do planeamento semanal de produção.

Tabela 5.35. Cálculo do *Takt Time* para a Linha de Produção

Cálculo do tempo total disponível no fluxo de valor	3 turnos diários de 8h de segunda a sexta das 5 às 5 30 min diários de pausa por turno Tempo disponível total por turno equivale a 7h30min Tempo disponível total por dia 22h30 min
Cálculo do Takt Time	Procura média semanal do cliente corresponde a 80 107 unidades Procura média diária do cliente corresponde a 16 022 unidades Procura média por turno do cliente corresponde a 5 340 unidades Takt Time = 7,5 h x 3600 s / 5 340 unidades = 5 s/unid

Através dos cálculos da Tabela 5.35, é possível concluir que, para satisfazer a procura semanal do mercado, é necessário que a linha em estudo produza 1 unidade de queijo fatiado a cada 5 segundos.

Tempos de Ciclo

O estudo dos tempos de ciclo do processo produtivo de queijo fatiado permite avaliar o desempenho do processo face ao ritmo de produção necessário para satisfazer a procura do mercado, assim como identificar *bottlenecks* (gargalos de produção) e oportunidades de melhoria.

De modo a obter os tempos de ciclo para cada uma das etapas do processo foram inicialmente realizados *gemba walks* de forma a decompor as etapas em atividades/operações bem definidas e claramente identificáveis, e medições *in situ* da duração de cada uma das atividades para averiguar o número de observações individuais necessárias para o cálculo dos tempos de ciclo com um nível de confiança de 95%, considerando uma margem de erro de 1 segundo.

Esta preparação inicial permitiu o preenchimento do mapa de atividades, apresentado no Apêndice C, e do plano de recolha de dados (Apêndice A) com o cálculo do Tamanho mínimo de amostras para estimação de valores dos tempos de ciclo.

Antes de iniciar o processo de recolha, os operadores da linha produtiva foram informados e contextualizados sobre a importância e os objetivos do estudo em curso, o que, posteriormente, possibilitou a sua contribuição na identificação de causas e motivos de variação constatadas nas observações.

O estudo dos tempos de ciclos foi realizado através da análise de 100,6 horas de filmagem recolhidas em chão de fábrica, que refletem o processo produtivo de queijo fatiado para as referências 4A51010, 4A51020 e CA51036, durante o turno da manhã e da tarde (contemplando a rotação entre a equipa A e B). As filmagens foram recolhidas de modo aleatório, sempre que possível e conveniente, em condições consideráveis estáveis de produção, isto é, evitando períodos de arranque de produção. Para a análise da duração das atividades foi definido o momento em que se considera que a atividade começa e termina (momento de corte) e de que modo identificamos esse momento (tipo de corte).

De modo a calcular os tempos de ciclo das diferentes etapas do processo, os dados registados foram tratados de formas diferentes dependendo de vários fatores:

- Tratando-se de um equipamento automático, os dados foram avaliados para a existência de *outliers* através de um gráfico de *boxplot* e, sempre que considerado adequado, eliminados. Devido ao fluxo contínuo de produção, paragens ou baixa cadência a montante ou a jusante dos equipamentos obrigam à sua paragem e excedentes de produto a montante podem levar ao aumento da sua velocidade produtiva introduzindo valores atípicos nas observações que não são representativos do tempo de ciclo do equipamento. Assim, escolhe-se eliminar estes valores de modo a obter um tempo de ciclo mais representativo.
- Tratando-se de atividades associadas a operadores, não é avaliada a existência de *outliers*, uma vez que se considera que a variação observada representa a variação natural do processo. Muitas atividades do processo envolvem o processamento do produto em *batches* o que implica que o operador continua a “trabalhar” apenas enquanto existe material, sendo importante capturar a variação do processo devido a falhas de abastecimento a montante. No entanto, nestas atividades são diferenciadas atividades cíclicas e não cíclicas, sendo utilizado a sua frequência de ocorrência para ponderação do seu impacto no tempo de ciclo.

Para o cálculo do tempo de ciclo foram também utilizados diferentes procedimentos:

- Para o tempo de ciclo de etapas relacionados puramente com equipamentos, após o tratamento de dados, foi apenas efetuada uma simples média aritmética dos valores obtidos.
- Para o tempo de ciclo de etapas relacionadas com atividades dos operadores foram inicialmente normalizadas as durações das atividades devido à diferença entre operadores, através da equação (5.7), com recurso ao fator de atividade (FA), que

corresponde a uma comparação subjetiva entre a velocidade de trabalho do operador observada e o que se esperava observar numa velocidade normal de execução da atividade em causa (correspondente a 100%).

$$T_{normalizado} = T_{observado} \times FA \quad (5.7)$$

As atividades da etapa são subdivididas em atividades cíclicas e não cíclicas. O tempo de ciclo da etapa é obtido através da média ponderada do tempo médio normalizado (TMN) de ambos os tipos de atividade.

$$TC = T_{MN \text{ cíclico}} \times Freqüência + T_{MN \text{ não cíclico}} \times Freqüência \quad (5.8)$$

Note-se que no caso da existência de atividades alternativas apenas foi considerado para o cálculo do tempo de ciclo a alternativa com maior duração.

Devido a durante o processo produtivo de queijo fatiado ocorrerem várias transformações do produto, de matéria-prima a produto semiacabado e posteriormente a produto acabado, são realizadas conversões durante as várias etapas do processo de modo a que os tempos de ciclo reflitam sempre o processamento de uma certa quantidade de produto acabado.

Note-se que em situações em que, durante as medições iniciais, foi observada muita variabilidade dando a origem a um tamanho mínimo de amostra considerado excessivo para recolha, foi estabelecido que seriam recolhidas no mínimo 50 observações individuais do subprocesso em causa.

• Subprocesso A – Abastecimento de queijo

O subprocesso A de abastecimento de queijo é totalmente composto por atividades associadas a operadores. A atividade A.1 é realizada em alternativa ao conjunto das atividades A.2 e A.3, tratando-se de atividades cíclicas. A atividade A.4 e A.5 correspondem a atividades não cíclicas com um certo nível de ocorrência.

Tabela 5.36. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso A para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Frequência de Ocorrência	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	A.1	84	1	8,7	0,4	3,8	6,3	8,1
	A.2	135	1	6,5	0,2	2,6	4,7	5,5
	A.3	122	1	6,6	0,3	3,6	2,1;3,8 4,2;5,7	4,4
	A.4	8	1/27	97,1	20,3	57,3	-	61,2
	A.5	-	-	-	-	-	-	-
4A51020	A.1	21	1	9,6	0,9	4,1	10	8,1
	A.2	113	1	6,6	0,3	3,6	3,3	5,5
	A.3	114	1	5,7	0,3	3,7	2,2;3,3	4,4
	A.4	12	1/11	69,2	12,0	41,5	14,3	61,2

Tabela 5.36. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso A para as Várias Referências (continuação)

Referência	Atividade	Nº Obs	Frequência de Ocorrência	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51020	A.5	11	1/12	11,0	2,4	7,9	7,7	7,7
	A.1	112	1	6,0	0,4	4,4	4,4; 7	5,0
	A.2	111	1	4,3	0,2	1,7	4	4,0
CA51036	A.3	94	1	5,2	0,5	5,3	3	4,0
	A.4	20	1/11	122,9	22,2	99,3	-	99,5
	A.5	4	1/55	16,0	5,1	10,2	-	12,0

O abastecimento de queijo à linha é realizado através de barras de queijo com, teoricamente, 4,2 Kg, considerando-se assim que o processamento é realizado em *batches* de uma certa quantidade de unidades. Tendo em conta que o desperdício associado à transformação de barras de queijo em porções/unidades de queijo fatiado (desperdício associado e identificado no processo de fatiamento ligado à fatiadora) corresponde a 3,49% da quantidade abastecida para processamento, considera-se que cada barra de queijo origina, aproximadamente, 14, 8 e 4 unidades de queijo fatiado para as referências 4A51010, 4A51020 e CA51036, respectivamente.

Assim, é apresentado na tabela Tabela 5.37 os tempos de ciclo calculados para o sub processo de abastecimento de queijo em *batches*.

Tabela 5.37. Tempo de Ciclo para o Subprocesso A – Abastecimento de Queijo

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	16,7 s
	4A51020	19,5 s
	CA51036	20,9 s

• Etapa B – Fatiar Queijo

O subprocesso B é constituído apenas por uma atividade, em que foi considerada para a sua duração o processamento simultâneo de duas barras de queijo. No entanto, à medida que as barras de queijo são processadas, procedem para o subprocesso seguinte sobre a forma de duas porções de queijo fatiado que corresponde, respetivamente, a 2 unidades para as referências 4A51010 e 4A51020, e uma unidade para a referência CA51036.

Tabela 5.38. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso B para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Nº de Outliers	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	B.1	147	15	43,1	0,09	1,02	43	44
4A51020	B.1	173	8	45,3	0,2	2,5	47	46
CA51036	B.1	254	38	41,8	0,1	1,5	41	41

Para o tempo de ciclo apresentado na Tabela 5.39, considerou-se que durante o processo da fatiamento de queijo são processados 7 e 8 *batches* de 2 unidades para as referências 4A51010 e 4A51020, e 4 unidades para a referência CA51036

Tabela 5.39. Tempo de Ciclo para o Subprocesso B – Fatiar Queijo

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	2,9 s
	4A51020	5,7 s
	CA51036	10,45 s

- **Etapa C.1 – Pesagem de Queijo**

A pesagem de queijo trata-se de um subprocesso associado puramente a um equipamento automático que controla a conformidade dos pesos para, simultaneamente, 2 porções para cada uma das duas referências. Isto é, o queijo fatiado é pesado em *batches* de 2 unidades para as referências 4A51010 e 4A51020, e 1 unidade para a referência CA51036.

Tabela 5.40. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso C.1 para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Nº de Outliers	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	C.1	30	0	1	0	0	1	1
4A51020	C.1	31	0	1	0	0	1	1
CA51036	C.1	46	0	1,1	0,1	0,3	1	1

Os tempos de ciclo para este subprocesso encontram-se representados na Tabela 5.41.

Tabela 5.41. Tempo de Ciclo para o Subprocesso C.1 – Pesagem de Queijo

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	1 s
	4A51020	1 s
	CA51036	1 s

- **Etapa C.2 – Pesagem Manual**

O subprocesso de pesagem manual é uma etapa de reprocessamento entre a pesagem de queijo e o embalamento manual, que implica a remoção das porções da linha de produção de modo a conformá-las e retomá-las ao processo produtivo.

Tabela 5.42. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso C.2 para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	C.2	322	12,4	0,7	12,6	6,3	8,1
4A51020	C.2	416	88,0	11,5	233,8	5,95;6,6;8,8	11,0
CA51036	C.2	369	12,7	1,4	26,5	6,3	6,6

As porções são reprocessadas individualmente, ou seja, uma unidade de 4A51010 e 4A51020 e meia unidade de CA51036 de cada vez. Os tempos de ciclo para o reprocessamento são apresentados na Tabela 5.43.

Tabela 5.43. Tempo de Ciclo para o Subprocesso C.2 – Pesagem Manual

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	12,4 s
	4A51020	88 s
	CA51036	12,7 s

- **Etapa D – Embalamento Manual**

O subprocesso de embalamento manual, é o único processo que requer 2 operadores na linha de produção, implicando que o *Work Content* (W/C), ou seja, o conteúdo de trabalho é duplicado no posto de trabalho correspondente a este subprocesso.

Tabela 5.44. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso D para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	D.1	115	1,8	0,1	0,7	2	2
	D.2	13	3,5	0,6	2,1	2;3	3
	D.3	-	-	-	-	-	-
4A51020	D.1	92	2,7	0,1	1,1	2	2
	D.2	9	3,7	1,1	3,2	1	2
	D.3	-	-	-	-	-	-
CA51036	D.1	73	7,2	0,4	3,8	22	6
	D.2	18	9,7	0,9	3,9	19	8,5
	D.3	-	-	-	-	-	-

Durante o processo de recolha não foi possível contabilizar a atividade D.3. Deste modo, o tempo de ciclo deste subprocesso foi calculado através da média ponderada da duração das atividades contabilizadas e apresentado na Tabela 5.45

Tabela 5.45. Tempo de Ciclo para o Subprocesso D – Embalamento Manual

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	2 s
	4A51020	2,8 s
	CA51036	7,7 s

- **Etapa E – Selagem**

O subprocesso de selagem das embalagens, associado à embaladora, é apenas constituído por uma atividade. As unidades são processadas em *batches* de 8 unidades (referências 4A51010 e 4A51020) e 4 unidades (referência CA51036).

Tabela 5.46. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso E para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Nº de Outliers	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	E.1	637	87	98,2	0,33	7,7	96	96
4A51020	E.1	143	4	195,2	2,8	32,6	160	193
CA51036	E.1	466	38	187,4	2,31	47,88	160	170

Não foi possível recolher o tamanho mínimo de observações para este subprocesso para as referências 4A51020 e CA51036; no entanto, para o valor de dispersão observado, considera-se que os valores se aproximam o suficiente do valor da média da população em estudo, uma vez que, ao realizar um teste Z, os valores encontram-se dentro dum intervalo de confiança de 99%.

A média aritmética das observações recolhidas corresponde diretamente ao tempo de ciclo do subprocesso, ou seja, desde o momento em que se inicia o processamento de um *batch* até ao momento em que termina, estando apresentado na Tabela 5.47. No entanto, note-se que a taxa de saída destes *batches* é muito inferior ao seu tempo de ciclo, uma vez que em qualquer momento do processo estão a passar pela embaladora, e pelo subprocesso, 8 *batches* em vários estados de conclusão.

Tabela 5.47. Tempo de Ciclo para o Subprocesso E – Selagem

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	98,2 s
	4A51020	195,2 s
	CA51036	187,2 s

• Etapa F – Datação e Detecção de Metais

O subprocesso de datação e deteção de metais é constituído por apenas uma atividade e realizado unidade a unidade, em conjuntos de unidades iguais à quantidade processada nos *batches* do subprocesso anterior.

Tabela 5.48. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso F para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Nº de Outliers	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	F.1	105	20	3	0	0	3	3
4A51020	F.1	103	0	3,0	0,0	0,4	3	3
CA51036	F.1	103	0	3,6	0,0	0,5	4	4

A duração da atividade reflete diretamente o tempo de ciclo apresentado na Tabela 5.49; no entanto, assim como no subprocesso E, a taxa de saída é inferior ao tempo de ciclo, uma vez que as unidades entram no processo em intervalos de apenas um segundo.

Tabela 5.49. Tempo de ciclo para o subprocesso F – Datação e Detecção de Metais

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	3 s
	4A51020	3 s
	CA51036	3,6 s

- **Etapa G – Formação de Caixas**

O subprocesso de formação de caixas é composto por duas atividades cíclicas; no entanto, não foram recolhidas o mesmo número de observações uma vez que durante períodos de arranque/preparação ou paragens os colaboradores aproveitam para criar um *stock* de caixas para posterior utilização.

Tabela 5.50. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso G para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	G.1	158	51,7	2,8	34,7	44	48
	G.2	135	13,3	0,5	5,3	14	16
4A51020	G.1	73	49,1	3,0	25,9	43	40
	G.2	76	15,3	0,5	4,1	15	15
CA51036	G.1	347	18,0	1,5	27,9	13	12
	G.2	293	5,7	0,3	5,0	4	5

Não foi possível recolher o tamanho mínimo da amostra para a referência 4A51020; no entanto, através da realização de um teste Z para um intervalo de confiança de 99 % para o nível de dispersão observado, considera-se que a amostra recolhida é suficientemente representativa.

As unidades são processadas em *batches* de 28, 16 e 4 unidades para as referências 4A51010, 4A51020 e CA51036, respetivamente. Os tempos de ciclo refletem a média ponderada entre ambas as atividades do subprocesso e estão apresentadas na Tabela 5.53.

Tabela 5.51. Tempo de Ciclo para o Subprocesso G – Formação de Caixas

Tempo de Ciclo (T/C)	4A51010	65 s
	4A51020	64,4 s
	CA51036	23,7 s

- **Etapa H – Detecção de fugas de ATM**

O subprocesso de deteção de fugas de ATM é constituído por apenas uma atividade.

Tabela 5.52. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso H para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Nº de Outliers	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	H.1	174	36	20,3	0,1	0,9	21	20
4A51020	H.1	82	23	20,5	0,1	0,9	20	20
CA51036	H.1	312	40	23,5	0,1	2,1	25	24

As unidades são processadas em caixas, ou seja, considera-se que são processadas em *batches* de 28, 16 e 4 unidades para as referências 4A51010, 4A51020 e CA51036, respetivamente. Os tempos de ciclo dos *batches* correspondem à média aritmética dos valores observados e estão representados na Tabela 5.53.

Tabela 5.53. Tempo de Ciclo para o Subprocesso H – Detecção de Fugas de ATM

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	20,3
	4A51020	20,5
	CA51036	23,5

- **Etapa I – Paletização**

O processo de paletização corresponde a apenas uma atividade.

Tabela 5.54. Estatística Descritiva das Atividades Referentes ao Subprocesso I para as Várias Referências

Referência	Atividade	Nº Obs	Média	Erro Padrão Média	Desvio Padrão	Moda	Mediana
4A51010	I.1	166	10,5	0,8	10,7	7	11
4A51020	I.1	78	15,1	0,7	6,1	19;20	18,5
CA51036	I.1	190	6,3	0,4	5,2	5	5

As unidades são processadas em *batches* com a mesma quantidade referida no subprocesso H e os tempos de ciclo correspondem à média aritmética das medições realizadas e estão apresentadas na Tabela 5.55

Tabela 5.55. Tempo de Ciclo para o Subprocesso I – Paletização

Tempo de Ciclo (C/T)	4A51010	10,5 s
	4A51020	15,1 s
	CA51036	6,3 s

Quando se comparam os tempos de ciclo obtidos com o *Takt Time* calculado (Figura 5.57) é possível observar que, na sua maioria, os tempos de ciclo são superiores ao *Takt Time*, o que pode evidenciar que o processo não consegue escalar a produção de modo a conseguir acompanhar a procura do mercado, criando *backlog* e aumentando os custos de produção.

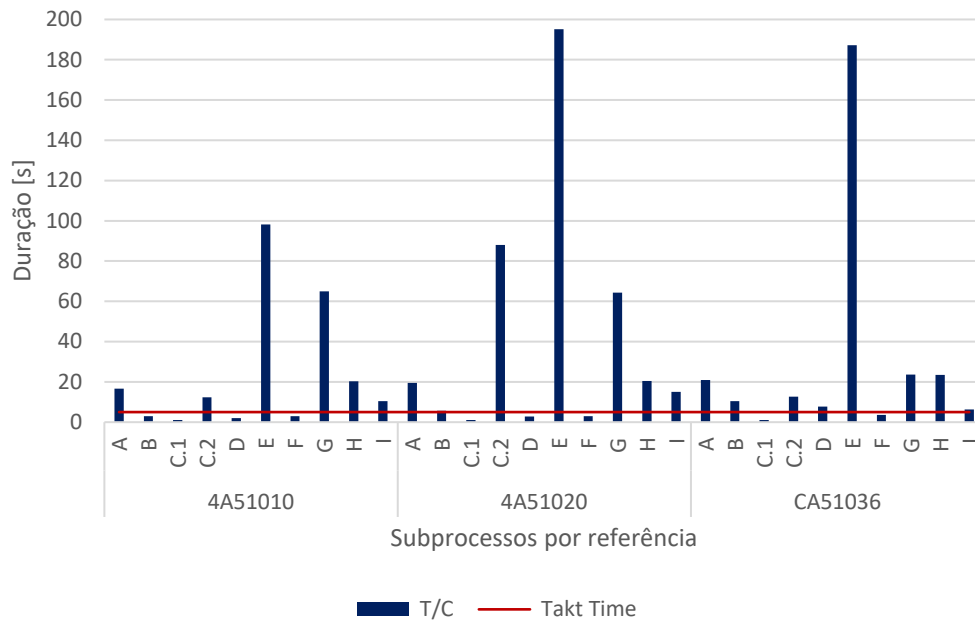


Figura 5.57. Tempo de Ciclo dos Vários Subprocessos por Referência Face ao *Takt Time*

Inventários e *Lead Time*

O *lead time* entre subprocessos, ou seja, o valor temporal dos inventários entre subprocessos, permite visualizar a quantidade de tempo antes que o fluxo de valor fique sem unidades se não forem adicionados novos materiais ao início do processo. Considerou-se como inventário todos os materiais que não estão em processamento, tais como, matérias-primas, WIP e produtos acabados. De modo a contabilizar os inventários foram efetuadas várias observações a ordens de produção representativas do processo.

As quantidades observadas foram ajustadas para unidades, sempre que considerado necessário, tendo em conta valores de desperdício (subprocesso A e B). O *lead time* foi também ajustado sempre que necessário para ter em conta as percentagens de defeito (subprocesso D). O *lead time* entre subprocessos foi calculado segundo a equação (5.9) apresentada por Rother e Shook (1998).

$$\frac{\text{Quantidade de inventário}}{\text{Procura do mercado durante o período}} \quad (5.9)$$

Os valores do *lead time* entre subprocessos e o número de inventários observados para cada referência estão apresentados na Tabela 5.56.

Tabela 5.56. *Lead Time* entre Subprocessos

Referência	Subprocesso	Número de unidades antes do subprocesso	<i>Lead Time</i> [s]
4A51010	Subprocesso A	48 barras ~ 194 unidades	131 segundos
	Subprocesso B	14 barras ~ 56 unidades	38 segundos
	Subprocesso D	8 unidades	30,66 segundos
	Subprocesso E	36 unidades	24,3 segundos

Tabela 5.56. Lead Time entre Subprocessos (continuação)

Referência	Subprocesso	Número de unidades antes do subprocesso	Lead Time [s]
	Subprocesso G	8 unidades	5,4 segundos
	Subprocesso H	2 caixas = 56 unidades	37,7 segundos
	Subprocesso I	5 caixas = 140 unidades	94,4 segundos
4A51020	Subprocesso A	48 barras ~ 194 unidades	131 segundos
	Subprocesso B	14 barras ~ 56 unidades	38 segundos
	Subprocesso D	8 unidades	16,18 segundos
	Subprocesso E	32 unidades	21,57 segundos
	Subprocesso G	8 unidades	5,4 segundos
	Subprocesso H	1 caixas = 16 unidades	10,8 segundos
	Subprocesso I	5 caixas = 80 unidades	53,93 segundos
CA51036	Subprocesso A	48 barras ~ 194 unidades	131 segundos
	Subprocesso B	14 barras ~ 56 unidades	38 segundos
	Subprocesso D	4 unidades	4,93 segundos
	Subprocesso E	16 unidades	10,7 segundos
	Subprocesso G	4 unidades	2,7 segundos
	Subprocesso H	7 caixas = 28 unidades	18,88 segundos
	Subprocesso I	5 caixas = 20 unidades	13,48 segundos

Eficiência do ciclo do processo

Durante o processo de produção do queijo fatiado na linha da fatiadora 604 apenas dois subprocessos correspondem a atividades de valor acrescentado: o subprocesso B e o subprocesso E; todas as restantes são atividades de valor não acrescentado ou necessárias de valor não acrescentado. A eficiência do ciclo do processo, apresentada na Tabela 5.57, permite identificar a percentagem de tempo do processo que efetivamente adiciona valor ao produto.

Tabela 5.57. Eficiência do Ciclo do Processo

Referência	PCT [s]	Lead Time entre subprocessos [s]	PLT [s]	VA [s]	Eficiência do ciclo do processo [%]
4A51010	232	361,46	593,46	101,1	17,03 %
4A51020	327,2	276,88	604,08	200,9	33,32 %
CA51036	297,5	219,69	517,19	197,65	38,22 %

Tempo de Setup (Changeover time – CO)

Os dados obtidos para os tempos de paragem, apresentados no Apêndice B, permitiram a análise do tempo que demora a preparar a linha de produção para uma mudança de produto, isto é, desde o momento em que termina a produção de uma referência até que se inicia a produção de uma outra. Considera-se que o número de observações recolhidas é inferior ao valor esperado tendo em conta o plano de produção semanal (mas previsível, uma vez que os

operadores procuram juntar as mudanças de produto com outras paragens de linha mais demoradas, tais como limpezas); no entanto, é suficiente para a obtenção duma distribuição de dados para a estimativa da média. Apesar de algumas observações, no conjunto dos dados, aparentarem ser *outliers*, não foram eliminados, uma vez que representam uma variação natural do processo.

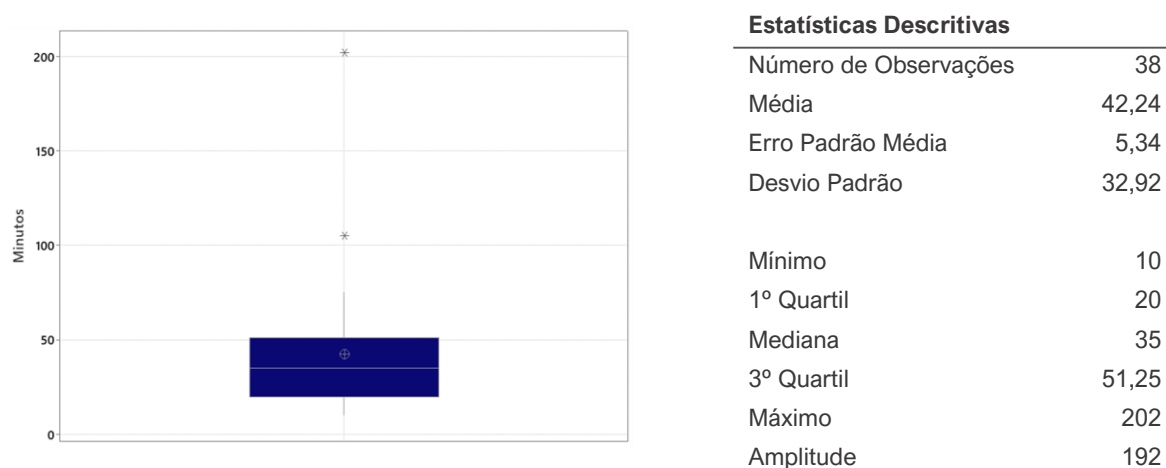


Figura 5.58. Boxplot e Estatística Descritiva do Tempo de *Setup*

Para um nível de confiança de 95%, a média do tempo de setup encontra-se num intervalo de [31,77; 52,71]; no entanto, o valor mais frequentemente observado para a duração do setup no conjunto, cerca de 18% dos dados, é de 20 minutos.

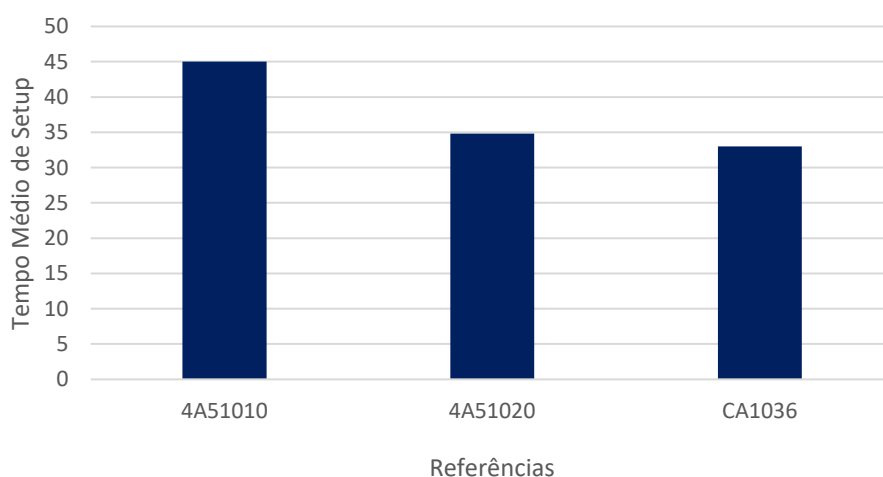


Figura 5.59. Gráfico de Barras do Tempo de *Setup* para as Referências em Estudo

Para as referências em estudo, observa-se que a referência 4A51010 apresenta um tempo médio de setup igual a 45 min, seguida da referência 4A51020 com 35 minutos de setup e, por fim, a referência CA51036 com 33 minutos de setup. No entanto, devido à elevada dispersão observada, é necessário, futuramente, prolongar o período de estudo de modo a obter mais resultados e verificar a validade dos valores obtidos.

Note-se que, que o tempo de setup para cada uma das referências foi considerado na sua totalidade para todos os equipamentos e/ou postos de trabalho da linha que sofrem alterações ou necessitam de preparações específicas aquando da mudança de produto.

UP-Time (U/C) – Tempo de bom funcionamento dos equipamentos

Através dos Tempos de Paragem, foi possível associar a cada subprocesso que ocorre na linha e envolve equipamentos, independentemente da referência que está a ser produzida, uma percentagem de tempo de bom funcionamento face ao tempo trabalhado, apresentado na Tabela 5.58.

Tabela 5.58. U/C em Relação aos Subprocessos Associados a Equipamentos

Subprocesso	Equipamento Associado / Motivo de Paragem	Tempo de Paragem no Período em estudo	U/C
B	Fatiadora e <i>Interleaver</i>	842 min	98,53 %
C.1	Balança	40 min	99,97 %
E	Embaladora	2384 min	95,83 %
F	Rotuladora, Datadora e De- teção de Metais	384 min	99,33 %
H	Detetor de fugas de ATM	322 min	99,44 %

5.2.2.6.5 VSM das referências em estudo

Através dos dados obtidos anteriormente, foi possível a elaboração de três VSMs, apresentados no Apêndice C, para a referência 4A51010 (Apêndice Figura A), 4A51020 (Apêndice Figura B) e CA51036 (Apêndice Figura C).

5.2.2.7 Revisão do *Project Charter*

Após a medição do estado atual de desempenho do processo procedeu-se à atualização do *Project Charter* (Tabela 5.59) através da alteração das metas e objetivos com os KPIs identificados, os valores *baselines* medidos e os valores objetivos estabelecidos. Devido a restrições temporais e horários de produção na secção do fatiado, foi impossível o estudo aprofundado da referência CA51028, pelo que se optou por restringir o âmbito do projeto apenas ao estudo das referências 4A51010, 4A51020 e CA51036. O cronograma preliminar foi também atualizado de modo a refletir os períodos de desenvolvimento das fases do DMAIC já realizados e a nova previsão das fases ainda não concretizadas.

Tabela 5.59. *Project Charter* atualizado

Project Charter			
Nome do Projecto:		Data de Início: 02/12/2022	
Aplicação da metodologia <i>Lean Seis Sigma</i> na queijaria		Data de Término: 31/12/2023	
Propósito do Projecto: Pretende-se aumentar a eficiência e eficácia dos processos produtivos da queijaria e, consequentemente, a satisfação dos clientes e a rentabilidade da organização, através de metodologias de melhoria contínua. Para alcançar este objetivo, recorre-se à implementação do ciclo DMAIC e às várias ferramentas e filosofias do <i>Lean Seis Sigma</i> .			
Descrição do Problema: Através da análise global setorial da queijaria é possível evidenciar problemas a nível de qualidade com 59% das reclamações totais da queijaria a pertencerem ao setor dos fatiados, sendo que 69% dessas reclamações correspondem a queijo fatiado em formato cuvete. Para além disto, o tempo de avarias (indisponível para produção) na secção dos fatiados corresponde a 10% do tempo anual disponível.			
Definição dos objetivos/metast: Após implementação do projeto de melhoria pretende-se alcançar até janeiro de 2024 um aumento de eficiência e eficácia da linha produtiva da fatiadora 604 através da melhoria dos KPIs selecionados.			
KPI	Referente a	Baseline	Objetivo
Disponibilidade de produção	Linha Produtiva	70%	85%
Eficiência/performance da Produção	Linha Produtiva	89%	95%
Produtividade da linha de produção	Linha Produtiva	13	16
Rendimento da matéria-prima	Linha Produtiva	94%	95%
Qualidade da produção	4A51010	78,87%	85%
	4A51020	64,79%	75%
	CA51036	39,03 %	50%
Âmbito do Projecto: Projeto aplicado à secção dos fatiados na linha de produção da fatiadora 604 com o estudo das referências 4A51010, 4A51020, CA51036.			
Restrições e Pressupostos: Durante o projeto não pode ser comprometida a produção e quaisquer ações implementadas deveram seguir as regulamentações às quais o setor está		Dados Históricos: Tempos de ciclo referência CA51036 e CA51028 relativos ao ano de 2020.	

sujeito assim como as normas internas da organização.

O acompanhamento de todas as fases do ciclo DMAIC, nomeadamente a fase *Improve* e *Control*, não será possível devido à curta duração do projeto de dissertação.

Amostras de conformidade de peso de todas as referências durante o período de agosto de 2022 a dezembro de 2022.

Quantidades produzidas na secção dos fatiados em 2022.

Defeitos na secção dos fatiados relativos ao período entre outubro e dezembro de 2022.

Equipa

Nomes	Papéis e Responsabilidades	Compromisso de tempo
Mariana Garcia	Elemento Pivot	100%
Elemento P	Supervisor Global	10%
Elemento B	Coordenador de Projeto	10%
Elemento C	Membro da Equipa	5%
Elemento J	Membro da Equipa	5%
Elemento S	Membro da Equipa	5%
Elemento F	Membro da Equipa	5%
Elemento A	Membro da Equipa	5%
Elemento R	Membro da Equipa	30%

Cronograma Preliminar

Meses	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Fases	22	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
<i>Define</i>													
<i>Measure</i>													
<i>Analyse</i>													
<i>Improve</i>													
<i>Control</i>													

5.2.3 Fase *Analyse*

A terceira fase do ciclo DMAIC, a fase *Analyse*, tem por objetivo analisar o processo de modo a identificar e compreender potenciais causas de variação que ocorrem e afetam o seu desempenho atual.

Inicialmente, são apresentadas as variações detetadas a vários níveis, com base nos dados obtidos preliminarmente durante a documentação da *baseline* do processo, realçando a sua importância e impacto na performance global do processo em análise. A análise das variações culmina na identificação e hierarquização das causas raiz de variação e os seus efeitos, ou

seja, na caracterização da natureza e extensão das principais fontes de ineficiências e desperdícios que levam a lacunas de desempenho/discrepâncias com a performance desejada.

Durante esta fase recorre-se à utilização de diversas técnicas estatísticas e ferramentas específicas da qualidade, assim como o conhecimento empírico de todas as partes envolvidos no processo, para determinar os fatores que contribuem para variabilidade indesejada.

Para a identificação de potenciais causas de variação e/ou desperdícios são principalmente utilizados três métodos:

- Método prático – realiza-se o *gemba walk* aos locais onde ocorrem problemas ou variabilidade no processo e emprega-se senso comum, evidências circunstanciais e conhecimento empírico do processo para identificação de fontes de variação através de *brainstorming*;
- Método gráfico – os dados previamente recolhidos são devidamente apresentados e ilustrados, através de gráficos, de modo a demonstrar causalidade;
- Método analítico – utilizam-se ferramentas estatísticas mais avançadas de modo a demonstrar relações de causa e efeito menos aparentes entre dados e obter informações credíveis sobre causas raiz.

Pretende-se que a análise das causas de variação seja o mais detalhada possível uma vez que é uma etapa crucial para as fases seguintes e permite direcionar esforços para pontos críticos aquando da retificação das causas que produzem variabilidade no processo.

Na tabela seguinte (Tabela 5.60) estão sintetizadas as etapas/atividades realizadas durante a Fase *Analyse*, assim como as técnicas e ferramentas utilizadas.

Tabela 5.60. Atividades Realizadas na Fase *Analyse*, Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas

Etapas/Atividades	Técnicas e Ferramentas utilizadas
Identificação dos principais problemas	Brainstorming
	<i>Boxplot</i>
Identificação das causas pontenciais dos problemas	Brainstorming
	Diagrama de Pareto
	Gráfico de efeitos principais
	Diagrama de rede FMEA
Categorização das casusa potencias	Diagrama de Ishikawa
Hierarquização das causas portencias	Matriz de Decisão

5.2.3.1 Análise de variações, potenciais causas e efeitos

Durante uma fase inicial, as métricas utilizadas anteriormente para a medição do desempenho atual do processo foram analisadas de modo a identificar diferentes níveis de variação presentes no processo, desde pequenas variações (que apenas requerem pequenos ajustes

de modo a restabelecer o processo) a grandes variações ou variações mais complexas (que implicam mudanças estruturais no processo).

De um modo geral, pudemos observar que o OEE (Figura 5.28), uma das ferramentas utilizadas para a medição da performance do processo, apresenta grandes variações ao longo dos dias de produção observados. Ao estratificar esta variável em turno, equipa e referência é possível determinar de que forma estes fatores contribuem para a variação global observada.

Ao realizar um teste paramétrico, ANOVA fatorial de Welch, e verificando que os pressupostos são cumpridos, foi possível a elaborar o gráfico de efeitos principais (apresentado na Figura 5.60), onde é possível concluir que existentes diferenças significativas ($p\text{-value}>0.05$) entre as médias para o fator/preditor turno e equipa que se refletem também no Pareto dos efeitos (maior inclinação da reta implica maior magnitude do efeito na variável em análise).

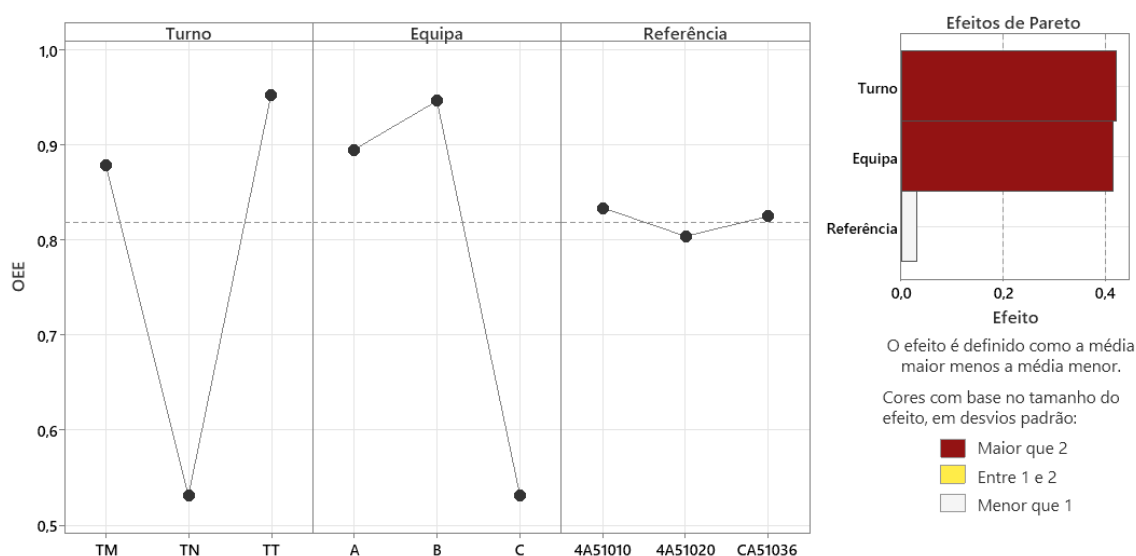


Figura 5.60. Gráfico de Efeitos Principais e Pareto para o OEE

Note-se, no entanto, que quando analisadas as restantes referências produzidas pela linha produtiva, o efeito do fator referência é tão significativo como os restantes, e estes fatores apenas contribuem para a explicação de cerca de 44% da variação observada nos dados obtidos (de acordo com o coeficiente de determinação). Destaca-se ainda que apenas o fator referência tem interação com os restantes fatores, ou seja, o seu efeito na variável depende dos restantes fatores. Esta dependência e variabilidade pode se dever a uma **inadequação da métrica** utilizada uma vez que o **método** escolhido para o **cálculo do OEE**, apesar de ser simplista, ter por base a **linha e o turno de produção ao invés do produto/referência**.

Porém, os dados observados confirmam as observações feitas no terreno, que os métodos de trabalho das equipas variam entre si, e que o comportamento destas equipas em diferentes turnos varia também, o que demonstra **falta de padronização dos métodos de trabalho**.

O OEE está diretamente ligado a métricas primárias estabelecidas para este projeto, disponibilidade de produção e eficiência de produção, e indiretamente ligado ao rendimento da matéria-prima.

A disponibilidade de produção depende maioritariamente dos tempos de paragem. Durante a fase *Measure*, foi identificado que a linha possuía altos tempos de paragem que afetavam a sua eficiência. O diagrama de Pareto ponderado no número de ocorrências e tempo médio de paragens, (Figura 5.61) indica que 79,8% das paragens estão concentradas em 33,3% dos motivos, ou seja, a maioria das paragens assinaladas deve-se a uma pequena percentagem dos motivos. Através deste diagrama é possível identificar que os principais motivos de paragem são por ordem: paragens por limpeza da linha, paragens por embaladora e paragens por mudança de produto.

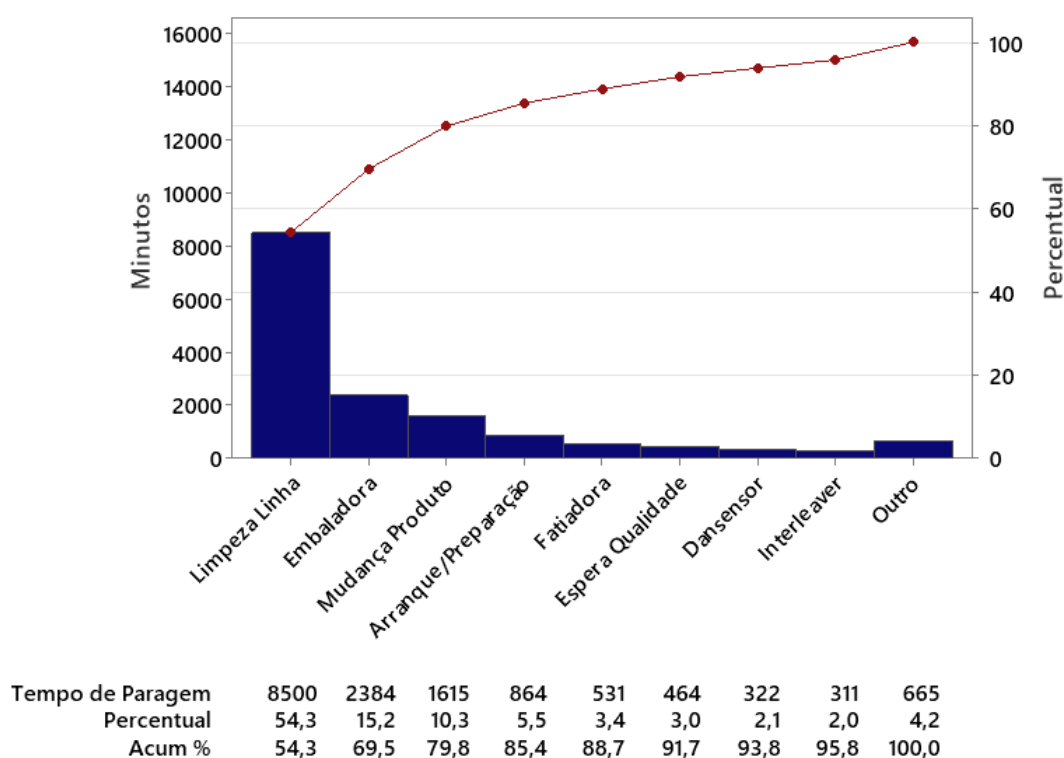


Figura 5.61. Diagrama de Pareto Ponderado - Motivos de Paragem

Ao analisar os principais motivos dos tempos de paragem da linha, que afetam a disponibilidade de produção e causam variação indesejada no processo, é importante ter em conta não só o tempo de paragem como também comentários específicos aos motivos de paragem que possam revelar certos padrões de comportamento. Deste modo, foi concebido um diagrama de rede (Figura 5.62) com o intuito de demonstrar palavras mais utilizados para descrever diferentes motivos de paragem e a relação entre elas através de nós de redes e clusters/agrupamentos de palavras que aparecem frequentemente associadas.

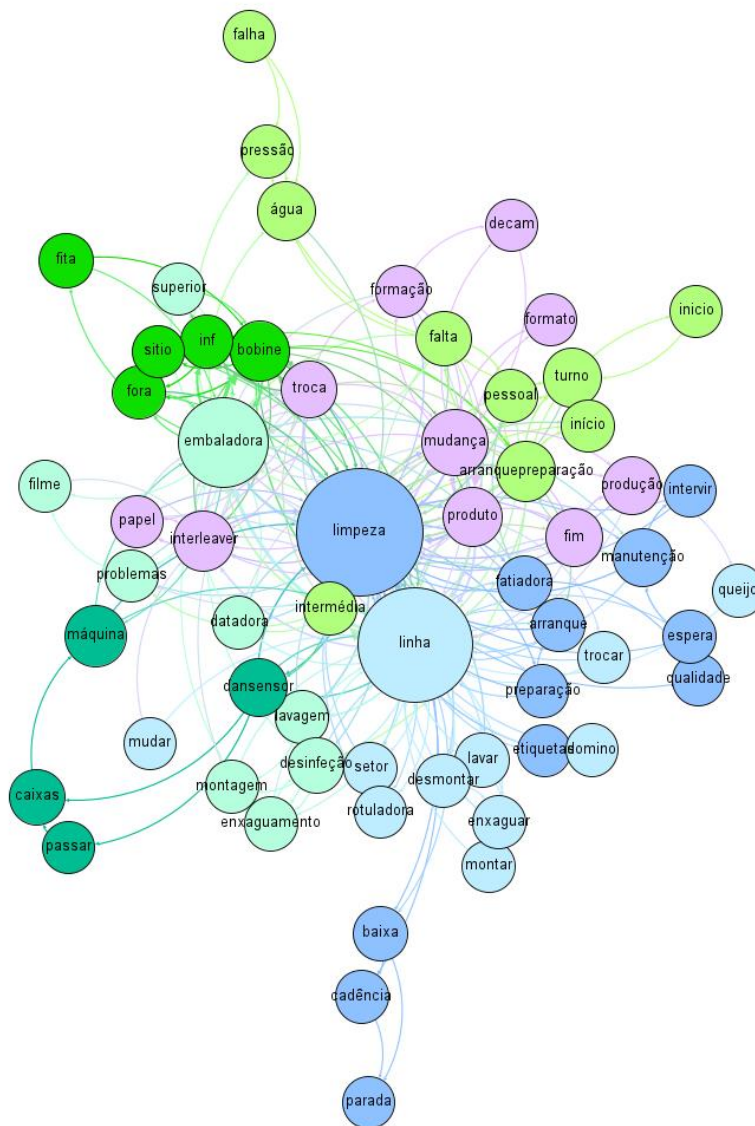


Figura 5.62. Diagrama de Rede dos Comentários dos Colaboradores aos Motivos de Paragem

Ao estratificar o tempo total de paragens, devido a limpeza de linha, por equipa e por turno (Figura 5.63), verifica-se que a equipa C, que corresponde ao turno da noite (TN), possui o maior tempo total de paragem. No entanto, uma análise à rede de comentários permite identificar que a grande maioria do tempo total de paragem do turno da noite deve-se a limpezas mais profundas em que estão associados termos como desinfecção, enxaguamento e montagem; ou seja, limpezas que se realizam em preparação para o início de produção de outros turnos ou em caso de fim de produção.

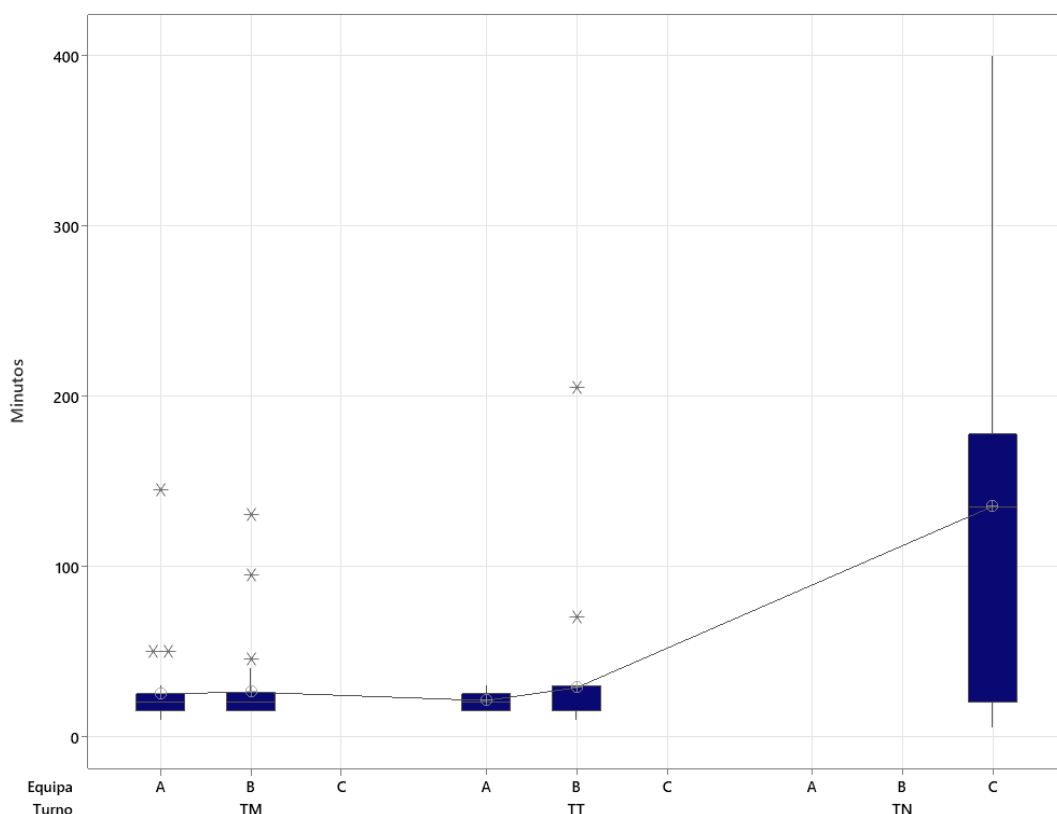


Figura 5.63. *Boxplot* dos Tempos de Paragem por Limpeza da Linha Relativamente ao Turno e à Equipa

O módulo utilizado para a recolha dos tempos de paragem **não permite a distinção entre diferentes tipos de limpeza**: limpezas intermédias (que devem ter duração mínima de 15 minutos para que os produtos atuem), limpezas profundas e limpezas por fim de produção; o que leva a um **elevado investimento de tempo no tratamento da informação**.

Quando comparando as estatísticas descritivas relativamente aos tempos de paragem devido a limpeza da equipa A e B no turno da manhã e da tarde (Tabela 5.62 e Tabela 5.62), onde prevalecem limpezas intermédias ou por fim de produção, nota-se que ambas as equipas registaram tempos de paragem para limpeza que não cumprem o requisito mínimo de tempo estabelecido nos procedimentos.

Tabela 5.61. Estatísticas Descritivas Tempos de Paragem por Limpeza para a Equipa A e B - Turno da Manhã

Equipa	Nº Obs.	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Moda
A	34	10	25,09	20	145	20
B	37	15	26,08	20	130	15

Tabela 5.62. Estatísticas Descritivas Tempos de Paragem por Limpeza para a Equipa A e B - Turno da Tarde

Equipa	Nº Obs.	Mínimo	Média	Mediana	Máximo	Moda
A	28	15	21,07	20	30	15
B	24	10	28,67	15	205	15

Para além disto, através de um gráfico de interação (Figura 5.64) é possível observar que os tempos de limpeza da equipa B são muito mais robustos à mudança de turno do que os da equipa A.

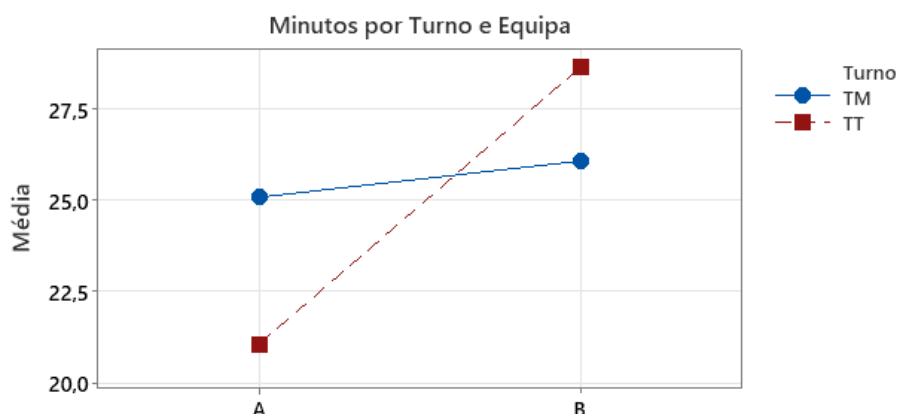


Figura 5.64. Gráfico de Efeitos Principais Tempos de Limpeza de Linha por Turno e Equipa.

No terreno, observou-se que muitas vezes os operadores da secção em estudo, aquando do processo de limpeza, aguardam por instruções por parte do chefe linha de modo a iniciar o processo e que as tarefas não estão alocadas ao posto de trabalho nem ao operador, mas sim à disponibilidade no momento e iniciativa própria.

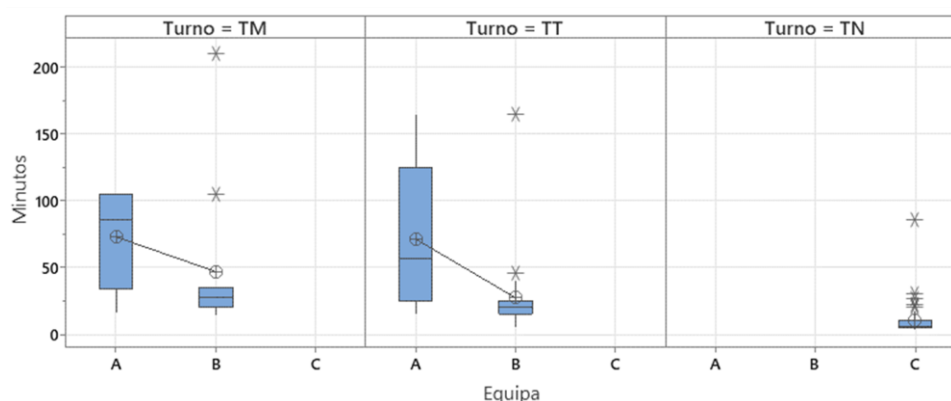
Conclui-se, destas observações, que durante a limpeza ocorre **incumprimento dos procedimentos estabelecidos e das instruções de trabalho** e que existe uma **falta de padronização e controlo dos procedimentos de limpeza entre turnos e equipas**, o que pode levar ao aparecimento de bolores no produto final (principal reclamação na secção).

Relativamente aos tempos de paragem devido à embaladora é possível observar uma elevada amplitude de valores (Figura 5.65) assim como uma grande heterogeneidade entre equipas. Uma análise da rede de comentários permite identificar alguns termos relacionados a paragens devido à embaladora tais como troca de bobines, fita da bobine fora do sítio, ou seja, mudanças de matéria-prima para a termoformação da embalagem (plástico na bobine inferior) e a selagem da mesma (plástico na bobine inferior) assim como de subprodutos plásticos do processo de embalamento (fitas plásticas na bobine) e falhas de pressão do gás para embalamento. Através de entrevistas informais aos colaboradores assim como *gemba walk* na secção foi possível observar que:

- **O tamanho das bobines entre referências e entre bobines (superior e inferior) não é standard**, o que leva a mais paragens em certas produções;
- A utilização de restos de bobines de outras produções leva tendencialmente a mais paragens para afinações e mais desperdício de embalagens;
- A equipa B é, geralmente, mais eficiente durante a troca de bobines e tem menos tendência a que a bobine da fita saia fora do sítio uma vez que a chefe de linha opta por, próximo do momento de troca, integrar a linha de produção e rodar o seu posto de trabalho com o operador com o melhor campo de visão para o local onde se

encontram as bobines, ao contrário do turno A, evidenciando mais uma vez a **falta de padronização dos métodos de trabalho**.

- As falhas e avarias mais comuns que levam a paragens de tempo mais prolongadas são: a troca de cortantes, a falha de pressão gás, falta de energia, a fita da bobine fora do sítio, problemas com a selagem das embalagens, problemas com a formação de embalagens e o desalinhamento dos tapetes/guias de saída. O tempo de paragem destas avarias, para além da sua complexidade, está também relacionado com condicionantes à intervenção da equipa de manutenção tais como: o facto de as **OT's** serem **abertas** pelos colaboradores com **informações incorretas (falta de formação)**; os **equipamentos não estarem identificados** de modo a facilitar o trabalho do técnico de manutenção; a **equipa de manutenção**, assim como a sua capacidade ser **pequena face às necessidades da fábrica**; a **distância da oficina da manutenção à secção do fatiado**; o **local e o layout** da secção do fatiado **dificultam e até mesmo impossibilitam comunicação direta** tanto entre áreas da linha de produção como outros setores e departamentos distanciados, como a manutenção, já que carece de rede.



Estatísticas Descritivas

Número de Observações	93
Média	25,634
Desvio Padrão	37,071
Mínimo	3
Máximo	210

Figura 5.65. *Boxplot* e Estatísticas Descritivas do Tempo de Paragem Devido à Embaladora em Minutos por Turno e por Equipa

Os tempos de paragem devido à mudança de produto são a terceira principal causa que afeta a disponibilidade da linha. Este tempo de paragem depende bastante das referências entre as quais ocorre a mudança; geralmente, quanto mais diferenciados são os produtos/referências, mais tempo levará à mudança de produto. Em média, uma mudança de produto dura cerca de 40 minutos (Figura 5.58) englobando várias atividades tais como:

- mudança das barras de queijo (dependendo da base a utilizar);

- mudança dos programas nos equipamentos (fatiadora, embaladora, datadora, detector de metais e detector de fugas);
- mudança das ferramentas da embaladora (bobines superior e inferior; placas de termoformação, cortantes, entre outros)
- mudança de rótulos e embalagens secundárias;
- ajuste da rotuladora e datadora;
- ajustes na termoformadora até a embalagem e o produto sair conforme.

Note-se que de entre estas atividades aquelas que mais tempo consomem estão apenas relacionadas com a embaladora, sendo que os ajustes após a troca de ferramentas (setup interno – necessidade de a máquina estar parada por questões de segurança) levam a tempos de mudança de produto superiores à média observada.

Através de sessões informais de brainstorming e *gemba walks* ao setor durante a mudança de produto, foi compilada uma lista de potenciais causas que levam a um elevado tempo de setup:

- Apenas alguns operadores têm conhecimento de como se efetua a troca de ferramentas na embaladora (**falta de formação**);
- **Não existem métodos padronizados para efetuar os setups;**
- A **falta de certas ferramentas** na área C obriga à partilha das ferramentas da área B o que leva a posterior espera para a sua utilização;
- A **montagem das ferramentas** é por vezes **mal-executada** pelos colaboradores e, durante a fase de ajustes, tem de ser corrigida pela chefe de linha;
- São **selecionados programas inadequados** para a referência de queijo ou **não são adaptados às propriedades texturais do queijo** a ser fatiado;
- O setup e ajuste dos equipamentos envolve muito esforço dos operadores, uma vez que as **ferramentas das máquinas são pesadas**, o carro utilizado é demasiado grande e difícil de manobrar para o layout (o que leva os operadores a carregarem à mão as ferramentas e as **ferramentas não têm um lugar específico** para serem guardadas quando não estão em uso (Apêndice Figura D);
- O layout leva a **dificuldades de movimentação** durante o setup (Apêndice Figura D).

De modo a analisar falhas no processo ou anomalias, que afetam a performance da linha produtiva, ou seja, afetam a cadência ou provocam microparagens, assim como as suas potenciais causas e efeitos, recorreu-se a uma versão mais informal do FMEA (*Failure Mode Effects Analysis*) (Apêndice Tabela G).

Através da realização de sessões informais de brainstorming foi ainda identificada uma lista de potenciais causas que podem estar relacionadas a problemas/variação identificados na produtividade da linha (Apêndice Tabela H), no rendimento da matéria-prima e na qualidade da produção (Apêndice Tabela I).

Devido a muitos problemas estarem simultaneamente ligados ao rendimento da matéria-prima e à qualidade de produção, optou-se por compilar na mesma lista as potenciais causas e efeitos de ambas as categorias afetadas.

5.2.3.2 Categorização e relação das causas potenciais

Foram reunidas 63 diferentes causas potenciais dos problemas que causam ineficiências e ineficácias na linha de produção levando a lacunas de desempenho. Estas causas foram agrupadas em 6 categorias gerais (mão-de-obra, métodos, meio, máquinas, materiais e medições), de acordo com a sua afinidade às mesmas. De modo a ter uma percepção mais profunda e visual dos possíveis pontos de atuação e da relação entre causas, foi elaborado um diagrama de *Ishikawa*, que se encontra representado na Figura 5.66.

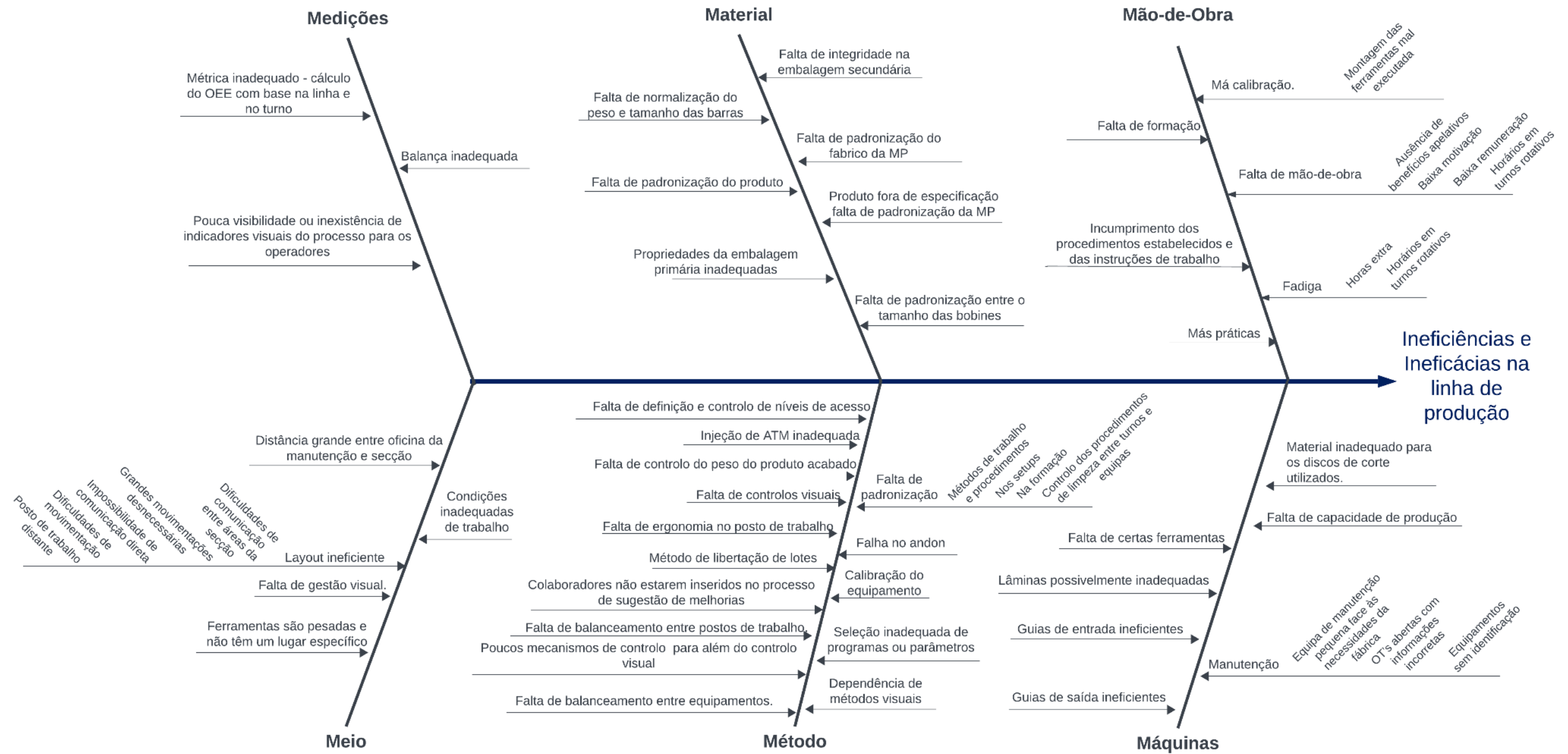


Figura 5.66. Diagrama de Ishikawa para as Ineficiências e Ineficácias do Processo

5.2.3.3 Hierarquização das causas potências

De modo a estabelecer uma prioridade de atuação as causas potências previamente identificadas e categorizadas foram hierarquizadas através de uma matriz de decisão (.

Tabela 5.63) com dois critérios estabelecidos: frequência de ocorrência das causas em relação às lacunas de desempenho identificadas; e impacto na satisfação do cliente. As causas foram organizadas por categoria (item) e número de prioridade, contudo, deve-se referir que esta prioridade deve ser utilizada apenas como orientação na aplicação de medidas de melhoria no terreno e não como uma lista inflexível.

Tabela 5.63. Matriz de Decisão de Hierarquização de Causas Potenciais

Item	Causa	Frequência de Ocorrência	Impacto na satisfação do cliente	Total	Nº de Prioridade
MAO.6	Más práticas	5	4	20	1
MAO.3	Falta de formação	1	3	3	2
MAO.2	Fadiga	1	3	3	4
MAO.4	Incumprimento dos procedimentos estabelecidos e das instruções de trabalho	2	2	4	6
MAO.1	Falta de mão-de-obra	1	3	3	7
MAO.1.1	Ausência de benefícios apelativos.	1	1	1	9
MAO.1.2	Baixa motivação	1	1	1	9
MAO.1.3	Baixa remuneração	1	1	1	9
MAO.1.4	Horários em turnos rotativos	1	1	1	9
MAO.2.2	Horas extra	1	1	1	9
MAO.5	Má calibração.	1	1	1	9
MAO.5.1	Montagem das ferramentas mal-executada	1	1	1	9
MAQ.5	Falta de capacidade de produção	1	3	3	7
MAQ.2.2	Equipa de manutenção pequena face às necessidades da fábrica	1	2	2	8
MAQ.3	Lâminas possivelmente inadequadas	1	2	2	8
MAQ.7	Material inadequado para os discos de corte utilizados.	1	2	2	8
MAQ.8	Guias de entrada ineficientes.	1	2	2	8
MAQ.9	Guias de saída ineficientes.	1	2	2	8
MAQ.2.1	OT's abertas com informações incorretas	1	1	1	9
MAQ.4	equipamentos sem identificação	1	1	1	9
MAQ.6	Falta de certas ferramentas	1	1	1	9
MED.2	Balança inadequada	1	4	4	6
MED.3	Métrica inadequado - cálculo do OEE com base na linha e no turno	1	1	1	9

Tabela 5.63. Matriz de Decisão de Hierarquização de Causas Potenciais (continuação)

Item	Causa	Frequência de Ocorrência	Impacto na satisfação do cliente	Total	Nº de Prioridade
MED.4	Pouca visibilidade ou inexistência de indicadores visuais do processo para os operadores	1	1	1	9
MEI.3	Distância grande entre oficina da manutenção e secção	1	2	2	8
MEI.2	Condições inadequadas de trabalho.	1	1	1	9
MEI.4	Falta de gestão visual.	1	1	1	9
MEI.5	Ferramentas são pesadas e não têm um lugar específico	1	1	1	9
MEI.6	Layout ineficiente	1	1	1	9
MEI.6.1	Dificuldades de comunicação entre áreas da secção	1	1	1	9
MEI.6.2	Dificuldades de movimentação	1	1	1	9
MEI.6.3	Grandes movimentações desnecessárias	1	1	1	9
MEI.6.4	Impossibilidade de comunicação direta	1	1	1	9
MEI.6.5	Posto de trabalho distante	1	1	1	9
MET.12	Falta de padronização de métodos de trabalho e procedimentos	5	2	10	3
MET.8	Falta de definição e controlo de níveis de acesso.	2	3	6	4
MET.9	Falta de controlo do peso do produto acabado	1	5	5	5
MET.16	Seleção inadequada de programas ou parâmetros	1	4	4	6
MET.10	Falta de controlos visuais	1	3	3	7
MET.13	Injeção de ATM inadequada	1	3	3	7
MET.14	Método de libertação de lotes	1	3	3	7
MET.2	Calibração do equipamento	1	3	3	7
MET.5	Falha no andon.	1	3	3	7
MET.11	Falta de ergonomia no posto de trabalho.	2	1	2	8
MET.12.1	Falta de padronização de métodos de trabalho.	1	2	2	8
MET.12.2	Falta de padronização de controlo dos procedimentos de limpeza entre turnos e equipas	1	2	2	8
MET.12.3	Falta de padronização na formação	1	2	2	8
MET.12.4	Falta de padronização nos setups	1	2	2	8
MET.4	Dependência de métodos visuais	1	2	2	8

Tabela 5.63. Matriz de Decisão de Hierarquização de Causas Potenciais (continuação)

Item	Causa	Frequência de Ocorrência	Impacto na satisfação do cliente	Total	Nº de Prioridade
MET.15	Poucos mecanismos de controlo visual para além do controlo visual	1	1	1	9
MET.3	Colaboradores não estarem inseridos no processo de sugestão de melhorias.	1	1	1	9
MET.6	Falta de balanceamento entre equipamentos.	1	1	1	9
MET.7	Falta de balanceamento entre postos de trabalho.	1	1	1	9
M.4	Falta de padronização do fabrico da MP	2	4	8	4
M.2	Falta de integridade na embalagem secundária	1	5	5	5
M.5	Falta de padronização do produto.	1	4	4	6
M.6	Produto fora de especificação falta de padronização da MP	2	4	8	6
M.7	Propriedades da embalagem primária inadequadas	4	4	16	6
M.8	Rótulo inadequado	1	4	4	6
M.3	Falta de normalização do peso e tamanho das barras	1	3	3	7
M.9	Falta de padronização entre o tamanho das bobines	1	1	1	9

5.2.4 Fase *Improve*

Durante a fase *Improve* do ciclo DMAIC, são exploradas diferentes soluções para a resolução dos problemas e das suas causas raiz identificados durante a fase *Analyse*. É determinado o modo como se deve intervir no processo de forma a reduzir significativamente as fontes de variação e desperdícios, o que pode incluir a capacitação dos operadores e equipas, alterações ao método de produção, e até mesmo introdução de novas tecnologias.

O principal objetivo desta fase é melhorar o processo atual e garantir que as medidas implementadas são eficazes, o que requer o estudo da aplicabilidade de várias soluções, um acompanhamento diligente das métricas principais e do impacto das ações implementadas, assim como a realização de alterações sempre que necessário para atingir os objetivos definidos e garantir a satisfação do cliente.

Na Tabela 5.64 estão sumariadas as etapas/atividades realizadas durante a Fase *Improve* assim como as técnicas e ferramentas utilizadas.

Tabela 5.64. Atividades Realizadas na Fase *Improve*, Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas

Etapas/Atividades	Técnicas e Ferramentas utilizadas
Identificação de soluções de melhoria	Brainstorming
Hierarquização das soluções de melhoria	Matriz de esforço x impacto
Elaboração de um plano de implementação	5W2H
Projeção do fluxo de valor futuro	VSM

5.2.4.1 Identificação de soluções de melhoria

Através de sessões informais de brainstorming, foi identificado um conjunto de 45 ações de melhoria de modo a atuar nas causas identificadas durante a fase *Analyse*. Este conjunto de ações de melhoria a implementar encontra-se descrito na Tabela 5.65. Para certas causas previamente implementadas não foi possível definir ações de melhoria, uma vez que constituem problemas generalizados que necessitam de uma maior minúcia no seu desenvolvimento, o que não foi possível com as restrições temporais.

Tabela 5.65. Identificação de Ações de Melhoria

Item	Causa	Ações de melhoria Propostas
MAO.6	Más práticas	P.1.1. Sensibilização dos operadores para a necessidade de boas práticas através da compilação e divulgação de exemplos de más práticas e os corretos procedimentos P.1.2. Implementação de <i>gemba walks</i> diários para a deteção de incumprimentos
MAO.3	Falta de formação	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto P.2.2. Implementação de tutoria e formação cruzada no posto de trabalho P.2.3. Descentralização do conhecimento do chefe de linha para os operadores
MAO.2	Fadiga	P.3.1. Implementação de turnos fixos mensais – rotatividade fixa ao mês P.3.2. Implementação de ginástica laboral com o objetivo de melhorar saúde física do operador P.3.3. Alteração dos horários de turno para entrada uma hora mais tarde
MAO.4	Incumprimento dos procedimentos estabelecidos e das instruções de trabalho	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto P.1.2. Implementação de <i>gemba walks</i> diários para a deteção de incumprimentos
MAO.1	Falta de mão-de-obra	P.4.1. Agilização do processo de contratação P.4.1. Implementação de turnos fixos mensais – rotatividade fixa ao mês P.4.2 Implementação de benefícios financeiros para tempo de serviço

Tabela 5.65. Identificação de Ações de Melhoria (continuação)

Item	Causa	Ações de melhoria Propostas
MAO.1.1	Ausência de benefícios apelativos	P.4.2 Implementação de benefícios financeiros para tempo de serviço
MAO.1.2	Baixa motivação	P.3.1. Implementação de turnos fixos mensais – rotatividade fixa ao mês P.4.2 Implementação de benefícios financeiros para tempo de serviço P.3.3. Alteração dos horários de turno para entrada uma hora mais tarde
MAO.1.3	Baixa remuneração	P.4.2 Implementação de benefícios financeiros para tempo de serviço
MAO.1.4	Horários em turnos rotativos	P.3.1. Implementação de turnos fixos mensais – rotatividade fixa ao mês
MAO.2.2	Horas extra	Sem proposta atual
MAO.5	Má calibração.	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto P.31.1 Requisição de visita de fornecedor embaladora para calibração da selagem P.2.3. Descentralização do conhecimento do chefe de linha para os operadores
MAO.5.1	Montagem das ferramentas mal-executada	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto P.2.3. Descentralização do conhecimento do chefe de linha para os operadores
MAQ.5	Falta de capacidade de produção	P.5.1. Revisão das cadências da linha P.5.2. Balanceamento da linha e criação ritmo de produção standard
MAQ.2.2	Equipa de manutenção pequena face às necessidades da fábrica	P.6.1 Capacitação dos operadores para algumas tarefas de manutenção autónoma
MAQ.3	Lâminas possivelmente inadequadas	P.7.1 Utilização de lâminas revestidas próprias para o corte de queijos com bastante aderência (soluções existentes para o corte de queijo vegan)
MAQ.7	Material inadequado para os discos de corte utilizados.	P.8.1. Padronização do processo de fabrico da MP para o aumento da firmeza e diminuição da aderência entre fatias – elimina necessidade de <i>interleaver</i>
MAQ.8	Guias de entrada ineficientes.	P.9.1. Utilização de operadores de estatura alta para o abastecimento da fatiadora – solução preventiva a curto prazo P.9.2. Alteração layout – expansão da sala branca de forma a dismantelar as barreiras físicas entre área A e área B
MAQ.9	Guias de saída ineficientes.	P.10.1 Alteração layout – expansão da sala branca de forma a englobar os equipamentos da área C

Tabela 5.65. Identificação de Ações de Melhoria (continuação)

Item	Causa	Ações de melhoria Propostas
MAQ.2.1	OT's abertas com informações incorretas	P.11.1 Formação dos operadores no método de abertura de OT's
MAQ.4	Equipamentos sem identificação	P.12.1 Criação e implementação de etiquetas de identificação de equipamento
MAQ.6	Falta de certas ferramentas	P.13.1 Aquisição de ferramentas duplicadas para a área B e C
MED.2	Balança inadequada	P.14.1 Aquisição de balança com pesagem de porções individuais
MED.3	Métrica inadequado - cálculo do OEE com base na linha e no turno	Sem proposta atual
MED.4	Pouca visibilidade ou inexistência de indicadores visuais do processo para os operadores	P.16.1 Implementação de quadros de <i>kaizen</i> diário – quadros de equipa visuais
MEI.3	Distância grande entre oficina da manutenção e secção	P.17.1 Implementação de um carro de ferramentas na secção do fatiado
MEI.2	Condições inadequadas de trabalho.	Sem proposta atual
MEI.4	Falta de gestão visual.	P.18.1 Implementação de indicadores visuais P.18.2. Implementação de marcações visuais para gestão de espaço
MEI.5	Ferramentas são pesadas e não têm um lugar específico	P.18.3. Desenvolvimento e implementação de um carro de setup [Proposta desenvolvida apresentada no Apêndice F]
MEI.6	Layout ineficiente	P.19.1. Alteração layout – expansão da sala branca
MEI.6.1	Dificuldades de comunicação entre áreas da secção	P.19.1. Alteração layout – expansão da sala branca P.20.1. Aquisição e implementação de walkie-talkies de acordo com as regulações da indústria alimentar
MEI.6.2	Dificuldades de movimentação	P.19.1. Alteração layout – expansão da sala branca
MEI.6.3	Grandes movimentações desnecessárias	P.20.1 Aquisição e implementação de Paletes <i>Pally</i> (paletes com rodas e possibilidade de reboque) no túnel de arrefecimento e área A do fatiado de modo a padronizar distâncias percorridas
MEI.6.4	Impossibilidade de comunicação direta	P.20.1. Aquisição e implementação de walkie-talkies de acordo com as regulações da indústria alimentar
MEI.6.5	Posto de trabalho distante	P.19.1. Alteração layout – expansão da sala branca P.21.1 Automatização do processo de embalamento de produto acabado – aquisição de novas tecnologias
MET.12	Falta de padronização de métodos de trabalho e procedimentos	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto

Tabela 5.65. Identificação de Ações de Melhoria (continuação)

Item	Causa	Ações de melhoria Propostas
MET.8	Falta de definição e controlo de níveis de acesso.	P.22.1. Remoção do nível de acesso de operador
		P.22.2. Remoção da capacidade de edição do nível de acesso de chefe linha: barrar acesso aos parâmetros do carregamento, alimentação (exceto velocidade de busca), corte, porcionadora, divisão em porções, corte inicial (exceto fatias iniciais), pedaço final, balança e seleção.
		P.22.3. Remoção do acesso dos operadores a programas de teste
		P.22.4. Reposição das características originais dos programas
MET.9	Falta de controlo do peso do produto acabado	P.23.1 Aquisição e implementação de um controlador de peso após saída da embaladora
MET.16	Seleção inadequada de programas ou parâmetros	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto
MET.10	Falta de controlos visuais	Sem proposta atual
MET.13	Injeção de ATM inadequada	P.24.1 Revisitar padronização da injeção de ATM nas cuvetes
MET.14	Método de libertação de lotes	Sem proposta atual
MET.2	Calibração do equipamento	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto
		P.2.3. Descentralização do conhecimento do chefe de linha para os operadores
MET.5	Falha no <i>andon</i> .	P.25.1. Verificação das fotocélulas
MET.11	Falta de ergonomia no posto de trabalho.	P.3.2. Implementação de ginástica laboral com o objetivo de melhorar saúde física do operador
		P.33.1 Aquisição e implementação de um <i>robot picker</i> no embalamento manual – permite higiene automatizada na linha e atenuação da carga de trabalho
MET.12.1	Falta de padronização de métodos de trabalho.	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto
MET.12.2	Falta de padronização de controlo dos procedimentos de limpeza entre turnos e equipas	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto
		P.26.1. Criação de <i>Checklist</i> de limpeza
MET.12.3	Falta de padronização de na formação	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto
		P.2.2. Implementação de tutoria e formação cruzada no posto de trabalho
MET.12.4	Falta de padronização nos <i>setups</i>	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto
MET.4	Dependência de métodos visuais	Sem proposta atual
MET.15	Poucos mecanismos de controlo para além do controlo visual	Sem proposta atual

Tabela 5.65. Identificação de Ações de Melhoria (continuação)

Item	Causa	Ações de melhoria Propostas
MET.3	Colaboradores não estarem inseridos no processo de sugestão de melhorias.	P.16.1 Implementação de quadros de <i>kaizen</i> diário – quadros de equipa visuais
MET.6	Falta de balanceamento entre equipamentos.	P.5.2. Balanceamento da linha e criação ritmo de produção standard
MET.7	Falta de balanceamento entre postos de trabalho.	P.5.2. Balanceamento da linha e criação ritmo de produção standard
M.4	Falta de padronização do fabrico da MP	P.27.1 Padronização do fabrico da MP
M.2	Falta de integridade na embalagem secundária	P.28.1. Alteração da embalagem secundária – reforço da resistência a cargas P.28.2. Diminuição do número de camadas nas paletes de produto acabado
M.5	Falta de padronização do produto.	P.27.1 Padronização do fabrico da MP P.28.1 Normalização dos blocos de queijo em altura através da utilização de guilhotina (método utilizado para normalizar blocos na indústria de sabão)
M.6	Produto fora de especificação falta de padronização da MP	P.27.1 Padronização do fabrico da MP P.28.1 Normalização dos blocos de queijo em altura através da utilização de guilhotina (método utilizado para normalizar blocos na indústria de sabão)
M.7	Propriedades da embalagem primária inadequadas	P.29.1 Alteração da embalagem primária redução da altura ou alteração para bipack de 500gr
M.8	Rótulo inadequado	P.30.1. Alteração do processo de rotulagem – utilização de rótulo pré estampado no filme de selagem das cuvetes invés de rótulo em autocolante
M.3	Falta de normalização do peso e tamanho das barras	P.27.1 Padronização do fabrico da MP P.28.1 Normalização dos blocos de queijo em altura através da utilização de guilhotina (método utilizado para normalizar blocos na indústria de sabão)
M.9	Falta de padronização entre o tamanho das bobines	P.32.1. Padronização do tamanho das bobines – alteração de fornecimento

5.2.4.2 Hierarquização das soluções de melhoria

As soluções de melhoria propostas foram hierarquizadas através de matriz de esforço x impacto representado na Figura 5.67. Os critérios foram avaliados numa escala de 1 a 10 (sendo 1 - pouco esforço/impacto e 10 – muito esforço/impacto). Para o critério esforço foram consideradas 3 vertentes aquando da avaliação: necessidade de investimento, necessidade de aprovação por parte de outro departamento, e tempo despendido na sua preparação (estudos prévios, entre outros).

As ações de melhoria foram divididas em 4 quadrantes:

- Ganhos rápidos – ações que com pouco esforço geram grande impacto;
- Para ir fazendo – ações que exigem pouco esforço, mas também não geram grande impacto;
- Grandes Propostas – ações que exigem muito esforço e geram muito impacto; e
- Tarefas ingratas – ações que exigem muito esforço e geram pouco impacto.

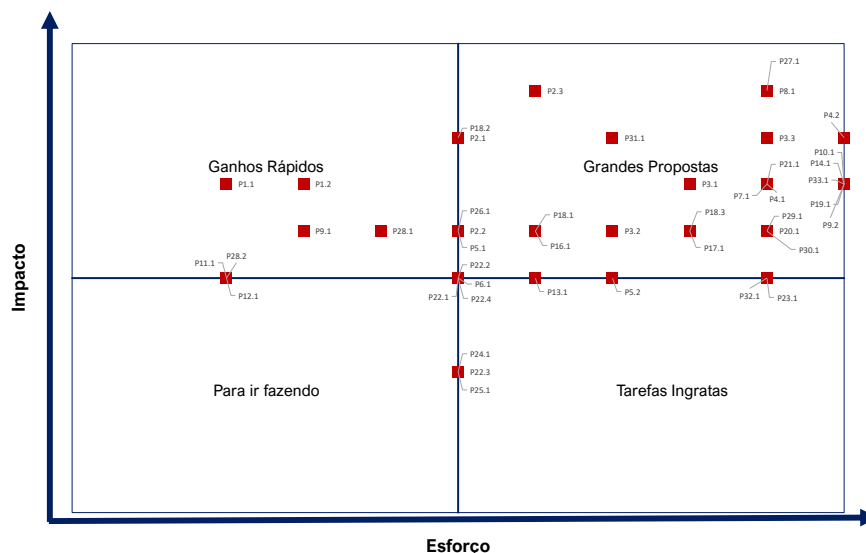


Figura 5.67. Matriz Esforço x Impacto - Hierarquização das Ações de Melhoria Propostas

5.2.4.3 Plano de implementação de ações de melhoria

Com base na hierarquização, as ações de melhoria foram subdivididas e, com recurso à ferramenta 5W2H (Tabela 5.66), foram concebidos planos para a sua implementação:

- PL1 – Plano de Implementação de melhorias a curto prazo;
- PL2 – Plano de Implementação de grandes melhorias a médio/longo prazo;
- PL3 – Plano de Implementação de melhorias a longo prazo.

Tabela 5.66. Plano de Implementação 5W2H

PL1 – Plano de Implementação de melhorias a curto prazo	
What? O que é que vai ser Implementado?	Ações de melhoria que necessitam de pouco esforço para implementação, mas que tem um grande impacto no processo produtivo.
Why? Porque é que vai ser implementado?	Diminuir perdas devido a ineficiências e ineficácias presentes no processo produtivo.
Where? Onde vai ser implementado?	Secção do fatiado – sala branca.
When? Quando vai ser implementado?	Entre 6 meses e 1 ano do início do projeto.
Who? Por quem vai ser implementado?	Departamento de produção.

Tabela 5.66. Plano de Implementação 5W2H (continuação)

PL1 – Plano de Implementação de melhorias a curto prazo	
	Através da formalização, estudo e aprovação das seguintes ações de melhoria:
	P.2.1. Criação de instruções de trabalho por posto
	P.18.2. Implementação de marcações visuais para gestão de espaço
	P.2.2. Implementação de tutoria e formação cruzada no posto de trabalho
	P.5.1. Revisão das cadências da linha
	P.26.1. Criação de <i>Checklist</i> de limpeza
	P.28.1 Normalização dos blocos de queijo em altura através da utilização de guilhotina (método utilizado para normalizar blocos na indústria de sabão)
How? Como vai ser implementado?	P.1.2. Implementação de <i>gemba walks</i> diários para a deteção de incumprimentos
	P.9.1. Utilização de operadores de estatura alta para o abastecimento da fatiadora – solução preventiva a curto prazo
	P.1.1. Sensibilização dos operadores para a necessidade de boas práticas através da compilação e divulgação de exemplos de más práticas e os corretos procedimentos
	P.11.1 Formação dos operadores no método de abertura de OT's
	P.12.1 Criação e implementação de etiquetas de identificação de equipamento
	P.28.2. Diminuição do número de camadas nas paletes de produto acabado
How much? Qual o grau de investimento?	Baixo grau de investimento (até 5.000€).
PL2 – Plano de Implementação de grandes melhorias a médio/longo prazo	
What? O que é que vai ser implementado?	Ações de melhoria que necessitam de muito esforço para implementação, mas que tem um impacto enorme no processo produtivo.
Why? Porque é que vai ser implementado?	Aumentar eficiência e eficácia do processo produtivo em estudo.
Where? Onde vai ser implementado?	Secção do fatiado – sala branca.
When? Quando vai ser implementado?	Entre 1 e 5 anos após o início do projeto.
Who? Por quem vai ser implementado?	Parceria com múltiplos departamentos.

Tabela 5.66. Plano de Implementação 5W2H (continuação)

PL2 – Plano de Implementação de grandes melhorias a médio/longo prazo	
	Através da formalização, estudo e aprovação das seguintes ações de melhoria:
	P.8.1. Padronização do processo de fabrico da MP para o aumento da firmeza e diminuição da aderência entre fatias – elimina necessidade de <i>interleaver</i>
	P.27.1 Padronização do fabrico da MP
	P.4.2 Implementação de benefícios financeiros para tempo de serviço
	P.3.3. Alteração dos horários de turno para entrada uma hora mais tarde
	P.9.2. Alteração layout – expansão da sala branca de forma a desmantelar as barreiras físicas entre área A e área B
	P.10.1 Alteração layout – expansão da sala branca de forma a englobar os equipamentos da área C
	P.14.1 Aquisição de balança com pesagem de porções individuais
	P.19.1. Alteração layout – expansão da sala branca
	P.33.1 Aquisição e implementação de um <i>robot picker</i> no embalamento manual – permite higiene automatizada na linha e atenuação da carga de trabalho
	P.4.1. Agilização do processo de contratação
How?	P.7.1 Utilização de lâminas revestidas próprias para o corte de queijos
Como vai ser implementado?	com bastante aderência (soluções existentes para o corte de queijo vegan)
	P.21.1 Automatização do processo de embalamento de produto acabado – aquisição de novas tecnologias
	P.3.1. Implementação de turnos fixos mensais – rotatividade fixa ao mês
	P.31.1 Requisição de visita de fornecedor embaladora para calibração da selagem
	P.2.3. Descentralização do conhecimento do chefe de linha para os operadores
	P.20.1 Aquisição e implementação de Paletes <i>Pally</i> (paletes com rodas e possibilidade de reboque) no túnel de arrefecimento e área A do fatiado de modo a padronizar distâncias percorridas
	P.29.1 Alteração da embalagem primária redução da altura ou alteração para bipack de 500gr
	P.30.1. Alteração do processo de rotulagem – utilização de rótulo pré estampado no filme de selagem das cuvetes invés de rótulo em auto-colante
	P.17.1 Implementação de um carro de ferramentas na secção do fatiado

Tabela 5.66. Plano de Implementação 5W2H (continuação)

PL2 – Plano de Implementação de grandes melhorias a médio/longo prazo	
How? Como vai ser implementado?	P.18.3. Desenvolvimento e implementação de um carro de setup P.3.2. Implementação de ginástica laboral com o objetivo de melhorar saúde física do operador P.16.1 Implementação de quadros de <i>kaizen</i> diário – quadros de equipa visuais P.18.1 Implementação de indicadores visuais
How much? Qual o grau de investimento?	Alto grau de investimento (acima de 100.000€).
PL3 – Plano de Implementação de melhorias a longo prazo	
What? O que é que vai ser Implementado?	Ações de melhoria que necessitam de muito esforço para implementação e têm um impacto moderado no processo produtivo. No entanto, representam, na generalidade, ações que melhoram ou simplificam os métodos e ambiente de trabalho.
Why? Porque é que vai ser implementado?	Diminuição da variabilidade e desvios detetados.
Where? Onde vai ser implementado?	Secção do fatiado – sala branca.
When? Quando vai ser implementado?	Entre 6 meses e 5 anos do início do projeto, dependendo da disponibilidade.
Who? Por quem vai ser implementado?	Parceria com múltiplos departamentos.
How? Como vai ser implementado?	Através da formalização, estudo e aprovação das seguintes ações de melhoria: P.23.1 Aquisição e implementação de um controlador de peso após saída da embaladora P.32.1. Padronização do tamanho das bobines – alteração de fornecimento P.5.2. Balanceamento da linha e criação ritmo de produção standard P.13.1 Aquisição de ferramentas duplicadas para a área B e C P.6.1 Capacitação dos operadores para algumas tarefas de manutenção autónoma P.22.1. Remoção do nível de acesso de operador P.22.2. Remoção da capacidade de edição do nível de acesso de chefe linha: barrar acesso aos parâmetros do carregamento, alimentação (exceto velocidade de busca), corte, porcionadora, divisão em porções, corte inicial (exceto fatias iniciais), pedaço final, balança e seleção. P.22.4. Reposição das características originais dos programas P.22.3. Remoção do acesso dos operadores a programas de teste P.24.1 Revisitar padronização da injeção de ATM nas cuvetes

Tabela 5.66. Plano de Implementação 5W2H (continuação)

PL3 – Plano de Implementação de melhorias a longo prazo	
How? Como vai ser implementado?	P.25.1. Verificação das fotocélulas
How much? Qual o grau de investimento?	Grau de investimento médio (até 50.000€).

5.2.4.4 Projeção do fluxo de valor futuro (VSM futuro)

De forma a projetar o impacto esperado das ações de melhoria no fluxo de valor foram criados VSM futuros para as referências 4A51010 (Apêndice Figura J), 4A51020 (Apêndice Figura K) e CA51036 (Apêndice Figura L). Estes VSM permitem, de forma simplista, projetar a maneira como o fluxo de valor se encontra num futuro próximo (6 a 18 meses). A melhoria das medidas temporais observadas teve por base os valores modais obtidos durante a fase *Measure*, ou seja, pressupõem a diminuição da variabilidade dos tempos de trabalho para o valor mais observado. Por outro lado, as percentagens apresentadas nestes VSM representam a visão futura que se pretende atingir com as ações implementadas, ou seja, metas estabelecidas.

5.2.5 Fase *Control*

O principal objetivo da fase *Control* é avaliar e monitorizar os resultados obtidos anteriormente, garantindo que as ações de melhoria implementadas são sustentáveis a longo prazo. É definido e implementado um plano de monitorização e controlo de forma a assegurar que as melhorias implementadas são postas em prática (garantindo a continuidade dos benefícios do projeto) e, sempre que necessário, são identificadas e implementadas novas ações de melhoria e/ou medidas corretivas proativas que evitem a reincidência dos problemas identificados. O plano de monitorização e controlo tem por base o acompanhamento contínuo do processo, a formação e sensibilização dos colaboradores para a melhoria contínua, a transmissão e divulgação das melhorias implementadas, monitorização externa e interna do processo, e a revisão periódica dos indicadores e metas estabelecidos.

Na Tabela 5.3Tabela 5.67 estão sumariadas as etapas/atividades realizadas durante a Fase *Improve* assim como as técnicas e ferramentas utilizadas.

Tabela 5.67. Atividades Realizadas na Fase *Control*, Respetivas Técnicas e Ferramentas Utilizadas

Etapas/Atividades	Técnicas e Ferramentas utilizadas
Definição do plano de monitorização e controlo de melhorias	Plano de monitorização e controlo

5.2.5.1 Plano de Monitorização e Controlo

De forma a que as melhorias implementadas sejam sustentáveis a longo prazo, é necessário a criação de um plano de monitorização e controlo. Nesta fase do estudo de caso são definidas as seguintes atividades a realizar de monitorizar e controlar a melhoria contínua do processo:

- **Criação de um plano de formação**

De modo a sensibilizar os intervenientes do processo na importância da melhoria contínua e na razão da implementação de certas ações de melhoria, é necessário que haja uma capacitação prévia de todos os colaboradores envolvidos. Assim, com o intuito de formar o maior número possível de colaboradores propõem-se: a introdução anual de um tema relacionado com a melhoria contínua no plano de formações oficial dos colaboradores da queijaria em estudo; e a criação e divulgação mensal de folhetos educativos simplistas, nos setores e secções da fábrica, com temas diretamente relacionados com ferramentas e metodologias de melhoria contínua.

- **Implementação de um plano de revisão periódica das métricas**

De forma a averiguar a eficácia e sustentabilidade das medidas implementadas, são necessárias a revisão e o acompanhamento periódico das métricas selecionadas. Este acompanhamento tem por objetivo verificar o comportamento do processo e identificar problemas recorrentes e as suas causas, de modo a propor medidas corretivas ou novas propostas de melhoria.

Na Tabela 5.68 estão identificadas as periodicidades de revisão de cada uma das métricas selecionadas para o projeto (principais e secundárias). Propõe-se que o VSM dos produtos em estudo seja revisto semestralmente, uma vez que é uma ferramenta muito útil para a visualização de uma grande maioria das métricas apresentadas e para a compreensão global do processo.

Tabela 5.68. Definição da Periodicidade de Revisão das Métricas

	Métrica	Periodicidade de revisão
Principais	Disponibilidade de produção	Semanal
	Eficiência/performance da Produção	Semanal
	Produtividade da linha de produção	Diária
	Rendimento da matéria-prima	Semanal
	Qualidade da produção	Trimestral
Secundárias	Percentagem de tempo de paragem	Semanal
	Tempo médio de mudança do produto	Mensal
	<i>Takt time</i>	Semestral
	<i>Lead time</i>	Semestral
	Eficiência do Ciclo do Processo	Semestral
	Tempo de ciclo do processo	Semestral
	Inventários	Semestral

Tabela 5.68. Definição da Periodicidade de Revisão das Métricas (continuação)

	Métrica	Periodicidade de revisão
Secundárias	Percentagem de Absentismo	Mensal
	Percentagem de aderência ao plano	Semanal
	Percentagem de desperdício/desclassificação de matéria-prima	Semanal e Mensal
	Percentagem de <i>giveaway</i> por produto	Trimestral
	Peso médio	Mensal
	Número de unidades reprocessadas	Semestral
	Capacidade do processo	Mensal

- **Divulgação do projeto e metas alcançadas**

A transmissão das aprendizagens adquiridas em projetos *Lean Seis Sigma* é de extrema importância. Com o intuito de divulgar o projeto, assim como as metas alcançadas e sensibilizar para a importância dos projetos de melhoria contínua, propõe-se a criação de uma publicação interna bianual que contém as principais melhorias implementadas, breves explicações sobre as metodologias de melhoria contínua em que estas ações foram baseadas, apresentação dos efeitos da melhoria (comparação do antes e do depois), testemunhos dos colaboradores, e cronograma das próximas medidas a serem implementadas. Para além disto, propõe-se a criação de um ficheiro onde todas as informações e aprendizagens adquiridas durante o projeto estão compiladas e facilmente acessíveis para posterior consulta.

- **Implementação de auditorias internas e externas cruzadas**

De modo a manter as melhorias implementadas, propõem-se a implementação de auditorias internas e externas cruzadas aos processos com recurso a uma ferramenta do *Lean* que permite a identificação de deficiências em cada área da auditoria, através dum código visual de conformidade ou não conformidade e com recurso a parâmetros pré-estabelecidos, o *Kamishibai*. Estas auditorias devem ser realizadas periodicamente (preferencialmente semanalmente) por auditores capacitados, e os resultados devem ser registados e divulgados para toda a fábrica. Sempre que possível, devem ser inseridos nestas auditorias operadores do setor, previamente capacitados para esta atividade, de modo a sensibilizar para a importância da sustentabilidade das medidas implementadas e para que as sugestões de oportunidades de melhoria tenham a maior aplicabilidade no terreno, por partirem dos próprios operadores. O principal objetivo destas auditorias é garantir que os procedimentos implementados estão a ser cumpridos.

CONCLUSÕES

No presente capítulo pretende-se sintetizar as principais conclusões do estudo de caso relativamente aos objetivos e às questões de investigação inicialmente estabelecidas. Para além disto, pretende-se ainda analisar as limitações do estudo de caso e propor sugestões para estudos futuros.

6.1 Conclusões

Na atualidade, a indústria dos laticínios está sujeita a inúmeros desafios desde o seu contexto político-legal único, às suas cadeias de distribuição complexas, regulamentação específica e exigente focada principalmente na segurança alimentar e novos padrões de consumo mais exigentes que privilegiam a conveniência dos produtos. Para além disto, a tradicionalidade dos métodos de produção sentida no setor (foco no trabalho manual) assim como as suas características intrínsecas restringem a sua atividade, diminuindo a possibilidade de atingir as margens de lucro pretendidas e manter competitividade no mercado. Todos estes fatores evidenciam a necessidade melhoria contínua no setor, de modo a satisfazer as necessidades do mercado sem comprometer os objetivos de rentabilidade, quota de mercado e competitividade. Neste sentido, e de forma a colmatar as lacunas existentes na literatura relativas à aplicação de metodologias de melhoria contínua no setor, o presente estudo de caso teve como principal objetivo aumentar a eficiência e a eficácia numa queijaria através da aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma*.

No âmbito da aplicação da metodologia mostrou-se necessário a familiarização com o processo global de fabrico de queijo. Na sua generalidade, o processo de fabrico de queijo é relativamente simples; contudo envolve reações físico-químicas complexas o que dificulta a padronização dos processos (muitos parâmetros específicos a controlar). De entre os diferentes formatos de queijo produzidos na fábrica, salienta-se que o formato queijo fatiado tem o menor tempo de processamento e é mais suscetível a falhas de qualidade. A qualidade do

queijo fatiado é muito influenciada pela qualidade do leite, pelo processo de fabrico da massa e pelo processo de cura da barra.

De forma a cumprir o objetivo principal recorreu-se à utilização do ciclo DMAIC, uma abordagem disciplinada e sistemática baseada em dados, em conjunto com a aplicação de conceitos e ferramentas *Lean* e *Seis Sigma*, que se revelou uma aposta satisfatória para as necessidades do projeto.

Na primeira fase da metodologia DMAIC, fase *Define*, foi selecionada como área de atuação para o projeto de melhoria contínua, a secção do fatiado dados os problemas de qualidade identificados nas reclamações dos clientes, o grande número de avarias que afetam o tempo disponível para produção, assim como ser um dos setores com produção mais elevado. Dado os limites temporais impostos, o projeto foi restringido apenas ao estudo de uma linha de produção (fatiadora 604) e três referências nela produzidas (4A51010, 4A51020 e CA51036). Através da aplicação da ferramenta VOC foi possível identificar as necessidades dos clientes e traduzi-las em requisitos do produto, ou seja, características CTQ. Esta fase culminou com a criação do *Project Charter*, onde são estabelecidas as metas que se pretendem alcançar com o projeto, assim como um cronograma preliminar do projeto.

Durante a fase *Measure* foram estabelecidas as métricas principais do processo (disponibilidade da produção, performance da produção, produtividade da linha de produção, rendimento da matéria-prima e qualidade da produção), de modo a estabelecer a *baseline* do seu desempenho atual. Foram ainda estabelecidas métricas secundárias associadas às métricas primárias de forma a caracterizar mais pormenorizadamente o processo. O OEE foi utilizado como uma ferramenta principal para a obtenção e representação da disponibilidade e performance da linha de produção. Recorreu-se ainda à utilização do VSM como uma ferramenta de rápida visualização do processo e métricas, assim como identificação de desperdícios.

Na fase *Analyse*, o processo foi analisado de modo a identificar e compreender causas de variação que provocam discrepâncias entre o desempenho do processo desejado e o atual. Foram identificados como principais ineficiências/problemas, durante esta fase, a variabilidade de disponibilidade, a variabilidade de *performance*, a variabilidade de produtividade, a variabilidade de qualidade de produção e a variabilidade de rendimento de matéria-prima. Através do estudo aprofundado destas fontes de variabilidade foi possível identificar que as principais causas de variação que afetam a eficiência e eficácia do processo prendem-se em causas relativas à mão-de-obra (más práticas, falta de formação e fadiga), ao método (falta de padronização dos métodos de trabalho, falta de definição e controlo de níveis de acesso e falta de controlo do peso do produto acabado) e ao material (falta de padronização do fabrico de MP e falta de integridade da embalagem).

No decorrer da fase *Improve* foram propostas ações de melhoria para todas as causas de variação identificadas, tendo em conta o contexto económico, social e cultural da organização

em estudo. Estas propostas foram hierarquizadas tendo em conta o impacto e esforço da sua implementação. Com base nesta hierarquização foram propostos três planos de implementação: plano de implementação de melhorias a curto prazo, plano de implementação de melhorias a médio/longo prazo e plano de implementação de melhorias a longo prazo; e realizada uma projeção da cadeia de valor após a sua implementação.

Numa última fase, fase *Control*, foi elaborado um plano de monitorização e controlo, de forma a assegurar a sustentabilidade a longo prazo das medidas implementadas. Para este fim, foram definidas as seguintes atividades: criação de um plano de formação, implementação de um plano de revisão periódica das métricas estabelecidas, divulgação do projeto e metas alcançadas e implementação de auditorias internas e externas cruzadas).

Com a aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* foi possível concluir que as principais ineficiências a afetar o processo produtivo devem-se a problemas que causam variações no processo, tal como a falta de padronização da MP, e situações em que é necessário apenas restabelecer a normalidade ou corrigir desvios, como por exemplo questões relacionadas com más práticas. Na sua globalidade, os métodos, as técnicas e as ferramentas utilizadas no desenvolvimento de cada etapa permitiram responder às questões de investigação propostas, assim como propor ações de melhoria face aos problemas e ineficiências encontradas; no entanto, o seu grau de aplicabilidade varia. Ferramentas específicas ao *Lean* ou com grande dependência de conceitos estatísticos provaram ser de difícil adaptação ao contexto e necessidades da indústria dos laticínios, o que leva a muitas lacunas entre aplicabilidade teórica e prática; enquanto que ferramentas mais generalistas proporcionaram grandes proveitos para o projeto.

Apesar da metodologia *Lean Seis Sigma* permitir a implementação de ações de melhoria para correção das situações de variação e desvios identificados, é mais apropriado para a melhoria de processos através de medidas sustentáveis a longo prazo, e menos apropriado para correções temporárias (desvios) uma vez que estes envolvem a resolução de problemas superficiais exigindo maior velocidade e flexibilidade de resolução.

Constata-se, assim que apesar do *Lean Seis Sigma* constituir uma boa base para a otimização dos processos produtivos na indústria dos laticínios não é a metodologia mais adequada e aplicável.

6.2 Limitações

A principal limitação do estudo desenvolvido consiste na aplicação incompleta do ciclo DMAIC, nomeadamente a fase *Improve* e *Control*, devido às limitações temporais impostas, o que não permitiu a implementação e estudo do efeito das ações de melhoria.

Para além disto, os fluxos e processos mapeados foram limitados à secção do fatiado, ou seja, o estudo concentrou-se apenas em fluxos dos processos internos, não englobando na totalidade a cadeia de valor das referências em estudo.

Devido ao contexto económico, social e cultural da organização em estudo, assim como o número de colaboradores, soluções que requerem grandes investimentos monetários ou temporais foram consideradas como soluções pouco ótimas (limitações contextuais).

O processo produtivo em análise é também limitado por vários regulamentos, normas e exigências de qualidade o que por sua vez constitui mais um fator limitante durante a proposta de soluções

6.3 Sugestões para estudos futuros

Durante o desenvolvimento do estudo de caso, devido a limitações temporais, não foi possível explorar alguns aspetos do processo que enriqueceriam o estudo e poderiam introduzir benefícios adicionais ao projeto, nomeadamente:

- **Extensão do estudo de caso a toda a cadeia de valor das referências em estudo, principalmente no processo de cura e fabrico da MP**

A restrição do mapeamento da cadeia de valor apenas à secção do fatiado, não permitiu a avaliação profunda de dependências e padrões de comportamento a que o queijo fatiado está sujeito em etapas anteriores do seu processo de fabrico. Os processos de fabrico e cura da matéria-prima têm grandes impactos no produto final obtido neste estudo de caso, levando a que uma parte das ineficiências detetadas no processo estejam diretamente relacionadas com problemas provenientes destas etapas.

- **Estudo ergonómico dos postos de trabalho da secção do fatiado**

A maioria dos processos de fabrico de queijo dependem de trabalho manual. Os operadores estão sujeitos a longas horas em pé e ao transporte de cargas pesadas. Para além disto, a maioria dos postos está sujeita a tarefas repetitivas. Muitas destas circunstâncias conduzem a baixa produtividade; ao absentismo dos operadores, devido a problemas muscoesqueléticos, e a uma fadiga generalizada. Deste modo, é importante que um estudo futuro contemple a análise da ergonomia dos postos de trabalho e as mudanças necessárias para melhorar o ambiente laboral dos operadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aartsengel, A. van, & Kurtoglu, S. (2013). *Handbook on Continuous Improvement Transformation: The Lean Six Sigma Framework and Systematic Methodology for Implementation* (1.^a ed.). Springer.
- AHFES (Atlantic Area Healthy Food Eco-System). (2021). Dairy Sector in 2021: Consumer trends, market and Innovations. Obtido 31 de Maio de 2023, de <https://www.ahfesproject.com/research/presentation-dairy-sector-in-2021-consumer-trends-market-and-innovations/>
- Albliwi, S. A., Antony, J., & Lim, S. A. halim. (2015). A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, 21(3), 665–691. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2014-0019>
- Albliwi, S., Antony, J., Abdul Halim Lim, S., & van der Wiele, T. (2014). Critical failure factors of Lean Six Sigma: a systematic literature review. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 31(9), 1012–1030. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2013-0147>
- AlManei, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). Lean Implementation Frameworks: The Challenges for SMEs. *Procedia CIRP*, 63, 750–755. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.170>
- ANILAC (Associação Nacional dos Industriais de Lacticínios). (2019). Marcas de queijo faturam quase 500 milhões de euros no retalho. Obtido 20 de Janeiro de 2023, de <https://www.anilact.pt/info/actual/sector/item/3305-marcas-de-queijo-faturam-quase-500-milhoes-de-euros-no-retalho>
- Arnheiter, E. D., & Maleyeff, J. (2005). The integration of lean management and Six Sigma. *The TQM Magazine*, 17(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020>
- Augère-Granier, M.-L. (2018). The EU dairy sector - Briefing on Main features, challenges and prospects. *European Parliamentary Research Service*.
- Bass, I., & Lawton, B. (2009). Lean Six Sigma: Using SigmaXL and Minitab. Em *Statistics*.
- Bigliardi, B., & Galati, F. (2013). Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.03.006>

- Braglia, M., Frosolini, M., & Zammori, F. (2008). Overall equipment effectiveness of a manufacturing line (OEEML). *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(1), 8–29. <https://doi.org/10.1108/17410380910925389>
- Brue, G., & Howes, R. (2005). *The McGraw Hill 36 Hour Six Sigma Course*.
- BSI (The British Standards Institution). (2017). *PAS 96:2017 - Guide to protecting and defending food and drink from deliberate attack* (4.^a ed.).
- Burke, N., A. Zacharski, K., Southern, M., Hogan, P., P. Ryan, M., & C. Adley, C. (2018). The Dairy Industry: Process, Monitoring, Standards, and Quality. Em *Descriptive Food Science*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.80398>
- Busso, C. M., & Miyake, D. I. (2012). Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. *Production*, 23(2), 205–225. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132012005000068>
- Bylund, G. (2015). *Dairy processing handbook* (2nd ed.). Tetra Pak. Obtido de <https://ia904506.us.archive.org/10/items/DairyProcessingHandbookTetrapak/Dairy-Processing-Handbook-Tetrapak.pdf>
- Chiarini, A. (2012). *From Total Quality Control to Lean Six Sigma - Evolution of the Most Important Management Systems for the Excellence*. Springer.
- Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Ganga, G. M. D. (2020). The effect of Lean Six Sigma practices on food industry performance: Implications of the Sector's experience and typical characteristics. *Food Control*, 112, 107110. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107110>
- Costa, L. B. M., Godinho Filho, M., Fredendall, L. D., & Gómez Paredes, F. J. (2018). Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 122–133. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Dairy Food, & Iri. (2023). *Cheese Sales Data*.
- Daniyan, I., Adeodu, A., Mpofu, K., Maladzhi, R., & Kana-Kana Katumba, M. G. (2022). Application of lean Six Sigma methodology using DMAIC approach for the improvement of bogie assembly process in the railcar industry. *Heliyon*, 8(3), e09043. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09043>
- Dennis, P. (2007). *Lean Production Simplified* (2.^a ed.). Productivity Press.
- DGAV (Direção Geral de Alimentação e Veterenária). (2012). *Legislação Leites e Produtos Lácteos*. Obtido de <https://www.dgav.pt/wp-content/uploads/2021/03/Leite-e-Produtos-Lacteos-Legislacao-SET2012.pdf>
- Dora, M., Kumar, M., & Gellynck, X. (2016). Determinants and barriers to lean implementation in food-processing SMEs – a multiple case analysis. *Production Planning & Control*, 27(1), 1–23. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1050477>

- Dorota Rymaszewska, A. (2014). The challenges of lean manufacturing implementation in SMEs. *Benchmarking: An International Journal*, 21(6), 987–1002. <https://doi.org/10.1108/BIJ-10-2012-0065>
- Douphrate, D. I., Hagevoort, G. R., Nonnenmann, M. W., Lunner Kolstrup, C., Reynolds, S. J., Jakob, M., & Kinsel, M. (2013). The Dairy Industry: A Brief Description of Production Practices, Trends, and Farm Characteristics Around the World. *Journal of Agromedicine*, 18(3), 187–197. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2013.796901>
- Dudbridge, M. (2011). *Handbook of Lean Manufacturing in the Food Industry* (1.^a ed.). Wiley-Blackwell.
- EDA (European Dairy Association). (2022, Novembro). *Annual Report 2021/2022*. European Dairy Association.
- European Comission. (2018). *Ensuring Food Is Safe: The veterinary and phytosanitary system of the European Union explained*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2762/969146>
- Eurostat. (2023a). Food Monitoring Tool - Cheese and Curd Harmonized Index of Consumer Prices. Obtido 31 de Maio de 2023, de https://ec.europa.eu/eurostat/data-browser/view/PRC_FSC_IDX__custom_4684230/default/table
- Eurostat. (2023b). Milk Market Observatory. Obtido 31 de Maio de 2023, de https://agriculture.ec.europa.eu/system/files/2023-05/eu-raw-milk-prices_en.pdf
- Evans, J., & Lindsay, W. (2014). *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement*. Cengage Learning.
- FAS (Foreign Agricultural Service). (2023a). Global Cheese Production Annually. Obtido 31 de Maio de 2023, de <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>
- FAS (Foreign Agricultural Service). (2023b). Global Raw Milk Production of Cattle - Annual Data. Obtido 31 de Maio de 2023, de <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>
- Garza-Reyes, J. A. (2015). Green lean and the need for Six Sigma. *International Journal of Lean Six Sigma*, 6(3), 226–248. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2014-0010>
- George, M. L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed* (1.^a ed.). McGraw Hill.
- George, M. L., Maxey, J., & Rowlands, D. (2004). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbox*. McGraw-Hill.
- George, M. L., Maxey, J., Rowlands, D., & Price, M. (2004). *The Lean Six Sigma Pocket Tool-book: A quick reference guide to 100 tools for improving quality and speed* (1.^a ed.). McGraw-Hill.
- Gil, A. C. (1991). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social* (3.^a ed.). Atlas S.A.
- Gil, A. C. (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa* (6.^a ed.). Editora Atlas.

- GPP (Gabinete de Planeamento e Políticas). (2011). *Ficha de Internacionalização - Leite/Laticínios*.
- GPP (Gabinete de Planeamento e Políticas). (2020). *Análise Setorial Leite e Laticíneos. Plano Estratégico do PAC pós-2020*.
- Hahn, G. J., Hill, W. J., Hoerl, R. W., & Zinkgraf, S. A. (1999). The Impact of Six Sigma Improvement-A Glimpse into the Future of Statistics. *The American Statistician*, 53(3), 208. <https://doi.org/10.2307/2686099>
- IBM. (2022). *IBM SPSS Statistics*. IBM. Obtido de <https://www.ibm.com/docs/pt-br/spss-statistics/29.0.0?topic=tests-one-sample-kolmogorov-smirnov-test>
- INE (Instituto Nacional de Estatística). (2023). Consumo humano de leite e produtos lácteos per capita (kg/ hab.) por Tipo de leites e produtos lácteos. Obtido 31 de Maio de 2023, de https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&userLoadSave=Load&userTableOrder=182&xlang=pt
- ISO (International Organization for Standardization). (2006). *ISO 22000:2018 - Food safety management systems: requirements for any organization in the food chain* (Vol. 2). Vol. 2. Obtido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:22000:ed-2:v1:en>
- Jeong, K., & Phillips, D. T. (2001). Operational efficiency and effectiveness measurement. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(11), 1404–1416. <https://doi.org/10.1108/EUM00000000006223>
- Kovach, T., & Cho, R. (2011). Better processes make good eats The food industry can benefit from lean Six Sigma principles. *Industrial engineer : IE ; engineering & management solutions at work*, 43.2011, 36–41.
- Law, B. A., & Tamime, A. Y. (2010). *Technology of cheesemaking*. Blackwell.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the Worlds' Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Liu, P.-H., & Chen, F.-L. (2006). Process capability analysis of non-normal process data using the Burr XII distribution. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 27(9–10), 975–984. <https://doi.org/10.1007/s00170-004-2263-8>
- Lucidchart. (sem data). Símbolos e ícones de mapeamento de fluxo de valor. Obtido 12 de Janeiro de 2023, de <https://www.lucidchart.com/pages/pt/simbolos-e-icone-de-mapeamento-de-fluxo-de-valor>
- Manning, L., & Soon, J. M. (2016). Food Safety, Food Fraud, and Food Defense: A Fast Evolving Literature. *Journal of Food Science*, 81(4), R823–R834. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13256>
- Marktest. (2018). Flamengo é a variedade de queijo mais consumida. Obtido 18 de Março de 2023, de <https://www.marktest.com/wap/a/n/id~2415.aspx>
- McKeever, C. (2006). The project charter - Blueprint for success. *CrossTalk*, Vol. 19.

- McSweeney, P. (2007). *Cheese problems solved* (1.^a ed.; P. L. H. McSweeney, Ed.). Woodhead Publishing Limited.
- Ministérios do Planejamento e da Administração do Território, da A. P. e A. e do C. e T. (1990). Portaria nº 73/90 de 1 de Fevereiro. *Diário da República n.º 27/1990, Série I de 1990-02-01.*, pp. 436–438.
- Minitab. (sem data-a). O que é um gráfico de efeitos principais? Obtido 9 de Abril de 2023, de <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/20/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/supporting-topics/basics/what-is-a-main-effects-plot/>
- Minitab. (sem data-b). O que é uma interação? Obtido 9 de Abril de 2023, de <https://support.minitab.com/pt-br/minitab/20/help-and-how-to/statistical-modeling/anova/supporting-topics/anova-models/what-is-an-interaction/>
- Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to Statistical Quality Control* (8.^a ed.). Wiley.
- Muchiri, P., & Pintelon, L. (2008). Performance measurement using overall equipment effectiveness (OEE): literature review and practical application discussion. *International Journal of Production Research*, 46(13), 3517–3535. <https://doi.org/10.1080/00207540601142645>
- Nader, J. (2022). Lean Six Sigma and Design of Experiments: An Empirical Case Study From the Dairy Industry. *2022 Interdisciplinary Research in Technology and Management (IRTM)*, 1–8. IEEE. <https://doi.org/10.1109/IRTM54583.2022.9791828>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Productivity Press.
- Neely, A., Gregory, M., & Platts, K. (1995). Performance measurement system design. *International Journal of Operations & Production Management*, 15(4), 80–116. <https://doi.org/10.1108/01443579510083622>
- Nicholas, J. (2005). *The Portal to Lean Production*. Auerbach Publications. <https://doi.org/10.1201/9781420031096>
- OECD/FAO. (2022). *OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031*. OECD. <https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en>
- Ohno, T., & Bodek, N. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (1.^a ed.). Productivity Press.
- Oliveira, M. (2011). *Metodologia Científica: um manual para a realização de pesquisas em administração* (1.^a ed.). UFG.
- Pavletić, D., & Soković, M. (2002). Six Sigma: A Complex Quality Initiative. Obtido 23 de Setembro de 2023, de Journal of Mechanical Engineering website: <https://www.sv-jme.eu/article/six-sigma-a-complex-quality-initiative/>
- Pienkowski, M. (2014). Waste Measurement Techniques for Lean Companies. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1).

- Pires, A. R. (2016). *Sistemas de Gestão de Qualidade - Ambiente, Segurança, Responsabilidade Social, Indústria e Serviços* (2.^a ed.). Silabo.
- Porter, L. J., & Oakland, J. S. (1991). Process capability indices—an overview of theory and practice. *Quality and Reliability Engineering International*, 7(6), 437–448. <https://doi.org/10.1002/qre.4680070602>
- Powell, D., Lundebj, S., Chabada, L., & Dreyer, H. (2017). Lean Six Sigma and environmental sustainability: the case of a Norwegian dairy producer. *International Journal of Lean Six Sigma*, 8(1), 53–64. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0024>
- Pyzdek, T., & Keller, P. (2010). *The Six Sigma Handbook: A complete guide for green belts, black belt, and managers at all levels*. McGraw Hill.
- R. Jadhav, J., S. Mantha, S., & B. Rane, S. (2014). Exploring barriers in lean implementation. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(2), 122–148. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2012-0014>
- Ramberg, J. S. (2000). Six Sigma: Fad or Fundamental. *Quality Digest*, 5, 30–31.
- Requeijo, J. F. G., & Pereira, Z. P. do P. S. L. (2012). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos* (2.^a ed.). Lisboa: Fundação da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Rother, M., Shook, J., Womack, J., & Jones, D. (1998). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA* (1.^a ed.). Lean Enterprise Institute.
- Rudisill, J. F., & Litteral, L. A. (2008). Capability Ratios: Comparison and Interpretation of Short-Term and Overall Indices. *International Journal of Quality and Standards* 2, 1, 67–86.
- Sanchez, L., & Blanco, B. (2014). Three decades of continuous improvement. *Total Quality Management & Business Excellence*, 25(9–10), 986–1001. <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.856547>
- Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research methods for business students* (8.^a ed.). Harlow, United Kingdom: Pearson.
- Schmidt, R. L., & Pearson, L. N. (2019). Is your assay stable? Using process stability and capability to evaluate assay performance. *Clinica Chimica Acta*, 490, 28–33. <https://doi.org/10.1016/j.cca.2018.12.015>
- Silva, E., & Menezes, E. (2005). *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação* (4.^a ed.). UFSC.
- Simboli, A., Taddeo, R., & Morgante, A. (2014). Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency. *Administrative Sciences*, 4(3), 173–191. <https://doi.org/10.3390/admsci4030173>
- Sol, M. (2020). Alimentos em tempo de Covid-19 . *Riscos e Alimentos*, pp. 32–37. ASAE.

- Sony, M., Antony, J., Park, S., & Mutingi, M. (2020). Key Criticisms of Six Sigma: A Systematic Literature Review. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 950–962. <https://doi.org/10.1109/TEM.2018.2889517>
- Stamatis. (2005). Who Needs Six Sigma, Anyway? *Quality Digest*, 5.
- Steiner, S., Abraham, B., & Mackay, R. J. (1998). Understanding Process Capability Indices. *University of Waterloo*. University of Waterloo.
- Tague, N. (2005). *The Quality Toolbox* (2.^a ed.). ASQ.
- Tredgold, G. (2017, Maio 25). Why Faster, Better, Cheaper is no Longer Good Enough | Inc.com. Obtido 24 de Janeiro de 2023, de <https://www.inc.com/gordon-tredgold/five-keys-to-massive-growth-in-the-on-demand-economy.html>
- Trienekens, J., & Zuurbier, P. (2008). Quality and safety standards in the food industry, developments and challenges. *International Journal of Production Economics*, 113(1), 107–122. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.050>
- Voehl, F., Harrington, H. J., Mignosa, C., & Charron, R. (2014). *The Lean Six Sigma Black Belt Handbook Tools and Methods for Process Acceleration*. CRC Press.
- Werkema, C. (2011). *Lean Seis Sigma: introdução às ferramentas do lean manufacturing* (2.^a ed.). Elsevier Editora.
- Werkema, C. (2013). *Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas*. Elsevier Editora Ltda.
- WHO (World Health Organization), & FAO (Food and Agriculture Organization). (2009). *Codex Alimentarius Commission - Food Hygiene* (4.^a ed.).
- Wilson, L. (2009). *How to Implement Lean Manufacturing* (1.^a ed.). McGraw-Hill Professional.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- Yin, R. k. (2018). *Case Study Research and Applications - Design and Methods* (6.^a ed.). Sage Publications.
- Zare Mehrjerdi, Y. (2011). Six-Sigma: methodology, tools and its future. *Assembly Automation*, 31(1), 79–88. <https://doi.org/10.1108/01445151111104209>

ANEXOS

Anexo A. Principais regulamentações da Indústria dos Lacticínios

Anexo Tabela A. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à Higiene dos géneros alimentícios/ Controlos oficiais

Diploma	Âmbito
Regulamento (CE) N.º 178/2002/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de janeiro	Determina os princípios e normas gerais da legislação alimentar, cria a Autoridade Europeia para a Segurança dos Alimentos e estabelece procedimentos em matéria de segurança dos géneros alimentícios
Regulamento (CE) N.º 852/2004/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril	Relativo à higiene dos géneros alimentícios, destinada aos operadores
Regulamento (CE) N.º 853/2004/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril	Estabelece regras específicas de higiene aplicáveis aos géneros alimentícios de origem animal
Regulamento (CE) N.º 854/2004/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril	Estabelece regras específicas de organização dos controlos oficiais de produtos de origem animal destinados ao consumo humano
Regulamento N.º 882/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril	Relativo aos controlos oficiais realizados para assegurar a verificação do cumprimento da legislação relativa aos alimentos para animais e aos géneros alimentícios e das normas relativas à saúde e ao bem-estar dos animais. Medidas de execução estabelecidas pelo Reg. 2074/2005
Regulamento (CE) N.º 2073/2005, da Comissão, de 5 de dezembro	Relativo a critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios
Regulamento (CE) N.º 2074/2005, da Comissão, de 5 de dezembro	Estabelece medidas de execução para determinados produtos ao abrigo do Reg. 853/2004 e para a organização de controlos oficiais ao abrigo dos Reg.(s) 854/2004 e 882/2004, derroga o Reg. 852/2004 e altera os Reg.(s) 853/2004 e 854/2004
Decreto-Lei n.º 113/2006, de 12 de junho	Assegurar a execução e garantir o cumprimento dos Reg. 852/2004 e 853/2004
Decreto-Lei n.º 28/84, de 20 de janeiro	Infrações antieconómicas e contra a saúde pública
Directiva N.º 2004/41/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 21 de abril	Revoga certas diretivas relativas à higiene dos géneros alimentícios e às regras sanitárias aplicáveis à produção e à comercialização de determinados produtos de origem animal destinados ao consumo humano e altera as Diretivas 89/662/CEE e 92/118/CEE e a Decisão 95/408/CE

Decisão 2006/765/CE da Comissão, de 6 de novembro	Revoga determinados atos de aplicação relativos à higiene dos géneros alimentícios e às regras sanitárias que regem a produção e a colocação no mercado de determinados produtos de origem animal destinados ao consumo humano
Portaria n.º 699/2008, de 29 de julho	A presente portaria regulamenta as derrogações previstas no Reg.853/2004, do Parlamento, e no Reg. 2073/2005, para determinados géneros alimentícios
Despacho Normativo n.º 38/2008, de 13 de agosto	O presente diploma estabelece o procedimento para a concessão das adaptações aos requisitos de higiene aplicáveis à produção de géneros alimentícios, nos termos do disposto no artigo 13.º do Reg. 852/2004 e no artigo 10.º do Reg. 853/2004, bem como no artigo 7.º do Reg. 2074/2005,
Regulamento (CE) N.º 1020/2008 da Comissão, de 17 de outubro	Altera os anexos II e III do Regulamento (CE) n.º 853/2004 e o Regulamento (CE) n.º 2076/2005 no que diz respeito à marca de identificação, ao leite cru e aos produtos lácteos, bem como aos ovos e ovoprodutos e a certos produtos da pesca
Regulamento (CE) N.º 1162/2009 da Comissão, de 30 de novembro	Estabelece disposições transitórias de execução dos Regulamentos (CE) n.º 853/2004, (CE) n.º 854/2004 e (CE) n.º 882/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho
Decreto-Lei n.º 306/2007, de 27 de agosto	Estabelece o regime da qualidade da água destinada ao consumo humano
Regulamento de Execução n.º 931/2011, de 19 de setembro	Relativo aos requisitos de rastreabilidade estabelecidos pelo Regulamento (CE) n.º 178/2002 do Parlamento Europeu e do Conselho para os géneros alimentícios de origem animal

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela B. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à Segurança, higiene e saúde no trabalho

Diploma	Âmbito
Portaria n.º 53/71, de 3 de fevereiro	Tem por objetivo a prevenção técnica dos riscos profissionais e a higiene nos estabelecimentos industriais
Portaria n.º 149/88, de 9 de março	Fixa as regras de asseio e higiene na manipulação de alimentos e a abolição do boletim de saúde
Decreto-Lei n.º 109/2000, de 30 de junho	Regime de organização e funcionamento das atividades de segurança, higiene e saúde no trabalho
Decreto-Lei n.º 242/2009, de 16 de setembro	Abolição dos atestados médicos

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela C. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes aos Controlos Metrológicos

Diploma	Âmbito
Portaria n.º 1198/91, de 18 de dezembro	Regulamento do controlo metrológico das quantidades dos produtos pré-embalados
Regulamento (CE) N.º 37/2005 da Comissão de 12 de janeiro	Relativo ao controlo das temperaturas nos meios de transporte e nas instalações de depósito e armazenagem de alimentos ultracongelados destinados à alimentação humana
Portaria n.º 1129/2009, de 1 de outubro	Regulamento do controlo metrológico dos instrumentos de medição e registo da temperatura a utilizar nos meios de transporte, nas instalações de depósito e armazenagem dos alimentos a temperatura controlada

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela D. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à Rotulagem Geral

Diploma	Âmbito
Decreto-Lei n.º 560/99, de 18 de dezembro	Estabelece as regras a que deve obedecer a rotulagem
Decreto-Lei n.º 126/2005, de 5 de agosto	Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2003/89/CE, que altera a Diretiva n.º 2000/13/CE, relativamente à indicação dos ingredientes presentes nos géneros alimentícios.
Decreto-Lei n.º 195/2005, de 7 de novembro	Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2005/26/CE, que estabelece uma lista de ingredientes e substâncias alimentares provisoriamente excluídos do anexo III-A da Diretiva n.º 2000/13/CE
Decreto-Lei n.º 365/2007, de 2 de novembro	O presente decreto-lei transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/142/CE
Regulamento (EU) n.º 1169/2011, de 25 de outubro	Relativo à prestação de informação aos consumidores sobre os géneros alimentícios, que altera os Regulamentos (CE) n.º 1924/2006 e (CE) n.º 1925/2006 e revoga as Diretivas 87/250/CEE, 90/496/CEE, 1999/10/CE, 2000/13/CE, 2002/67/CE e 2008/5/CE e o Regulamento (CE) n.º 608/2004.
Diretiva 2011/91/UE, de 13 de dezembro	Relativa às menções ou marcas que permitem identificar o lote ao qual pertence um género alimentício
Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012	

Anexo Tabela E. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à Rotulagem Nutricional

Diploma	Âmbito
Decreto-Lei n.º 167/2004, de 28 de maio	Transpõe para a ordem jurídica nacional as Diretivas n.º 90/496/CEE e 2003/120/CE, relativa à rotulagem nutricional dos géneros alimentícios
Decreto-Lei n.º 54/2010, de 28 de maio	Relativa à rotulagem nutricional dos géneros alimentícios
Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012	

Anexo Tabela F. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes às Alegações Nutricionais e de Saúde

Diploma	Âmbito
Regulamento (CE) N.º 1924/2006, de 20 de dezembro	Relativo às alegações nutricionais e de saúde sobre os alimentos
Regulamento (CE) N.º 353/2008, de 18 de abril	Estabelece normas de execução relativas aos pedidos de autorização de alegações de saúde, como previsto no artigo 15.º do Regulamento (CE) n.º 1924/2006
Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012	

Anexo Tabela G. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes aos Suplementos Alimentares

Diploma	Âmbito
Decreto-Lei n.º 192/89 de 8 de junho	Fixa os princípios gerais orientadores da utilização dos aditivos alimentares nos géneros alimentícios
Decreto-Lei n.º 121/98 de 8 de maio	O presente decreto-lei aplica-se aos aditivos alimentares, com exceção dos corantes, dos edulcorantes e dos agentes de tratamento da farinha.
Regulamento (CE) N.º 1333/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2008	Relativo aos aditivos alimentares
Regulamento (CE) N.º 2232/96 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 28 de outubro	Estabelece um procedimento comunitário aplicável no domínio das substâncias aromatizantes utilizadas ou que se destinem a serem utilizadas nos géneros alimentícios

Regulamento (CE) N.º 1334/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro	Relativo aos aromas e a determinados ingredientes alimentares com propriedades aromatizantes utilizados nos e sobre os géneros alimentícios
Decreto-Lei n.º 193/2000 de 18 de agosto	Aplica-se aos aditivos alimentares denominados corantes
Regulamento (CE) N.º 608/2004 da Comissão, de 31 de março	Relativo à rotulagem de alimentos e ingredientes alimentares aos quais foram adicionados fitoesteróis, ésteres de fitoesterol, fitoestanois e/ou ésteres de fitoestanol
Decreto-Lei n.º 136/2003 de 26 de junho	Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2002/46/CE, relativa à aproximação das legislações dos Estados membros respeitantes aos suplementos alimentares
Regulamento (CE) N.º 1925/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de dezembro	Relativo à adição de vitaminas, minerais e determinadas outras substâncias aos alimentos

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela H. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referente a Outros

Diploma	Âmbito
Regulamento (CE) N.º 258/97 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de janeiro	Relativo a novos alimentos e ingredientes alimentares
Regulamento (CE) N.º 834/2007 do Conselho, de 28 de junho	Relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos e que revoga o Regulamento (CEE) n.º 2092/91
Regulamento (CE) N.º 889/2008 da Comissão, de 5 de setembro	Estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 834/2007 do Conselho relativo à produção biológica e à rotulagem dos produtos biológicos, no que respeita à produção biológica, à rotulagem e ao controlo
Decreto-Lei n.º 158/99 de 8 de maio	Estabelece os princípios e regras a que deve obedecer a comercialização dos géneros alimentícios com brindes.
Decreto-Lei n.º 337/2001 de 26 de dezembro	Aplica-se ao fabrico, comercialização e importação de alimentos e ingredientes alimentares, tratados por radiação ionizante
Regulamento (CE) N.º 509/2006 do Conselho, de 20 de março	Relativo às especialidades tradicionais garantidas dos produtos agrícolas e dos géneros alimentícios
Regulamento (CE) N.º 510/2006 do Conselho, de 20 de março	Relativo à proteção das indicações geográficas e denominações de origem dos produtos agrícolas e dos géneros alimentícios
Regulamento (CE) N.º 1898/2006 da Comissão, de 14 de dezembro	Estabelece regras de execução do Regulamento (CE) n.º 510/2006
Decreto-Lei n.º 199/2008, de 8 de outubro	Define as condições gerais de comercialização dos produtos pré-embalados e estabelece as regras relativas às quantidades nominais aplicáveis aos produtos pré-embalados

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela I. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes a Materiais em contacto com os géneros alimentícios

Diploma	Âmbito
Regulamento (CE) N.º 1935/2004 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de outubro	Relativo aos materiais e objetos destinados a entrar em contacto com os alimentos e que revoga as Diretivas 80/590/CEE e 89/109/CEE
Decreto-Lei n.º 175/2007 de 8 de maio	Assegura a execução e garante o cumprimento, no ordenamento jurídico interno, das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 1935/2004
Regulamento (CE) N.º 2023/2006, de 22 de dezembro	Relativo às boas práticas de fabrico de materiais e objetos destinados a entrar em contacto com os alimentos

Anexo Tabela J. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes aos Resíduos

Diploma	Âmbito
Regulamento (CEE) N.º 315/1993 do Conselho, de 8 de fevereiro	Estabelece procedimentos comunitários para os contaminantes presentes nos géneros alimentícios
Decreto-Lei n.º 148/99, de 4 de maio	Estabelece as medidas de controlo relativas às substâncias e aos grupos de resíduos referidos no seu anexo I
Decreto-Lei n.º 185/2005, de 4 de novembro	Relativa à proibição de utilização de certas substâncias com efeitos hormonais ou tireostáticos e de substâncias beta-agonistas em produção animal
Regulamento (CE) N.º 396/2005 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 23 de fevereiro	Relativo aos limites máximos de resíduos de pesticidas no interior e à superfície dos géneros alimentícios e dos alimentos para animais, de origem vegetal ou animal, e que altera a Diretiva 91/414/CEE do Conselho
Decreto-Lei n.º 39/2009, de 10 de fevereiro	Assegura a execução e garante o cumprimento, na ordem jurídica interna, das obrigações decorrentes do Regulamento n.º 396/2005
Regulamento (CE) N.º 459/2010 da Comissão, de 27 de maio	Altera os anexos II, III e IV do Regulamento (CE) n.º 396/2005 do Parlamento Europeu e do Conselho no que se refere aos limites máximos de resíduos de determinados pesticidas no interior e à superfície de certos produtos
Regulamento (CE) N.º 1881/2006 da Comissão, de 19 de dezembro	Fixa os teores máximos de certos contaminantes presentes nos géneros alimentícios
Regulamento (CE) N.º 470/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 06 de maio	Prevê procedimentos comunitários para o estabelecimento de limites máximos de resíduos de substâncias farmacologicamente ativas nos alimentos de origem animal

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela K. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes aos Subprodutos

Diploma	Âmbito
Regulamento (CE) n.º 1069/2009 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de novembro	Define regras sanitárias relativas a subprodutos animais e produtos derivados não destinados ao consumo humano e que revoga o Regulamento (CE) n.º 1774/2002
Regulamento (UE) n.º 142/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 25 de fevereiro	Aplica o Regulamento (CE) n.º 1069/2009 e a Diretiva 97/78/CE do Conselho

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela L. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios específicos à indústria

Diploma	Âmbito
Portaria n.º 861/84, de 15 de novembro	Proíbe a venda de queijo fresco feito de leite cru de vaca cabra ou ovelha, estremes ou mistura, bem como a venda ao público de leite de ovelha, cabra ou mistura sem pasteurização ou método equivalente
Diretiva n.º 87/524/CEE da Comissão, de 6 de outubro	Fixa métodos comunitários de colheita de amostras, com vista à análise química, de leites conservados
Portaria 621/91, de 11 de julho	Colheitas de amostras para análise química de leites conservados
Portaria n.º 196/91, de 9 de março	Define e caracteriza as caseínas e caseinatos destinados à alimentação humana. Fixa os métodos de colheita de amostra e de análise a utilizar para avaliação das suas características e estabelece as regras a observar para a respetiva rotulagem
Portaria n.º 742/92, de 24 de julho	logurte, iogurte aromatizado, leites fermentados e leites fermentados aromatizados

Regulamento (CE) N.º 445/2007 da Comissão, de 23 de abril	Estabelece determinadas regras de execução do Regulamento n.º 2991/94 e do Regulamento n.º 1898/87
Decreto-Lei n.º 39/2003, de 8 de março	Estabelece o regime aplicável à classificação do leite entregue pelos produtores nos locais de recolha de leite.
Regulamento (CE) N.º 1234/2007, de 22 de outubro	Regulamento «OCM ÚNICA»
Regulamento (CE) N.º 273/2008, de 5 de março	Que estabelece normas de execução do Regulamento (CE) n.º 1255/1999 no que respeita aos métodos a utilizar para a análise e a avaliação da qualidade do leite e dos produtos lácteos
Decreto-Lei n.º 7/2009, de 6 de janeiro	Transpõe a Diretiva n.º 2007/61/CE, que altera a Diretiva n.º 2001/114/CE, relativa a determinados leites conservados parcial ou totalmente desidratados destinados à alimentação humana.
Despacho n.º 25484/2009, de 20 de novembro	Estabelece as derrogações ao Regulamento n.º 852/2004, no que diz respeito ao tipo de materiais de que são feitos os instrumentos e o equipamento utilizados especificamente para a preparação, embalagem e acondicionamento de queijos

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela M. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes à saúde animal

Diploma	Âmbito
Decreto-Lei n.º 244/2000, de 27 de setembro	Estabelece as normas técnicas de execução do Programa de Erradicação da Brucelose, adiante designado por PEB, bem como os procedimentos relativos à classificação sanitária de efetivos e áreas e à consequente epidemiologia da doença.
Decreto-Lei n.º 272/2000, de 8 de novembro	Adota as medidas de combate à tuberculose bovina e altera as normas relativas à classificação sanitária dos efetivos bovinos

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela N. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes ao Licenciamento (Atividade Pecuária)

Diploma	Âmbito
Decreto-Lei n.º 214/2008, de 10 de novembro	Aprova o regime de exercício da atividade pecuária (REAP).
Portaria 638/2009 de 9 de junho	Estabelece as normas regulamentares do Decreto-Lei n.º 214/2008
Decreto-Lei n.º 78/2010, de 25 de junho	Modifica o processo de instalação, alteração e exercício de uma atividade pecuária, procedendo à 2.ª alteração do Decreto-Lei n.º 214/2008
Decreto-Lei n.º 45/2011, de 25 de março	Modifica os prazos do período transitório e regime excecional de regularização de explorações pecuárias e procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 214/2008

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

Anexo Tabela O. Regulamentações da Indústria dos Lacticínios referentes ao Licenciamento (Atividade Pecuária)

Diploma	Âmbito
Decreto-Lei n.º 259/2007, de 17 de julho	Estabelece o regime a que está sujeita a instalação e modificação dos estabelecimentos de comércio ou de armazenagem de produtos alimentares
Decreto-Lei n.º 381/2007, de 14 de novembro	Estabelece a Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3 (CAE)
Decreto-Lei n.º 209/2008, de 29 de outubro	Aprova o regime de exercício da atividade industrial (REAL)
Lei n.º 60/2007, de 04 de setembro	República o Decreto-Lei n.º 555/99, estabelece o regime jurídico da urbanização e edificação (RJUE)

Decreto-Lei n.º 48/2011, de 1 de abril

Simplifica o regime de exercício de diversas atividades económicas no âmbito da iniciativa «Licenciamento zero»

Nota. Retirado de "Legislação Leites e Produtos Lácteos" de DGAV, 2012

