

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Mariana Isabel Fernandes de Oliveira

**REDUÇÃO DOS NÍVEIS DE DESPERDÍCIO:
ESTUDO DE CASO DA INDÚSTRIA
ALIMENTAR**

Dissertação no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada pelo Professor Doutor Samuel Moniz e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

setembro de 2022



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

DEPARTAMENTO DE
ENGENHARIA MECÂNICA

Redução dos Níveis de Desperdício: Estudo de Caso da Indústria Alimentar

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Reducing Wastage Levels: A Case Study from the Food Industry

Autor

Mariana Isabel Fernandes de Oliveira

Orientador

Professor Doutor Samuel Moniz

Júri

Presidente	Professor Doutor Cristóvão Silva Professor Associado da Universidade de Coimbra Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Vogais	Professor Doutor Paulo Joaquim Antunes Vaz Professor Adjunto do Instituto Politécnico de Viseu Professor Doutor Samuel Moniz Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra
Orientador	Professor Doutor Samuel Moniz Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional



Dancake Portugal

Coimbra, setembro, 2022

Olha para as tuas mãos, imagina tudo aquilo que elas serão capazes de construir. O mundo espera pelo invisível que, hoje, só tu és capaz de ver. Existe música por nascer no interior do silêncio. O possível é o futuro do impossível.

José Luís Peixoto

Aos meus pais, irmão e MAS.

Agradecimentos

O trabalho aqui apresentado é o culminar do meu percurso académico ao longo de 5 anos. A conclusão do curso apenas foi possível graças à colaboração e apoio de várias pessoas.

O maior agradecimento vai para os meus pais, irmão e amigos por me apoiarem em todas as fases desta grande aventura e permitirem que me tornasse na pessoa que sou. Obrigada pelo incentivo e oportunidades que me proporcionaram.

Aos MAS, por serem a família que escolhi, por me acompanharem desde o segundo ano, por estarem presentes em todos os momentos bons e maus, por celebrarem a vitórias e apoiarem nas derrotas. Certamente serão amizades para a vida.

Às Cachopas, por todo o apoio e todos os momentos passados, todos os jantares silenciosos e por todas as memórias que ficarão para a vida.

Ao Miguel, por estar presente em todos os momentos, por todo o apoio, por todo o carinho, por nunca me deixar baixar os braços, pela força e por acreditar sempre em mim.

À minha madrinha do coração, Inês, que sem ela estes anos não teriam sido da mesma maneira. Obrigada por todo o apoio e ajuda.

À Sara, por me ver crescer ao longo de muitos anos, por estar sempre lá, por todo o apoio, por todos os momentos de alegria.

À Dancake, ao Pedro, à Gisela e ao Gonçalo por me acolherem e apoiarem ao longo de todo o estágio e possibilitarem o desenvolvimento deste projeto.

Por último, a Coimbra, à eterna cidade dos estudantes que tão bem me acolheu 7 séculos depois de D. Dinis. “Coimbra lembra a canção que um dia te cantei, com as minhas fitas em maio voltarei. Essa saudade que nunca esquecerei”.

A todos os que não foram aqui mencionados, mas que sabem quem são. Um muito obrigado!

Resumo

Com a globalização da economia e com as alterações das últimas décadas no ambiente de negócios as organizações vêm-se obrigadas a melhorar o seu desempenho de forma a garantir a sua presença no mercado competitivo. A indústria alimentar enfrenta um conjunto de desafios, e sendo um dos setores de negócio mais competitivos, é imperativo desenvolver estratégias de qualidade e atingir níveis de produtividade superiores aos seus concorrentes.

A *DanCake* Portugal é uma empresa na indústria de *bakery* que se dedica à produção de produtos de pastelaria industrial. Devido à grande competitividade existente na indústria alimentar surge a necessidade de aumentar os níveis de produtividade e redução dos níveis de desperdício. O foco deste projeto de investigação centrou-se numa linha de produção com o objetivo de reduzir o desperdício, nomeadamente a quantidade de produto defeituoso.

Para o desenvolvimento deste projeto foi selecionada a metodologia DMAIC, uma ferramenta de resolução de problemas que se encontra dividida em cinco fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

Através da recolha de dados, observação direta na linha de produção, de sessões de *brainstorming* e entrevistas não estruturadas com quem contacta diretamente com os problemas associados à linha de produção, foi possível identificar a localização/equipamento e um conjunto de anomalias/categorias associadas responsáveis por produzir uma maior quantidade de produto defeituoso. Deste modo, para cada anomalia foram elaboradas propostas de melhoria que pretendem levar a organização a atingir níveis de produtividade superiores.

Palavras-chave: Desperdício, DMAIC, Melhorias, Produtividade, Linha de Produção, Pastelaria Industrial.

Abstract

With the globalisation of the economy and the changes in the business environment in recent decades, organisations are forced to improve their performance in order to ensure their presence in the competitive market. The food industry faces several challenges and being one of the most competitive business sectors it is imperative to develop quality strategies and achieve higher productivity levels than its competitors.

DanCake Portugal is a company in the bakery industry dedicated to the production of industrial pastry products. Due to the great competitiveness in the food industry, there is a need to increase productivity and reduce waste levels. The focus of this research project was centred on a production line with the objective of reducing waste, namely the amount of defective product.

For the development of this project the DMAIC methodology was selected, a problem solving tool that is divided into five phases: Define, Measure, Analyse, Improve and Control.

Through data collection, direct observation on the production line, brainstorming sessions and unstructured interviews with those who directly contact with the problems associated with the production line, it was possible to identify the location/equipment and a set of associated anomalies/categories responsible for producing a greater amount of defective product. Thus, for each anomaly, improvement proposals were drawn up that aim to take the organisation to higher productivity levels.

Keywords Waste, DMAIC, Improvements, Productivity, Line Production, Industrial Bakery.

Índice

Índice de Figuras	xi
Índice de Tabelas	xiii
Simbologia e Siglas	xv
Simbologia.....	xv
Siglas	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Principais Objetivos do Projeto	2
1.3. Metodologia de Investigação	2
1.4. Estrutura da Dissertação	3
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	5
2.1. <i>Lean</i>	5
2.2. <i>Six Sigma</i>	8
2.3. <i>Lean Six Sigma</i>	11
2.4. Ciclo DMAIC	15
2.4.1. Fase Definir (<i>Define</i>).....	16
2.4.2. Fase Medir (<i>Measure</i>)	17
2.4.3. Fase Analisar (<i>Analyse</i>).....	17
2.4.4. Fase Melhorar (<i>Improve</i>).....	18
2.4.5. Fase Controlar (<i>Control</i>)	18
3. ESTUDO DE CASO	21
3.1. Apresentação da Empresa	21
3.2. Caracterização da Linha de Produção.....	22
3.2.1. Produto	22
3.2.2. Processo Produtivo	23
3.3. Indicadores de Desempenho	30
4. APLICAÇÃO DO CICLO DMAIC	32
4.1. Fase Definir (<i>Define</i>)	32
4.1.1. Identificação do problema, objetivos e âmbito do projeto	32
4.2. Fase Medir (<i>Measure</i>).....	34
4.2.1. Recolha de Dados	34
4.3. Fase Analisar (<i>Analyse</i>)	39
4.3.1. Identificação e Descrição das anomalias do processo e respetivas causas....	39
4.4. Fase Melhorar (<i>Improve</i>)	51
4.4.1. Definição de Ações Corretivas	51
4.5. Fase Controlar (<i>Control</i>).....	58
5. CONCLUSÃO.....	60
5.1. Conclusões	60
5.2. Propostas Futuras	62

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
ANEXO A - Fluxograma da linha de produção	67
APÊNDICE A – <i>Layout</i> da linha de produção.....	68
APÊNDICE B – Project Charter	69
APÊNDICE C – Instrução de trabalho para o abastecimento do silo do açúcar da Máquina de cobertura.....	70
APÊNDICE D– Template Fase de Controlo.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Relação entre o Modelo <i>Six Sigma</i> e os Princípios <i>Lean</i> (Tampubolon & Purba, 2021).....	12
Figura 2.2. Práticas e Princípios LSS (Juliani & Oliveira, 2020).....	15
Figura 2.3. Ciclo DMAIC (Improta et al., 2017).....	16
Figura 3.1. Produto produzido na Linha 8 (Palitos).	23
Figura 3.2. Processo de injeção de massa.....	27
Figura 4.1. Quilogramas de produto defeituoso por Localização/Motivo na linha de produção.	36
Figura 4.2. Análise de Pareto dos Kg de produto defeituoso por localização.....	37
Figura 4.3. Evolução da % de Kg de produto defeituoso na zona de Formação de produto.	38
Figura 4.4. Anomalias na zona de Formação de produto.	39
Figura 4.5. Diagrama de Ishikawa das Anomalias da zona de Formação.	40
Figura 4.6. Palitos cabeçudos.	42
Figura 4.7. Injeção de massa no tabuleiro: Palitos cabeçudos.....	43
Figura 4.8. % de produto defeituoso por tipo de massa.	44

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1. Nível <i>Sigma</i> do processo vs DPMO (Sajjad et al., 2021).....	9
Tabela 2.2. Ferramentas e técnicas utilizadas no ciclo DMAIC vs resultados.....	19
Tabela 4.1. Identificação dos equipamentos e motivos de desperdício.....	35
Tabela 4.2. Valores da densidade para Massa com e sem Quebras.....	45
Tabela 4.3. Teste <i>Anderson-Darling</i> : valores p-value.....	46
Tabela 4.4. Correlação entre densidade e as diferentes variáveis	47
Tabela 4.5. Problemas identificados e respectivas ações de melhoria	51

SIMBOLOGIA E SIGLAS

Simbologia

μ – Viscosidade dinâmica

T – Temperatura absoluta

Siglas

ANOVA - *Analysis of Variance*

CTQ - *Critical to Quality*

DMADV- *Define, Measure, Analyse, Design, Verify*

DMAIC - *Define, Measure, Analyse, Improve, Control*

DOE - *Design of Experiments*

DPMO - *Defects per Million Opportunities*

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*

MTO – *Make to Order*

MTS – *Make to Stock*

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

SIPOC - *Supplier; Inputs; Process; Output; Consumer*

SMED - *Single-Minute Exchange of Die*

SPC - *Statistical Process Control*

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

TQM - *Total Quality Management*

VOC - *Voice of Customer*

VSM - *Value Stream Mapping*

WIP - *Work in Progress*

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

Nas últimas décadas, o ambiente de negócios tem sofrido inúmeras alterações. A globalização da economia, clientes mais informados e exigentes, tempo visto como uma vantagem, o aparecimento de novas tecnologias, o conceito de qualidade e o aumento da relevância de questões éticas e ambientais são exemplos de mudanças que obrigam as organizações a melhorar o seu desempenho de forma a garantir que permanecem no mercado competitivo (Sanchez & Blanco, 2014).

A indústria global alimentar é um dos setores de negócios mais competitivos e enfrenta um conjunto de desafios que forçam as empresas do setor a adotar e melhorar estratégias de qualidade e a aumentar a sua produtividade para se manterem competitivas (Costa et al., 2018; Xie & Li, 2012).

Alguns desafios na indústria alimentar incluem prazos de entrega curtos, reduções regulares de preços, entregas frequentes e revendedores que exigem uma ampla gama de produtos (Costa et al., 2018). Estes desafios, juntamente com a alta competitividade característica desta indústria, pressionam as empresas a reduzir os seus custos e desperdícios conseguindo assim aumentar a sua eficiência (Noorwali, 2013).

Dessa forma, uma cultura de melhoria contínua é muito importante e a sua adoção, com o envolvimento de todos os trabalhadores, permite que as organizações melhorem a sua performance através da eliminação de desperdício em todos os processos e sistemas organizacionais (Sanchez & Blanco, 2014). Nos últimos anos, o LSS evoluiu e tornou-se numa das estratégias de negócio e metodologias mais eficazes para implementação de melhoria contínua tendo sido demonstrados vários benefícios (Costa et al., 2018; Albliwi et al., 2015). O método *Six Sigma* concentra-se na redução da variabilidade do processo e a filosofia *Lean* tem como objetivo a eliminação de qualquer tipo de desperdício que não acrescente valor na perspetiva do cliente final (Tampubolon & Purba, 2021).

O projeto realizado surge da necessidade de reduzir o desperdício da linha de produção de forma a aumentar a eficiência das operações. A redução de desperdício traduz-se na redução de custos e investimentos por parte da empresa e numa maior qualidade do

produto final levando, conseqüentemente, a um aumento da satisfação dos clientes. De forma a atingir o objetivo de redução do desperdício associado à linha de produção de palitos foi seguido o ciclo DMAIC onde são desenvolvidas cinco fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Ao longo do projeto foram identificadas as causas que levam ao desperdício e propostas de melhoria a serem implementadas pela empresa.

Esta dissertação foi desenvolvida ao longo do estágio curricular, que teve a duração de cinco meses, na empresa *DanCake* Portugal. Assim, este documento foi elaborado no âmbito da realização da unidade curricular Estágio para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

1.2. Principais Objetivos do Projeto

O objetivo deste estudo de caso centra-se na redução do desperdício da linha de produção dos palitos através do desenvolvimento e acompanhamento de melhoria contínua. Este projeto tem como finalidade identificar e eliminar os atuais problemas que têm maior influência no desperdício da linha.

Os principais objetivos definidos englobam:

- Quantificar e localizar o desperdício na linha de produção;
- Identificar e descrever as causas que levam a maior desperdício no processo;
- Definir propostas de melhoria que permitam colmatar as principais causas de desperdício.

1.3. Metodologia de Investigação

Esta secção tem como objetivo definir como o projeto de investigação foi conduzido, garantindo que a metodologia utilizada encontra as respostas para a questão selecionada. Deste modo, foram seguidas as orientações de Saunders et al. (2019) para garantir o rigor científico no desenvolvimento da dissertação de mestrado.

Segundo Saunders et al. (2019), a escolha da metodologia de investigação permite criar uma estrutura coerente para o projeto na qual todos os elementos de pesquisa se encaixam. Os autores apresentam o modelo “*research onion*”, que permite alcançar a

coerência em todo o projeto de pesquisa e que se encontra dividido em seis camadas: filosofia, abordagem, método, estratégia, horizonte temporal e técnicas e procedimentos.

Neste projeto, a abordagem seguida é a dedutiva, visto que existem na literatura bases teóricas sobre metodologias de melhoria contínua desenvolvidas em contextos semelhantes ao do estudo. A estratégia adotada é um estudo do caso uma vez que é realizada uma investigação acerca de um caso realizada no contexto real (Saunders et al., 2019). A sua realização foi feita ao longo do estágio curricular, correspondendo a um horizonte temporal transversal, e com recurso a métodos qualitativos e quantitativos (Saunders et al., 2019).

Começou-se por conhecer as características do produto e de todo o processo produtivo bem como de todo o trabalho efetuado pelos operadores através do *gemba walk* e de entrevistas não estruturadas. De seguida, foi feita a recolha de dados referentes à localização e valor da quantidade desperdiçada na linha de produção. Após a recolha de dados foi feita uma análise dos mesmos de forma a encontrar oportunidades de melhoria e as possíveis causas para os problemas encontrados no processo produtivo. Por último, foram identificadas propostas de melhoria a serem implementadas pela empresa através de entrevistas não estruturadas e de sessões de *brainstorming* com a equipa de projeto.

1.4. Estrutura da Dissertação

A estrutura da presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos principais. Este primeiro capítulo tem como objetivo fazer uma introdução e apresentar e enquadrar o tema em estudo, definir os principais objetivos do projeto, a metodologia usada e, por fim, a estrutura desta dissertação.

No segundo capítulo, é elaborado o enquadramento teórico de forma a enquadrar o trabalho desenvolvido, onde é realizada uma definição dos conceitos relevantes para o trabalho desenvolvido. Para o caso da presente dissertação os principais temas abordados englobam a metodologia *Lean Six Sigma* e a ferramenta DMAIC.

O terceiro capítulo apresenta o Estudo de Caso. É feita uma apresentação da empresa em estudo, a *DanCake* Portugal e a caracterização da linha de produção selecionada para este projeto, que inclui a descrição do produto e de todo o processo produtivo.

No quarto capítulo é apresentada a aplicação da metodologia DMAIC, todas as análises efetuadas e as ações de melhoria definidas.

Por último, no quinto capítulo, são apresentadas as conclusões obtidas do projeto realizado e propostas de possíveis trabalhos a realizar no futuro.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O presente capítulo tem como objetivo enquadrar o trabalho realizado através da definição de conceitos desenvolvidos ao longo do trabalho. São abordados os conceitos relacionados com as metodologias *Six Sigma* e *Lean Six Sigma* e as diferentes etapas do ciclo DMAIC desenvolvido neste projeto.

2.1. *Lean*

O conceito base *Lean* teve origem no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, através do *Toyota Production System* (TPS), iniciado pelos engenheiros japoneses Taiichi Ohno e Shigeo Shingo com o objetivo de minimizar o impacto negativo da guerra (Bhamu & Sangwan, 2014). Segundo Ohno (1988), o *Toyota Production System* (TPS) evoluiu por necessidade e foi durante a emergência económica que os resultados positivos da sua implementação foram reconhecidos. Através deste sistema a *Toyota* tinha a capacidade de produzir automóveis através da utilização de menos recursos em termos de *stock*, esforço humano e investimento, ao mesmo tempo que produzia com menos defeitos e ainda introduzia no mercado uma maior variedade de produtos (Bhamu & Sangwan, 2014). Para Ohno (1988), os dois pilares necessários para sustentar o sistema são:

- *Just-in-time*: as peças necessárias chegam à linha de montagem no momento em que são necessárias e apenas na quantidade necessária de forma a aproximar o *stock* a zero.
- *Autonomation*: máquinas que podem evitar problemas "autonomamente". Quando ocorrem problemas a produção é parada e são tomadas contramedidas para evitar a recorrência.

Womack & Jones (2003) definiram cinco princípios de pensamento *Lean* que permitem especificar valor, alinhar as ações na melhor sequência e executá-las quando solicitadas sem interrupção. Os cinco princípios são:

- **Valor**: definido pelo cliente final. É expresso em termos de um produto específico a um preço e num momento específico de acordo com as

necessidades do cliente. O valor também aumenta se forem oferecidos recursos ou serviços adicionais valorizados pelo cliente e que pode não adicionar custo adicional (Hines et al., 2004).

- **Fluxo de valor:** engloba todas as ações necessárias para que o produto seja entregue ao cliente final. A definição do fluxo de valor permite expor grandes quantidades de desperdício.
- **Fluxo:** movimento contínuo do produto ao longo de toda a linha de produção. É necessário ter em atenção a ordem das etapas de criação de valor para que o produto flua até ao cliente (Tampubolon & Purba, 2021).
- **Pull:** na cadeia produtiva, o cliente puxa conforme necessário o produto em vez deste ser empurrado pelo processo produtivo. Cada processo de produção é então acionado pelo cliente.
- **Perfeição:** com o valor e o fluxo de valor definidos, são eliminadas as atividades que representam desperdício e com o fluxo e um sistema *pull* a melhoria é contínua até que o estado de perfeição seja alcançado (Tampubolon & Purba, 2021).

Segundo Wilson (2010), o tempo total necessário para produzir um produto é composto por: tempo de valor acrescentado, o tempo pelo qual o cliente está disposto a pagar; e tempo sem valor acrescentado, que é considerado desperdício. O desperdício pode ser considerado: puro, que engloba atividades que podem ser eliminadas ou reduzidas imediatamente; e necessário, que contém atividades que não podem ser reduzidas imediatamente devido às atuais regras de trabalho ou tecnologia. *Lean* é uma filosofia de gestão que tem como objetivo a identificação e eliminação de desperdícios em todo o fluxo de valor de um produto, em toda a organização e ao longo de toda a rede da cadeia de abastecimento (Shah & Ward, 2007). Desta forma, é possível alcançar melhor produtividade de forma a oferecer produtos e serviços com menor custo e com a rapidez requerida pelo cliente (Bhamu & Sangwan, 2014).

Ohno (1988) identificou sete tipos de desperdício:

- **Sobreprodução:** quando são produzidas mais quantidades do que o necessário levando a acumulação de stocks e quando é produzido antes do tempo (Wilson, 2010).
- **Espera:** pessoas e equipamentos à espera e que não seja necessário (Tampubolon & Purba, 2021).
- **Transporte:** rotas e movimentações desnecessária ao longo de todo o processo. Ocorre entre passos de processamento, entre linhas de processamento e quando o produto é enviado para o cliente (Wilson, 2010).
- **Sobreprocessamento:** Desperdício de processar o produto para além do que o cliente quer. O uso de ferramentas e equipamentos ineficientes aumenta este desperdício (Wilson, 2010).
- **Inventário:** Todos os inventários que não se traduzem diretamente em vendas. Pode englobar matérias-primas, WIP ou produtos acabados (Wilson, 2010).
- **Movimentações:** Movimentação desnecessária de pessoas, equipamentos ou máquinas (procurar peças, ferramentas) (Tampubolon & Purba, 2021b; Womack & Jones, 2003).
- **Defeitos:** todas as peças que são produzidas com defeito incluindo também tempo, recursos e custos necessários para correções (Tampubolon & Purba, 2021).

Womack & Jones (2003) identificaram um oitavo tipo de desperdício: a não utilização do talento e habilidades dos trabalhadores, o que leva consequentemente a perdas de oportunidades por parte das organizações.

São vários os benefícios apontados na implementação da filosofia *Lean*. Os benefícios quantitativos encontrados incluem redução de *stock*, *lead time*, tempo de ciclo, tempo de processamento, tempo de *setup*, defeitos e melhoria da eficácia do equipamento. Melhoria do moral, boa comunicação e satisfação no trabalho são alguns dos benefícios qualitativos referidos. Assim, é possível atingir uma vantagem competitiva, reduzir custos e melhorar a produtividade e qualidade (Bhamu & Sangwan, 2014).

Com o conceito *Lean* surgiram um conjunto de técnicas e ferramentas, entre elas: *Standard work*, VSM, 5S, gestão visual, *Kanbans*, *Total Productive Maintenance* (TPM), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Single-Minute Exchange of Die* (SMED) e TQM (Oliveira et al., 2017).

2.2. Six Sigma

Com o aumento de concorrência, surgiu a necessidade de as organizações melhorarem os seus processos de forma a manterem-se competitivas no mercado (Sajjad et al., 2021). A *Motorola* foi a primeira organização a projetar *Six sigma* na década de 1980. Este conceito surgiu como parte do seu programa de medição de desempenho de qualidade e melhoria. O *Six sigma* foi ganhando relevância nas comunidades empresarial e científica, permitindo que muitas organizações, através da junção do seu conhecimento de todo o processo com engenharia, estatísticas e gestão de projetos, conseguissem manter a sua vantagem competitiva (Kwak & Anbari, 2006).

Markarian (2004) refere que *Six Sigma* é uma filosofia e uma metodologia rigorosa que tem como objetivo melhorar a qualidade. Difere dos outros programas de qualidade na sua abordagem, uma vez que recorre a estatística para uma análise detalhada de dados, permitindo encontrar a causa raiz dos problemas de qualidade, dado que são decisões baseadas em factos. Esta metodologia permite também a implementação de um plano de controlo de forma a garantir um controlo contínuo de qualidade de um processo. *Six Sigma* é uma estratégia de negócios que se concentra na redução da variação dos processos e na melhoria de produtos, processos e resultados (Gaikwad et al., 2022).

Segundo Kwak & Anbari (2006), esta metodologia tem duas perspetivas: do ponto de vista estatístico, *sigma* representa a variação sobre a média do processo e *Six sigma* representa uma taxa de sucesso de 99,9997%, ou seja, menos de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO); do ponto de vista de negócios é visto como uma estratégia de negócios centrada no cliente e que tem como objetivo melhorar a lucratividade do negócio através de operações mais eficazes e eficientes. Outros autores referem que *Six Sigma* pode ser entendido de três perspetivas: metodologia, sistema de gestão e métricas. Na perspetiva metodológica, é uma abordagem projeto por projeto de melhoria de negócios, orientada para o lucro, extremamente disciplinada e centrada no cliente e do ponto de vista de sistema de gestão. Está

presente na iniciativa de qualidade de liderança (Gaikwad et al., 2022). Estatisticamente, *Six Sigma* significa que o desvio do limite de especificação mais próximo em torno do valor médio de uma medição de qualidade de processo é pelo menos seis vezes o desvio padrão desse processo (Markarian, 2004). O principal objetivo desta metodologia é reduzir a disparidade das características de qualidade, ou seja, centrar o processo em torno do valor alvo (Gaikwad et al., 2022).

Quanto maior for o valor sigma associado ao processo menor será o número de defeitos e mais otimizado estará o processo. Grande parte das organizações operam inicialmente a um nível 3 a 4 *sigma*. Isto significa que o processo atual gera um número de defeitos por milhão que varia entre 6210 e 66807, ou seja, elevados prejuízos para as organizações. A relação entre o nível *sigma* de um processo e os defeitos por milhão de oportunidades está representada na Tabela 2.1 (Sajjad et al., 2021).

Tabela 2.1. Nível *Sigma* do processo vs DPMO (Sajjad et al., 2021).

Nível de qualidade <i>Sigma</i>	DPMO
6	3,4
5	233
4	6210
3	66,807
2	308,537
1	690,000

Inicialmente, as empresas concentram-se na melhoria de resultados, como maior lucro e menor variação para melhorar qualidade e reduzir custos, e à medida que a cultura *Six sigma* está mais desenvolvida, a filosofia começa a ser expandida para melhorar os processos de negócios, entre eles compras e logística (Markarian, 2004).

Kwak & Anbari (2006) identificaram elementos-chave de aplicações *Six sigma* bem sucedidas, com base na troca de informações com líderes que adotaram esta metodologia na sua organização e em várias revisões de literatura, entre eles:

- Envolvimento da gerência e compromisso organizacional: a implementação desta metodologia requer o comprometimento de tempo, recursos, esforços e dinheiro, sendo imprescindível a dedicação da gestão de topo e contribuição para recursos e esforços;
- *Skills* de seleção, gestão e controlo de projetos: de forma que o projeto de implementação seja viável e benéfico a nível financeiro e organizacional estando sempre centrado no cliente, este tem de ser devidamente planeado e selecionado;
- Incentivar e aceitar a mudança cultural: é necessário educar todos os membros da organização, desde a gestão de topo a funcionários e clientes, sobre as vantagens da metodologia *Six sigma*, de forma a superar a resistência à mudança. Para isso é necessário um plano de comunicação claro;
- Educação e treino contínuo: através de educação e treino, as pessoas envolvidas terão um melhor entendimento acerca das ferramentas, princípios e técnicas do *Six sigma*.

Vários autores defendem que para a implementação bem sucedida do *Six sigma*, para além de treino, consciencialização e comunicação clara, avaliação do projeto e envolvimento é também necessária uma estrutura organizacional eficaz, além da gestão de topo, de forma a que o desenvolvimento desta metodologia seja possível (Sajjad et al., 2021).

São vários os benefícios de implementação desta metodologia que no seu conjunto têm um grande contributo para o lucro da organização ajudando também a preservar o meio ambiente em geral e os recursos naturais. De entre os benefícios os mais salientados estão a disponibilidade do produto ao cliente a um custo menor, redução do *stock* de matéria prima, redução da taxa de rejeição e de retrabalhos, a entrega dos produtos dentro dos prazos definidos e consequentemente um melhor rendimento de todo o processo (Sajjad et al., 2021).

O uso adequado de todos os conceitos e ferramentas desta metodologia e uma análise dos seus pontos fortes e fracos por parte das organizações, são necessários para que a implementação de *Six sigma* seja sustentada a longo prazo. De forma a potenciar uma implementação eficaz, o conceito de qualidade deve ser incorporado logo no processo de desenho do projeto e não apenas a nível de fabricação, ou seja, ser incorporado na fase de

planeamento (Kwak & Anbari, 2006). São várias as barreiras de implementação desta metodologia entre elas o custo elevado do treino *Six Sigma* e a perceção que a implementação e os resultados demoram algum tempo para se tornarem visíveis (Albliwi et al., 2015).

Num projeto *Six sigma* para atingir a melhoria de um processo podem ser utilizados diferentes métodos entre eles: DMAIC e DMADV. O DMAIC está associado a produtos e processos já existentes e é um processo que tem como objetivo eliminar etapas improdutivas, através de medições e tecnologia. O DMADV é utilizado na fase de desenvolvimento de novos produtos, tendo como objetivo atingir um nível de defeitos mínimo, ou seja, é usado no desenvolvimento de novos produtos ou serviços a um nível *Six sigma* (Gaikwad et al., 2022; Kwak & Anbari, 2006). Segundo Sajjad et al. (2021), entre as diferentes metodologias seguidas pelo *Six Sigma* de acordo com diferentes cenários e situações, o DMAIC é a melhor estratégia. Este foi o método utilizado ao longo do projeto e o seu enquadramento teórico será desenvolvido nesta secção.

2.3. Lean Six Sigma

O termo *Lean Six Sigma* (LSS) foi introduzido pela primeira vez por volta do ano de 2000 e surgiu como um método que permite atingir mais rapidamente melhorias na satisfação do cliente, capital investido, custo, qualidade e velocidade do processo (Costa et al., 2018; Albliwi et al., 2015). LSS evoluiu através da combinação das metodologias *Lean* e *Six Sigma* e é uma estratégia disciplinada de transformação de negócios e uma ferramenta de solução de problemas (Shokri, 2019). Markarian (2004) afirmou que a aplicação de ambas as ferramentas em simultâneo permite obter melhorias superiores do que as que podem ser obtidas com qualquer método isoladamente.

Como foi referido anteriormente, *Lean* é uma filosofia que se concentra em eliminar qualquer tipo de desperdício e processo que não acrescente valor na perspetiva do cliente, reduz o *lead time* em toda a cadeia de valor bem como o *stock*, aumentando consequentemente a eficiência e eficácia da organização (Tampubolon & Purba, 2021; Markarian, 2004). O método *Six Sigma* permite a redução da variabilidade do processo através da definição dos problemas e da análise de dados de forma a que as causas raiz desses problemas sejam identificadas e eliminadas levando assim à melhoria dos processos (Costa et al., 2018; Tampubolon & Purba, 2021). A implementação isolada da filosofia *Lean* não permite o controlo estatístico e a redução da variabilidade do processo bem como a implementação de *Six Sigma* não é suficiente para a

redução e eliminação de todos os tipos de desperdício (Albliwi et al., 2015). Por essa razão ambas as metodologias foram reconhecidas como líderes para melhoria de desempenho e de gestão da qualidade (Shokri, 2019).

A relação entre o Modelo *Six Sigma* e os Princípios *Lean* é mostrada na Figura 2.1 e pode ser resumida em quatro passos (Tampubolon & Purba, 2021):

- 1º Passo: no *Lean* o problema é obtido diretamente da gestão de topo até à linha de produção, enquanto no passo Definir do *Six sigma* o problema pode ser identificado a partir de reclamações de clientes, da linha de produção ou de pedidos da gestão de topo.
- 2º passo: o Mapeamento do Fluxo de Valor identifica o tempo necessário para cada processo com foco nos clientes, e corresponde a medir a variável dependente (Y) e a variável independente (X) na etapa de Medição e Análise respetivamente.
- 3º passo: As etapas de *Flow* e *Pull* correspondem a melhorias a implementar.
- 4º passo: A etapa Perfeição permite a estabilidade do processo melhorado e é monitorizada durante a fase de controlo.

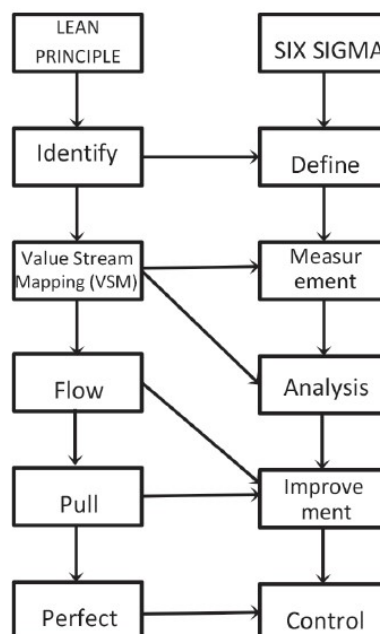


Figura 2.1. Relação entre o Modelo *Six Sigma* e os Princípios *Lean* (Tampubolon & Purba, 2021).

Nos últimos anos, no setor de manufatura, serviços e setor público, o LSS evoluiu e tornou-se numa das estratégias de negócio e metodologias mais eficazes para implementação de melhoria contínua tendo sido demonstrados benefícios em estudos nos diferentes setores (Costa et al., 2018; Albliwi et al., 2015).

São vários os benefícios da implementação da estratégia LSS apontados por vários estudos, entre eles: redução de atividades que não representam valor, redução de tempo de *setup*, do *lead time* de produção, do *takt time*, redução do DPMO e aumento da produção diária (Guleria et al., 2022). Numa revisão sistemática da literatura, Albliwi et al. (2015) identificaram os dez principais benefícios citados em artigos:

1. aumento dos lucros e poupança financeira;
2. aumento da satisfação do cliente;
3. custo reduzido;
4. tempo de ciclo reduzido;
5. melhoria das principais métricas de desempenho;
6. redução de defeitos;
7. redução do tempo de paragem das máquinas;
8. stock reduzido;
9. qualidade melhorada;
10. aumento da capacidade de produção.

Para além desses benefícios também foram identificadas questões relacionadas com redução de acidentes de trabalho e aumento da moral dos trabalhadores.

As ferramentas e técnicas utilizadas por LSS podem ser de natureza estatística, não estatística e de gestão. Há um conjunto de ferramentas de ambas as estratégias que são utilizadas como: Análise de 5 Porquês, 5S, Análise de variância (ANOVA), FMEA, *Brainstorming*, Diagrama de causa e efeito, Análise de Pareto, Gestão visual, *Kaizen*, SIPOC, Trabalho padronizado, DOE, VSM, entre outras (Juliani & Oliveira, 2020). Do conjunto de ferramentas as mais utilizadas são VSM, Diagrama de causa e efeito, 5s, *Brainstorming*, DMAIC, Análise de Pareto e Gestão visual. O uso comum dessas ferramentas e técnicas na maioria dos casos pode ser explicado pelo facto de serem ferramentas simples, diretas e que não contêm equações ou fórmulas estatísticas (Costa et al., 2018; Albliwi et al., 2015). A implementação bem-sucedida de projetos LSS depende da seleção das técnicas e ferramentas mais adequadas e da integração de ferramentas *Lean* e de *Six Sigma* (Juliani & Oliveira, 2020).

Os principais motivos que levam as organizações a implementarem LSS são aumentar a satisfação e fidelidade do cliente, melhorar a qualidade do produto e de todo o processo de fabrico de forma a permanecer no mercado competitivo (Albliwi et al., 2015).

Albliwi et al. (2015) identificaram os desafios e barreiras sentidas na implementação da metodologia, sendo os principais: a necessidade de tempo, a falta de recursos, expectativas não geridas, falta de consciencialização acerca dos benefícios de LSS, falta de treino e a resistência e reação dos funcionários a uma nova estratégia de negócios. Falta de comprometimento da gestão de topo e falta de comunicação são também fatores apontados como barreiras na implementação de LSS (Tampubolon & Purba, 2021).

Além dos desafios sentidos na implementação de LSS é possível identificar um conjunto de fatores críticos para o sucesso da mesma. Os fatores críticos destacados são (Lande et al., 2016):

- Treino (envolvimento do funcionário)
- Envolvimento e comprometimento da gestão de topo
- Satisfação do cliente
- Liderança
- Priorização e seleção de projetos
- Mudança cultural
- Compreensão da metodologia LSS
- Planeamento estratégico da qualidade

Apesar dos fatores críticos para implementação de LSS dependerem do tamanho, tipo e região das organizações, o fator mais citado por autores é o comprometimento da gestão de topo sendo considerado o fator que maior impacto vai ter no fornecimento dos recursos necessários, numa implementação bem-sucedida de LSS (Shokri, 2019).

Podem também ser destacados componentes chave que influenciam o sucesso ou fracasso desta metodologia. Um dos componentes é a análise estatística e gráfica de forma que os resultados tangíveis sejam demonstrados, estando incluídos gráficos de controlo, mapas de fluxo de valor, gráficos de Pareto e histogramas (Sajjad et al., 2021). Tampubolon & Purba (2021) afirmam que um grande conhecimento de *Lean* e *Six Sigma* é um componente chave para o sucesso na implementação de estatística.

Juliani & Oliveira (2020) desenvolveram um modelo de sistematização das práticas e princípios LSS, em que para cada um dos nove princípios LSS identificados há um conjunto de práticas a seguir. O modelo está ilustrado na Figura 2.2.

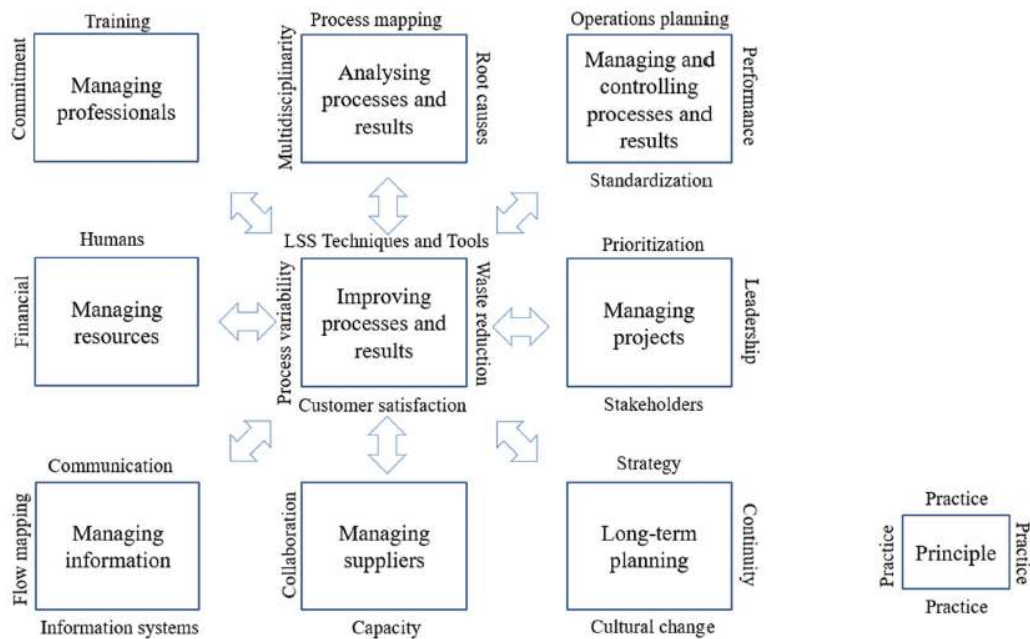


Figura 2.2. Práticas e Princípios LSS (Juliani & Oliveira, 2020).

Recentemente para a implementação do modelo híbrido LSS tem sido aplicada a metodologia DMAIC. Segundo Henny et al. (2019), esta abordagem permite a melhoria contínua da qualidade através da eliminação de todas as etapas improdutivas e terá destaque na secção seguinte.

2.4. Ciclo DMAIC

O ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) é uma ferramenta de qualidade LSS que tem como objetivo a melhoria de produtos, processos ou serviços e a redução das rejeições e retrabalhos através da eliminação da variação do processo (Guleria et al., 2022). Segundo Kharub et al. (2022), esta metodologia permite remover todos os tipos de problemas ocorridos em qualquer processo. Segundo Srinivasan et al. (2016), a aplicação da metodologia DMAIC permite que empresas do setor industrial e serviços consigam produtos e serviços com erros inferiores a 3,4 DPMO.

O ciclo DMAIC está dividido em cinco fases e cada uma das fases tem como objetivo orientar a equipa desde a definição do problema na etapa *Define*, a implementação de

melhorias na etapa *Improve* até à garantia que as soluções se mantêm a longo prazo na etapa *Control* (Tampubolon & Purba, 2021). As cinco fases do ciclo DMAIC encontram-se representadas na Figura 2.3.

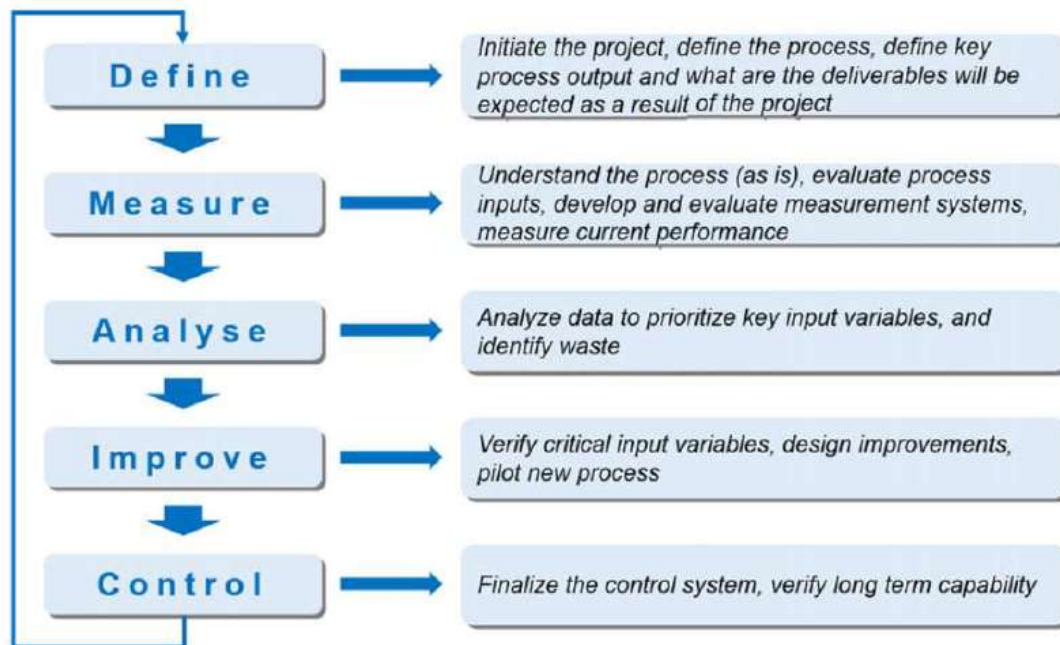


Figura 2.3. Ciclo DMAIC (Improta et al., 2017).

De seguida vai ser feita uma análise de cada uma das cinco fases desta metodologia.

2.4.1. Fase Definir (*Define*)

A fase Definir é a primeira do ciclo DMAIC. Nesta fase é identificado o problema do projeto e determinada a sua significância e a importância no contexto da organização (Sundaramali et al., 2021). De acordo com George et al. (2005), o objetivo da etapa de definição é que a equipa de projeto chegue a acordo acerca do desempenho, âmbito, objetivos e metas financeiras para o projeto.

As principais tarefas desta fase englobam a seleção de projetos, gestão de projetos, decisão e planeamento estratégico, o desenvolvimento da carta de projeto e o mapeamento de projetos (Sajjad et al., 2021). Nesta fase é também crucial definir os limites do projeto, através do *problem statement*, de forma a limitar e criar uma fronteira que permita que o problema seja resolvido (Sundaramali et al., 2021). Segundo Hung & Sung (2011), é da responsabilidade da

gestão de topo identificar o problema com base no feedback do cliente, estratégia e missão da organização bem como definir e estabelecer metas.

De acordo com George et al. (2005) alguns passos chave incluem desenvolver a criação de um plano de comunicação de forma a identificar as partes interessadas e mantê-las envolvidas ao longo do projeto e validar benefícios financeiros de forma a verificar se o impacto financeiro ao atingir o objetivo está de acordo com as expectativas da gestão de topo. Exemplos de ferramentas usadas nesta fase são a carta de projeto, planeamento do projeto e CTQ (Shaikh & Kazi, 2015).

2.4.2. Fase Medir (*Measure*)

A fase Medir concentra-se na recolha de dados precisos e originais e mede a capacidade do processo de forma a se feita comparação com os requisitos do cliente (Sajjad et al., 2021). De acordo com George et al. (2005) o objetivo desta etapa é compreender por completo e reunir informações acerca do estado atual do processo e recolher dados do desempenho real do processo em termos de velocidade, qualidade e custos. Algumas ferramentas aplicadas são recolha de dados, *Gage Repeatability and reproducibility* e *SIPOC* (Shaikh & Kazi, 2015).

Esta é uma etapa de transição crucial do ciclo DMAIC, pois permite que a equipa valide o projeto e obtenha informação importante para encontrar as causas-raiz do problema na etapa seguinte do ciclo (Hung & Sung, 2011).

George et al. (2005) identificaram como passos importantes desta etapa a criação de um mapa de fluxo de valor, a identificação das variáveis de saída e entrada do processo relevantes para o projeto, a criação de um plano de recolha de dados.

2.4.3. Fase Analisar (*Analyse*)

A terceira fase do ciclo tem como objetivo identificar as causas raiz que afetam as variáveis de entrada e saída do processo medidas na fase anterior (George et al., 2005). De forma a identificar as causas raiz do problema, para a análise dos dados devem ser usadas ferramentas de análise de dados e técnicas de análise de processos como por exemplo: Diagrama de Pareto, Diagrama de causa e efeito, Análise de regressão e FMEA (Sajjad et al., 2021; Shaikh & Kazi, 2015).

Esta etapa inclui tarefas como desenvolver uma análise de valor de forma a identificar as atividades que representam valor e a geração de teorias para explicar as causas potenciais (George et al., 2005).

2.4.4. Fase Melhorar (*Improve*)

Segundo Sajjad et al. (2021) o objetivo da fase Melhorar é identificar e implementar as melhores soluções possíveis para eliminar as causas-raiz do problema. As soluções implementadas permitem a redução da variação num processo e impedem a recorrência de um problema. A equipa de projeto desenvolve ideias, testa soluções e implementa em grande escala a solução selecionada (Hung & Sung, 2011). Nesta fase é essencial documentar resultados, criar critérios e avaliar alternativas de forma a encontrar as soluções ideais (George et al., 2005). Algumas ferramentas usadas na fase Melhorar incluem: *Brainstorming*, Alterações de *design* e DOE (Shaikh & Kazi, 2015).

2.4.5. Fase Controlar (*Control*)

A última fase do ciclo DMAIC é a fase de controlo, que tem como principal objetivo garantir que as soluções definidas na fase anterior foram bem implementadas e mantidas (Kharub et al., 2022). Segundo Sajjad et al. (2021), é necessário que o processo melhorado seja monitorizado para assegurar que os resultados desejados são atingidos. É importante que a equipa do projeto desenvolva controlos padronizados de forma a manter o desempenho e corrigir problemas que possam aparecer. Desta forma, é possível garantir que o processo melhorado não reverte para o seu estado anterior (Hung & Sung, 2011). É então importante desenvolver, documentar e implementar um plano de monitorização contínuo e integrar as melhorias em toda a empresa através do uso de treino e incentivos (Shaikh & Kazi, 2015).

A metodologia DMAIC é transversal a várias indústrias, permite resolver problemas ocorridos em qualquer processo e apresenta um conjunto de benefícios na sua implementação. A Tabela 2.2 reúne um resumo de diferentes estudos onde são apresentados ferramentas e técnicas e os principais resultados da implementação do ciclo DMAIC.

Tabela 2.2. Ferramentas e técnicas utilizadas no ciclo DMAIC vs resultados

Autor	Indústria/ Produto	Ferramentas e técnicas	Resultados
Kharub et al. (2022)	Indústria de frutas e vegetais	SIPOC; VSM; Diagrama de causa e efeito; 5S; <i>Control Chart</i>	Redução de 50% do desperdício; Aumento de 7% do lucro
Shokri (2019)	Componentes automóveis	<i>Project Charter</i> ; Mapeamento de processo; FMEA; CTQ; SIPOC; <i>Brainstorming</i> ; Análise de Pareto; Diagrama de causa e efeito; <i>Control Chart</i> ; <i>Control Plan</i> ; GEMBA	Redução do desperdício; Aumento do <i>yield</i> de 98.81% para 99.03%; Aumento do nível sigma de 3.65 para 3.85; Poupança para o cliente de 98,000£ anual; Aumento da satisfação do cliente
Guleria et al. (2022)	Indústria de fabrico de componentes de transmissão automóvel	VSM (<i>Current state map</i>); 5S; <i>Project Charter</i> ; SIPOC; Análise de Pareto; <i>X-Bar, R charts</i> ; Diagrama de causa e efeito; <i>Brainstorming</i> ; <i>Kaizens</i> ; VSM (<i>Future state map</i>)	Redução da taxa rejeição de 10.4% para 3.20 %; Redução da área de chão de fábrica de 252 m ² para 90 m ² ; Distância percorrida pelo material foi reduzida de 4050 m para 809 m; Aumento do nível sigma de 3.34 para 3.94; Redução do <i>lead time</i> de 12 dias para 11 dias
(Syahputri et al. (2018)	Indústria do papel de cigarro	VSM (<i>Current state map</i>) CTQ; Análise dos 5 Porquês; Monitorização dos resultados; VSM (<i>Future state map</i>)	Redução de 48 para 40 atividades executadas durante o processo produtivo; Aumento de 12.64% da eficiência do ciclo do processo
Henny et al. (2019)	Produção de molho chili e molho de camarão	VSM; CTQ; FMEA	Redução dos diferentes tipos de desperdício
Sundaramali et al. (2021)		Análise de variância; Mapeamento de processo; <i>P-chart</i> ; Diagrama de causa	Redução da taxa de defeitos de 16.5% para 0.5%; Custos evitados

	Indústria automóvel	e efeito; Análise de Pareto; Ferramenta <i>Paired Comparison</i> ; Ferramenta Análise <i>Better Vs Current</i> ; <i>Process Capability Analysis</i>	com o projeto de 97,000\$; Aumento do nível sigma de 1.0 para 2.0; Aumento do <i>Process Capability Index</i> de 0.24 para 1.25
Hung & Sung (2011)	Indústria alimentar	Análise de Pareto; Diagrama de árvore; Diagrama de Fluxo de processo; <i>Brainstorming</i> ; Diagrama de causa e efeito; <i>Attribute gage agreement analysis</i> ; <i>X-Y matrix</i> ; ANOVA; FMEA; DOE; <i>Control Plan</i> ; <i>Control Chart</i>	Redução da taxa de defeitos de 0.45% para um valor inferior a 0.141%
Mustaniroh et al. (2021)	Batatas fritas	SIPOC; Análise de Pareto; CTQ; <i>Control Chart</i> ; <i>Process Capability Analysis</i> Diagrama de causa e efeito;	Melhoria da qualidade; Redução da taxa de defeitos
Girmanová et al. (2017)	Operação metalúrgica	<i>Brainstorming</i> ; SIPOC; <i>Flow chart</i> ; Análise de Pareto; <i>Control Chart</i> ; FMEA; Mapeamento de processo; Teste de hipótese; Diagrama de causa e efeito; Estatística descritiva	Redução do valor de DPMO de 81.038 para 39.636 DPMO; Aumento do nível sigma de 2.9 para 3.3; Redução de 50% dos custos de processamento e de entregas falhadas
Bhargava & Gaur (2021)	Indústria de fabrico de rolamentos	VOC; <i>X-Bar, R charts</i> ; SPC; Diagrama de causa e efeito; <i>Control Chart</i>	Aumento do nível sigma de 2.5 para 3.5; Redução do valor do desvio padrão de 0.02067 para 0.01317; Redução do valor de <i>part per milion</i> fora de especificação de 15780 para 154; Aumento dos valores dos Índices de capacidade

3. ESTUDO DE CASO

3.1. Apresentação da Empresa

A *DanCake Portugal* é uma empresa na indústria de *bakery* fundada em 1978 pela família Jamnadas, em Coimbra, que se dedica à produção de produtos de pastelaria industrial sendo pioneira no mercado doméstico português. Em 1979 deu-se o início das exportações de tortas e bolos caseiros e em 1982 inaugurou-se a segunda unidade fabril, em Coimbra, com duas novas linhas de produção de Pipocas e Queques.

A produção de *Butter Cookies* na fábrica de Coimbra iniciou-se em 1984 e passados 2 anos deu-se a expansão das exportações para a Europa com este produto. Em 1993 houve a inauguração da nova fábrica, na Póvoa da Santa Iria, e a 1ª produção das tostas de luxo, iniciando-se também a exportação para o Brasil e Reino Unido.

Em 1999 a *DanCake* investiu na automação das linhas e na construção de maquinaria com o objetivo de aumentar a eficiência e produtividade. Mais tarde, em 2001, a fábrica de Coimbra recebeu a certificação do seu Sistema de Gestão da Qualidade pela norma NP EN ISO 9001 (1995).

Com a expansão da marca para mais de 50 países, em 2003, a empresa é reconhecida como um dos maiores produtores de *Butter Cookies* no mundo exportando 60% das suas vendas. No ano de 2005, a qualidade dos seus produtos é certificada por entidades internacionais nas fábricas de Coimbra e de Póvoa de Santa Iria com BRC (3ª versão, 2003) e IFS (4ª versão, 2004).

Em 2014 a empresa relançou a sua marca com uma nova imagem e novos produtos. No ano de 2019, a *DanCake* recebeu mais uma certificação, neste caso a Certificação de Produtos Orgânicos.

Recentemente, em 2021, a empresa foi comprada pela *Biscuit International* (BI), de origem francesa. A BI é um dos principais produtores europeus no mercado da pastelaria industrial permitindo assim a expansão das exportações no mercado internacional e a consolidação da liderança local da *DanCake*.

Atualmente, a empresa exporta 75% da sua produção para 71 países dos diferentes continentes, entre eles, Europa, América do Norte, América Latina, África, Ásia e Oceânia.

Tem duas instalações fabris em Portugal, empregando cerca de 500 trabalhadores, localizadas em Coimbra e em Póvoa de Santa Iria, tendo uma capacidade instalada de 55 toneladas num total de 19 linhas de produção.

A *DanCake* tem um amplo *portfolio* de produtos desde *butter cookies*, tortas, palitos, bolachas, mil folhas, tostas, biscoitos, bolos, entre outros. Este *portfolio* é ajustado às diferentes necessidades dos seus consumidores e canais de distribuição de qualquer lado do mundo, como hiper e supermercados, lojas de retalho e de conveniência, com os quais tem relações de confiança e duradouras.

A empresa possui linhas de produção automatizadas com diversas tecnologias, como a tecnologia dinamarquesa, para a produção de bolos familiares, tortas, tostas de luxo e bolachas de manteiga e a tecnologia italiana, na produção de mil Folhas, *crackers* e palitos.

A unidade fabril da *DanCake*, em Coimbra, opera num regime de três turnos (0h-8h;8h-16h;16h-0h) e está organizada em linhas de produção, sendo que algumas linhas estão destinadas a produzir um determinado produto e outras possuem flexibilidade para produzir produtos diferentes.

3.2. Caracterização da Linha de Produção

3.2.1. Produto

A linha em estudo, linha 8, dedica-se à produção de palitos, inspirados na receita tradicional Italiana, similares ao da Figura 3.1. A linha tem a capacidade de produzir várias referências para diferentes clientes, com ligeiras diferenças nas matérias-primas utilizadas na fase de amassagem, mas apenas é produzido este tipo de produto.



Figura 3.1. Produto produzido na Linha 8 (Palitos).

As matérias-primas necessárias para a massa dos palitos são: quebras, produto que é reaproveitado da linha e moído e que volta a ser reincorporado na massa (quando necessário); água da rede; açúcar granulado; xarope glucose-frutose; pirofosfato ácido sódio; bicarbonato de amónio; bicarbonato sódio; farinha de trigo; ovo inteiro; aromas de limão e de baunilha e leite magro em pó (para algumas referências).

3.2.2. Processo Produtivo

A organização em estudo apresenta uma estratégia de produção mista, pois parte da produção é realizada por encomenda – MTO, e outra parte é realizada para stock – MTS.

A produção MTO é realizada para um conjunto de clientes, de forma a satisfazer as suas necessidades e especificidades em termos de produtos e quantidades. Após a realização da encomenda, esta é analisada pelo *customer service* e de seguida pelos departamentos do planeamento e de aprovisionamento. De acordo com a disponibilidade de todos os materiais necessários em toda a produção, desde as matéria-prima até à expedição, bem como a disponibilidade da linha e de mão de obra, o departamento de planeamento define o planeamento da produção e as ordens de fabrico, respeitando sempre que possível a data de encomenda.

A produção MTS é realizada em função da previsão de vendas. É realizada uma análise em função do *stock* existente e a previsão de vendas sendo assim definida a

quantidade e quando são realizadas essas produções, tendo também em consideração a disponibilidade de todos os materiais necessários, da linha e da mão de obra.

O planeamento da produção é constantemente atualizado de forma a dar resposta às necessidades da empresa. Após este estar definido, as ordens de fabrico provocam um conjunto de necessidades na plataforma X3, entre elas:

- de materiais de embalagem, os quais são fornecidos à fábrica pelo armazém;
- de matérias-primas, a serem pesadas na sala de pesagens ao lado do armazém;
- de matérias-primas, do armazém 0, a serem pesadas pelos operados na linha de produção.

Todos os valores referentes ao número de massas a produzir, doses e quantidades a serem pesadas estão presentes na plataforma X3, permitindo um melhor acompanhamento de todo o processo. À medida que as massas vão sendo feitas, o sistema permite fazer um abate de *stock*, o que faz com que o sistema de inventários esteja sempre atualizado.

De forma que todo o processo decorra na normalidade, o responsável pelo armazém de matérias-primas verifica no dia anterior se há conformidade entre o *stock* existente e as necessidades de matérias-primas do dia seguinte.

O armazém abastece ao longo do dia os materiais de embalagem à linha de produção e ao fim de cada turno de trabalho ou ao fim da ordem de fabrico, é feito o consumo dos materiais no sistema sugerido pela quantidade de produto acabado. Todos os materiais que não forem consumidos são devolvidos ao armazém.

No final de cada produção, é feita a declaração de produção a qual é rececionada pelo armazém de produto acabado, ficando o produto acabado pronto para expedição.

A linha em estudo opera de forma contínua, mas apenas está em funcionamento de acordo com a necessidade de produzir e procura. No ano de 2021, a linha teve uma produção de 779 029,6 Kg sendo que tem uma cadência de produção de 8,7 tabuleiros por minuto, o que equivale a aproximadamente 836 palitos por minuto.

Esta linha é composta por um conjunto de 20 equipamentos, e está dividida por um conjunto de fases: a fase de amassagem, onde são feitas as massas, a fase de formação,

onde é formado o palito e, por fim, pela fase de embalagem. O *layout* da linha está representado no APÊNDICE A.

O processo da linha 8 é iniciado com a pesagem manual e automática de matérias-primas e termina com a expedição do produto acabado, em paletes.

As matérias-primas são obtidas de fornecedores externos à *DanCake*, sendo armazenadas em silos no exterior da fábrica e no armazém. O açúcar granulado e a farinha são armazenados nos silos, os ovos são armazenados em potes dentro de câmaras de refrigeração, e as restantes matérias-primas e materiais de embalagem são armazenados no armazém.

Devido a questões de segurança alimentar, antes de serem armazenadas, são retiradas amostras de todas as matérias-primas e são testadas em laboratório, com exceção dos ovos que são analisados apenas no momento de abertura do pote.

O açúcar granulado e a farinha são pesados automaticamente por um sistema de balanças; os ovos, o bicarbonato de amónio e o xarope glucose-frutose são pesados manualmente na zona de pesagem no armazém e o pirofosfato ácido sódio, o bicarbonato sódio e os aromas de limão e de baunilha são pesados manualmente na linha de produção pelo operador responsável por fazer a massa, uma vez que estão também guardados em recipientes na zona de amassagem.

Em cada turno, existe um chefe de massas, operador encarregue de assegurar para todas as linhas de produção que o processo de amassagem é feito em conformidade e de validar os consumos de matérias-primas.

O chefe de massas ou operador da zona de formação do produto dirige-se à zona de pesagens do armazém e abastece a linha com as matérias-primas já pesadas e guardadas em sacos e recipientes individuais devidamente identificados, sempre que há uma mudança de receita ou quando é necessário (esta gestão é feita visualmente pelo operador).

É também feito, uma vez por turno, o abastecimento da linha do armazém de óleo desmoldante e farinha de arroz, matérias-primas necessárias para a máquina do óleo e farinhador, respetivamente, ficando guardadas na linha perto das máquinas.

Após o abastecimento da linha o processo continua na fase de amassagem, em que as matérias-primas são introduzidas na batadeira. Após a massa estar concluída esta é transportada através de um tubo para a máquina de formação, onde é injetada para tabuleiros e o produto percorre a linha até à fase de embalagem, onde é feita a unidade de venda, a

paletização e consequente expedição. O fluxograma de todo o processo produtivo encontra-se no ANEXO A.

3.2.2.1. Fase de Amassagem

Após o abastecimento de matéria-prima à linha dá-se a formação da massa dos palitos na bateadeira. De forma a dar início ao processo de amassagem, o operador responsável por fazer a massa seleciona a receita no sistema de modo a dar início à pesagem automática das matérias-primas armazenadas nos silos e dá ordem de descarga das mesmas na bateadeira. Posteriormente, são introduzidas na bateadeira pelos operadores as matérias-primas previamente pesadas, na zona de pesagem, e as que são pesadas na linha pelo operador.

Após todas as MP estarem na bateadeira, dá-se a amassagem com um tempo de batimento variável de acordo com a receita e tipo de massa, tendo em média um tempo de 5 minutos e 30 segundos. Durante este tempo o operador pesa as matérias-primas necessárias para a próxima massa e coloca-as numa superfície junto à bateadeira. Para o processo, desde a pesagem até ao batimento da massa, estar concluído, são necessários cerca de 14 minutos.

Após a massa estar formada é feito um controlo da densidade e temperatura da massa e esta é transportada através de tubagem para um “panelão”, que funciona como um *buffer*, com capacidade para 2 massas. A passagem da massa para o “panelão” pode ser feita automaticamente, com o auxílio de sensores, ou acionada pelo operador.

A massa é transportada do “panelão”, através de tubagem para um depósito intermédio com crivo, onde é feita incorporação de ar e filtragem da massa. É necessário fazer a mudança de filtro do depósito uma vez por turno.

Dado que é uma massa líquida, ao ser injetada no “panelão” ocorre mistura de massas. É então considerado que a massa demora cerca de 10 minutos a percorrer a tubagem desde o “panelão” até à máquina de formação.

De notar que, uma vez por turno, é necessário fazer o “circuito de ovos”, que consiste na limpeza de toda a tubagem por onde os ovos circulam até chegarem à bateadeira.

3.2.2.2. Fase de Formação

A fase de formação engloba todas as etapas desde a limpeza dos tabuleiros, com o auxílio de escovas, até à entrada dos mesmos no forno.

De forma a permitir a desmoldagem dos palitos, os tabuleiros são previamente revestidos com óleo desmoldante e farinha, passando primeiro pela máquina do óleo, constituída por um depósito com filtro, e seguidamente pelo farinhaador.

Após a incorporação de ar no depósito intermédio com crivo, a massa é transportada através de tubagem até à máquina de formação onde é injetada através de bicos em tabuleiros. Os tabuleiros são constituídos por moldes com a forma dos palitos, como se vê na Figura 3.2. A máquina de formação é composta por 2 réguas, cada uma com 2 filas de 24 bicos.



Figura 3.2. Processo de injeção de massa.

Nesta fase, de forma a monitorizar e manter a estabilidade do processo, são feitos três tipos de controlo. É feito um controlo de densidade da massa (peso específico) 10 minutos após o batimento de cada massa, é realizado um controlo do peso nominal do palito, de 10 em 10 minutos, através da medição do peso das guias (corresponde ao 12º bico) da 1ª e 2ª régua de forma alternada. É também feita a verificação individual do peso de cada bico das réguas ao início e a meio de cada turno.

Nesta fase é também de grande importância a atenção e controlo visual por parte dos operadores da zona de formação. Caso seja necessário, os parâmetros da máquina de

formação e da máquina de injeção de ar são ajustados de forma que o peso esteja dentro dos valores permitidos.

Após a injeção da massa nos tabuleiros, estes são transportados até à máquina de cobertura onde ocorre a decoração com açúcar e onde é posteriormente retirado o excesso do açúcar através de um aspirador. O açúcar utilizado na cobertura dos palitos é abastecido manualmente de um contentor para o silo intermédio da máquina de cobertura através de um aspirador.

As etapas desde a máquina de formação, ou seja, injeção da massa, até à entrada dos tabuleiros do forno têm uma duração de cerca de 2 min. Nestas fases estão alocados 2 operadores, 1 encarregue de fazer as massas e outro encarregue de fazer o controlo e manter a estabilidade de todo o processo.

3.2.2.3. Forno e Zona de Arrefecimento

Posteriormente, os tabuleiros seguem em direção ao forno composto por 3 queimadores onde ocorre a cozedura dos palitos com uma duração de 13,5 minutos. De seguida, os tabuleiros são transportados ao longo de duas zonas de arrefecimento natural compostas por ventoinhas intercaladas pela máquina de desmoldagem, onde é feita a desmoldagem dos palitos de forma a facilitar a posterior retirada dos mesmos dos tabuleiros. Após a fase de arrefecimento, existe uma zona de elevadores, o silo tabuleiro embalagem, que serve como *buffer* da linha. Os tabuleiros demoram cerca de 18 minutos desde a entrada do forno até à fase de embalagem.

3.2.2.4. Fase de Embalagem

Após os tabuleiros percorrem a zona de arrefecimento chegam à fase de embalagem que começa com a desenformagem automática dos palitos no pantógrafo através de ventosas.

Após a desenformagem, os tabuleiros vazios seguem novamente para a zona de formação, passando por uma zona de limpeza, onde são pulverizados com farinha e limpos de forma automática com o auxílio de escovas. De seguida, os tabuleiros são armazenados numa zona de *buffer*, passando novamente por outra zona de limpeza composta por escovas e por um sistema de sopro, ficando assim disponíveis a serem utilizados novamente.

Na desenformagem os palitos são colocados num tapete onde ocorre o alinhamento do produto para a máquina de embalar. Os 24 palitos são alinhados e posteriormente divididos em grupos de 12 de forma a serem embalados nos pacotes individuais. É crucial que na zona de alinhamento haja uma grande atenção por parte dos operadores de forma a garantir que o número de palitos seja 24, de forma a não causar problemas na máquina de embalagem, sendo então necessário colocar manualmente os palitos em falta.

Os palitos seguem até às máquinas de embalagem para serem embalados em película formando pacotes individuais de 100 gr (de 12 palitos) na máquina 1 de embalagem, e posteriormente embalados em pacotes de 200gr ou de 400gr na máquina 2 de embalagem.

É de grande importância o controlo visual e a proatividade por parte do operador junto da máquina 1 embalagem, uma vez que é necessário que os palitos ao passarem nesta máquina estejam alinhados de forma que não encravem nem sejam partidos pela mesma. A performance desta máquina é bastante afetada pela uniformidade dos palitos, ou seja, é de grande importância a fase de formação do produto, de forma a garantir a estabilidade ao longo de todo o processo.

Após estarem formados os pacotes individuais, há um controlo automático e visual por parte dos operadores das embalagens não conformes, as quais são abertas e o produto é recuperado ou é colocado num contentor para o lixo. Posteriormente estas embalagens passam pelo detetor de metais de forma a garantir que não existe a presença de metais ferrosos, metais não ferrosos (alumínio) e de aço inox. De forma a verificar a existência de falsas rejeições do detetor de metais é feito um controlo de hora a hora pelo departamento da qualidade em que são colocadas barras de metais nas embalagens individuais.

Na fase seguinte ocorre a marcação das embalagens de 200gr ou de 400gr, a pedido do cliente, e o controlo de peso das embalagens, tendo como objetivo verificar se o produto está dentro dos valores definidos de peso. Sempre que necessário é transmitida informação aos operadores da fase de formação do produto de forma a regular os valores do peso. Nesta fase há também a verificação de falsas rejeições de forma a verificar se a balança está devidamente calibrada.

Após o controlo de peso, os pacotes são embalados manualmente por operadores nas unidades de venda, em caixas, que de seguida passam pela máquina de etiquetas para a

marcação das mesmas. Após a marcação, é feita a paletização por um operador, devidamente identificada com a etiqueta EAN-1 28, que de seguida é armazenada no armazém de produto acabado e por fim expedida. Todas as etapas da fase de embalagem até a paleta estar concluída têm uma duração média de 30 minutos.

Ao longo de todo o processo produtivo é gerado um conjunto de resíduos e quebras que, por razões de segurança alimentar, são colocados em sacos e baldes devidamente diferenciados por cores de acordo com o destino, como reciclagem, alimentação animal, lixo e reaproveitamento.

3.2.2.5. Documentos

Em cada turno e para cada ordem de fabrico há um conjunto de documentos que têm como objetivo emitir instruções de trabalho para os operadores e que servem também como registo de controlo. O conjunto de todos estes documentos constituem o relatório de turno, que é, posteriormente, analisado pelo controlo industrial e armazenado.

Cada ordem de fabrico dá origem a vários documentos:

- um documento da fase de pesagem e amassagem e um documento da fase de formação, que incluem as instruções de fabrico, a receita da massa e o registo do controlo de peso e densidade da massa;
- um conjunto de documentos da fase de embalagem, onde estão as instruções de marcação das embalagens e das caixas, os materiais de embalagem necessários (películas, fita cola, caixas e paletes), e também as instruções de paletização, consoante o cliente.

3.3. Indicadores de Desempenho

De forma a avaliar e monitorizar o desempenho da fábrica, são realizadas reuniões diariamente onde são analisados três KPI's (*Key Performance Indicators*) referentes ao dia anterior de todas as linhas de produção, os quais são afixados numa sala anexa ao chão de fábrica.

Os KPI's analisados são: o OEE (*Overall equipment effectiveness*) que combina utilização, performance e o fator de qualidade das linhas de produção; a percentagem de desperdício, que representa todas as quebras de cada linha, e a percentagem de sobrepeso que representa o desvio do peso real do produto do seu peso teórico.

Cada chefe de linha, em cada turno, está encarregue de preencher o documento de registo de paragens e quebras, onde indica o equipamento onde ocorreu a paragem e os kg de quebras e de introduzir esses dados na plataforma X3, sendo que este registo está condicionado com a forma de proceder e rigor de cada chefe de linha. O departamento de controlo industrial, valida os valores da plataforma X3, os quais são inseridos automaticamente num *excel*, o *draft*. Posteriormente, os dados do *draft* são inseridos automaticamente no SGD, do qual resultam os valores dos KPI's a analisar.

Nas reuniões diárias são analisados os resultados do dia anterior e os problemas que ocorreram, os quais são escritos num quadro de forma a facilitar a discussão. Dessa análise e discussão, com todos os membros das várias equipas, resultam planos de ação a implementar.

Para além de haver a monitorização diária do desempenho da fábrica são também feitos *reports* semanais em que são definidos 3 *focus* com o objetivo de reportar os KPI's que prejudicam mais a eficiência da fábrica e nos quais deve haver um maior foco. Nesses *reports* é feita uma análise da evolução dos valores de OEE e, com o começo do estágio curricular, passou também a ser incluída uma análise da localização das quebras e dos principais motivos que as originam. Durante o estágio curricular a elaboração desta documentação, como pontos de situação, relatórios, apresentações, *reports* semanais, entre outros, eram da minha responsabilidade. No início de cada semana é também feita uma análise dos resultados dos *focus* da semana anterior, de forma a monitorizar e reportar desvios.

4. APLICAÇÃO DO CICLO DMAIC

De forma a atingir o objetivo de reduzir o desperdício da linha de produção é fundamental identificar e eliminar as causas raiz que levam a esse desperdício, sendo necessária a compreensão e descrição feita anteriormente.

Deste modo, este capítulo centra-se na abordagem *Six Sigma*, mais concretamente no desenvolvimento do ciclo DMAIC, uma metodologia que tem como objetivo a melhoria de processos já existentes, tal como Markarian (2004) refere na literatura, sendo utilizado como a estrutura para o estudo dos problemas que originam os desperdícios da linha de produção. Neste sentido, as cinco fases do ciclo DMAIC são desenvolvidas a seguir.

4.1. Fase Definir (*Define*)

A primeira fase do ciclo DMAIC é definir (*define*), e é nesta fase que o problema a resolver e os aspetos principais do projeto devem ser bem definidos de forma que a importância no contexto da organização seja evidenciada, garantindo o alinhamento com os objetivos da mesma.

4.1.1. Identificação do problema, objetivos e âmbito do projeto

As principais tarefas desta fase são a identificação e seleção do problema, a definição do objetivo do projeto, o que permite transformar o objetivo numa medida quantificável, e a definição e compreensão do âmbito do projeto de forma a estabelecer limites e aumentar o foco e motivação da equipa de melhoria.

A ferramenta selecionada para esta fase é o *project charter*, que pode ser consultado no APÊNDICE B. Na criação do *project charter*, foram feitas algumas etapas, entre elas a definição do problema e oportunidade de negócio, do objetivo do projeto, do âmbito do projeto, da equipa envolvida e dos principais *milestones* do projeto.

Definição do Problema

A *DanCake* e a indústria em que se insere enfrenta um conjunto de desafios que força a adotar e melhorar estratégias de qualidade e a aumentar a sua produtividade de forma a se manter competitiva. Noorwali (2013) referiu que estes desafios, juntamente com a alta competitividade característica da indústria alimentar, pressionam as empresas a reduzir os seus custos e desperdícios conseguindo assim aumentar a sua eficiência.

Surge, então, a necessidade de reduzir o desperdício da linha de produção de forma a aumentar a eficiência das operações, traduzindo-se na redução de encargos financeiros para a empresa e numa maior qualidade do produto, que por sua vez tem um impacto positivo na satisfação dos clientes.

O *project charter* permite identificar com clareza o projeto que se centra na redução do desperdício da linha de produção dos palitos através do desenvolvimento e acompanhamento de melhoria contínua. Tem como objetivo identificar e colmatar os atuais problemas que têm maior influência no desperdício da linha.

Definição do Objetivo

Este projeto tem como objetivo: Reduzir a percentagem de desperdício na linha de produção de palitos para um valor igual ou inferior a 3,9%. Este valor corresponde ao indicador de desempenho utilizado pela empresa de forma a avaliar e monitorizar o desempenho desta linha, sendo um valor definido pela direção da organização.

O cumprimento do objetivo definido neste projeto está condicionado ao tempo de estágio reduzido e à disponibilidade para implementação das ações de melhoria propostas.

Definição do Âmbito

A definição do âmbito é fundamental para o estabelecimento dos limites do projeto e para que a equipa de melhoria concentre os seus esforços de forma a atingir o objetivo do projeto. O âmbito do presente projeto engloba:

- Quantificar e localizar o desperdício na linha de produção continuamente;
- Monitorizar e reportar desvios do processo;
- Identificar as causas que levam a maior desperdício no processo;
- Colmatar as principais causas de desperdício.

Definição da Equipa

Na definição da equipa de melhoria foi considerada a elevada importância da cooperação e integração de pessoas que estão ligadas diretamente e intervêm diariamente com a linha de produção. Foram seleccionadas pessoas de diversas áreas permitindo o compartilhamento dos vários conhecimentos, de forma que o resultado desejado seja alcançado.

A equipa é composta por: um gestor de projeto, Mariana Oliveira, que tem como objetivo liderar a equipa de melhoria, por elementos da direção da produção, elementos do departamento da manutenção e por técnicos de controlo de qualidade. Com a ação conjunta destes elementos será possível encontrar as causas raiz associadas a este problema e definir ações de melhoria.

Estando a primeira fase do ciclo DMAIC definida, as secções seguintes dedicam-se às próximas etapas deste ciclo, *measure*, *analyse* e *improve*.

4.2. Fase Medir (*Measure*)

4.2.1. Recolha de Dados

Na fase Medir do ciclo DMAIC foram recolhidos os dados referentes aos quilogramas desperdiçados na linha de produção desde o final do mês de fevereiro até ao início do mês de maio de 2022. A escolha deste período para recolha de dados deve-se ao facto de não haver anteriormente na empresa um tratamento detalhado acerca do desperdício associado à linha de produção, surgindo então necessidade de fazer a recolha destes dados durante a realização do estágio.

De forma a obter mais informação e maior detalhe acerca do desperdício da linha houve a necessidade de sensibilizar os operadores e as chefes de linha a serem mais específicas no preenchimento do registo de paragens e quebras, para que o registo dos quilogramas desperdiçados e dos motivos que levam a esses desperdícios fosse feito com maior rigor. A recolha de dados durante o período de estágio permitiu, através de entrevistas não estruturadas aos operadores e da observação direta de todo o processo, que a informação fosse complementada.

Para o tratamento dos dados recolhidos, foi necessário categorizar os quilogramas desperdiçados de acordo com a localização na linha de produção, ou seja, o

equipamento, ou o motivo do desperdício. Para tal, recorreu-se a uma lista de códigos com o conjunto de equipamentos e possíveis motivos, previamente definida pela empresa, mas a qual não estava a ser utilizada para tratamento de dados.

Uma vez que, a linha em estudo não tem uma produção contínua, os dados recolhidos no período de 21/02/2022 a 04/05/2022, correspondem a 44 dias de trabalho e a um total de 93 turnos, nos quais houve um total de 8927 quilogramas desperdiçados.

Foi criado um ficheiro *excel*, de forma a registar e fazer uma análise mais profunda, sendo possível identificar as localizações e os motivos principais que originam os quilogramas de desperdício na linha dos palitos. Dos dados recolhidos resultou um conjunto de 19 equipamentos e motivos, os quais estão representados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Identificação dos equipamentos e motivos de desperdício.

Códigos dos equipamentos e motivos de desperdício	
E04	Máq. Formação 1
E05	Máq. Pintura/Cobertura
E09	Forno
E10	Arrefecimento
E21	Máq. Embalar 1
E22	Máq. Embalar 2
E29	Máq. desmoldagem
E30	Silo Tabuleiros
E31	Pantógrafo
E32	Escovas/Limpeza
E59	Mudança fabrico / Mudança massa
E60	Arranque da linha (enchimento)
E62	Limpeza da linha
E63	Retificar / Nova massa

E65	Produto não conforme
E68	Afinações
E72	Falta de matéria-prima
E78	Anomalias externas
E79	Formação produto

Analisando o gráfico da Figura 4.1, é possível concluir que as localizações onde ocorre maior desperdício e os principais motivos são a formação de produto, a máquina 1 de embalagem, o arranque de linha e o produto não conforme.

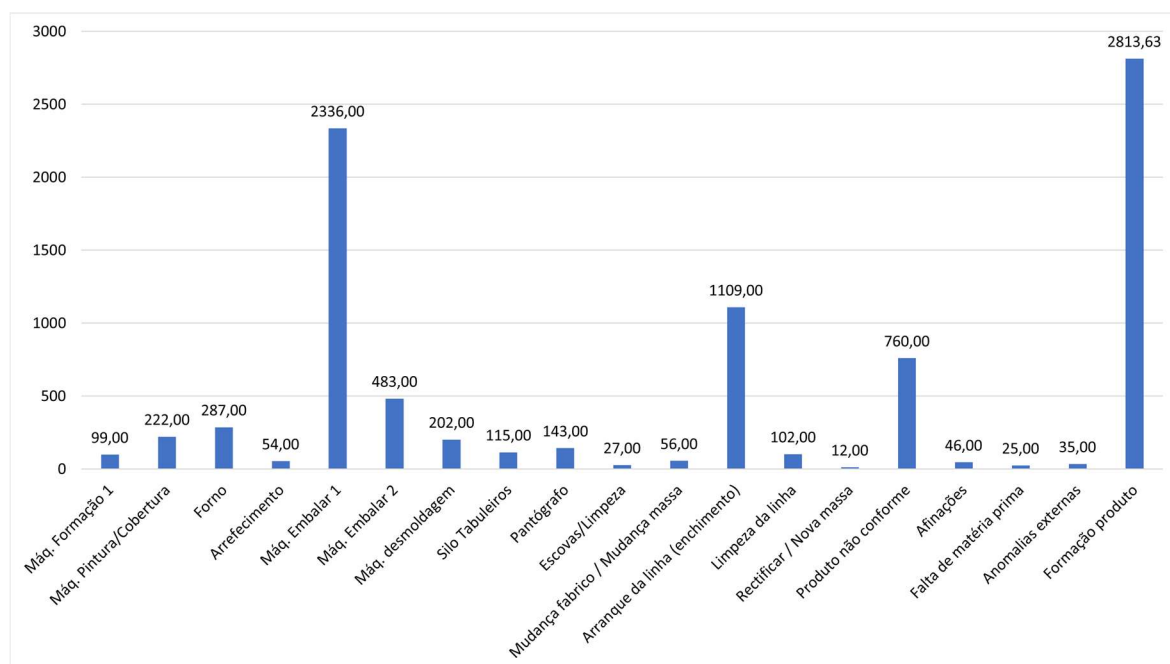


Figura 4.1. Quilogramas de produto defeituoso por Localização/Motivo na linha de produção.

A formação de produto, representa o maior valor de desperdício associada à linha dos palitos, cerca de 2 813,6 Kg, e engloba todas as quebras relacionadas com o produto mal formado, as quais não podem ser associadas a um equipamento específico da zona de formação, pois não são causadas por problemas técnicos do próprio equipamento, ou seja avarias, ou porque podem estar associadas a diferentes causas.

A segunda localização, com 2 336 Kg de quebras, é a máquina 1 de embalagem onde são formados os pacotes individuais de 100 gr. Nesta máquina o desperdício deve-se ao descontrolo da máquina e ao facto de esta cortar o produto. Tal acontece devido ao

produto estar mal formado e fora dos parâmetros definidos, ou seja é uma consequência dos problemas da fase de formação do produto, ou devido a problemas técnicos da própria máquina, como por exemplo desafinação.

O valor de desperdício associado ao arranque de linha, aproximadamente 1 109 Kg, reflete que a linha não produz continuamente, o que levou a vários arranques ao longo do período de recolha de dados. Sempre que ocorre o arranque da linha há duas razões principais que geram desperdício, a primeira associada ao produto fora das dimensões e especificações até o processo estabilizar e a segunda relacionada com a temperatura do forno, que até ficar estável leva a que os primeiros palitos a serem produzidos saiam queimados.

A categoria produto não conforme representa os palitos que caem no chão e produto que não está conforme, mas que não foi bem especificado por parte das operadoras de forma a poder ser associado a algum equipamento ou motivo.

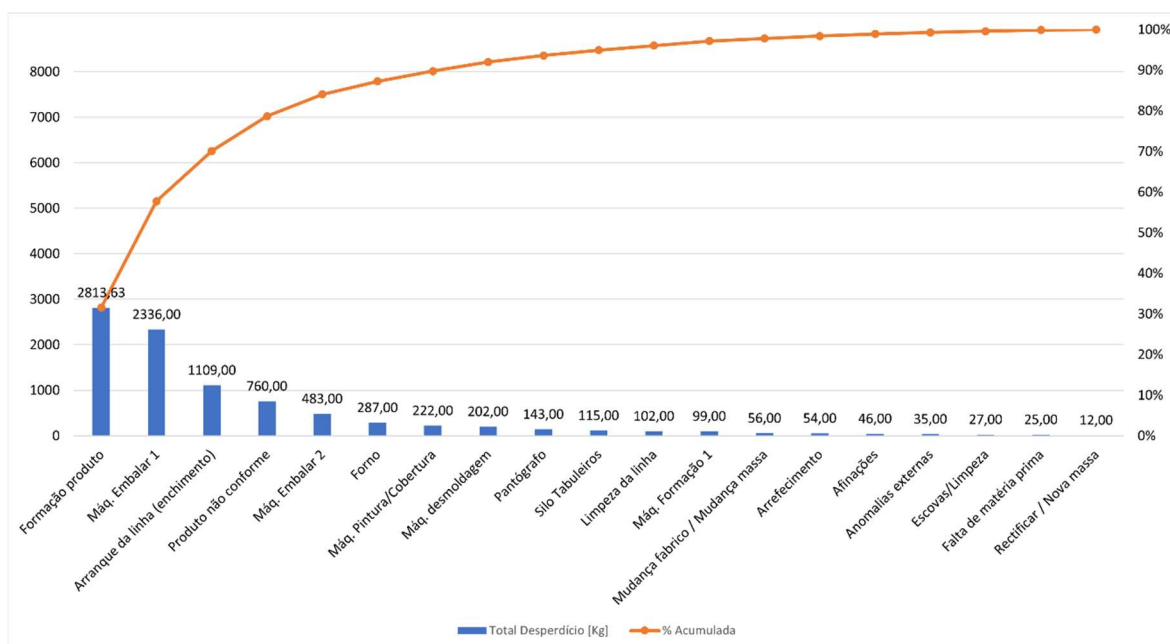


Figura 4.2. Análise de Pareto dos Kg de produto defeituoso por localização.

Através da análise de Pareto, representada na Figura 4.2, é possível concluir que a formação de Produto representa cerca de 31% da totalidade de quilogramas desperdiçados da linha e através da Figura 4.3 verifica-se que em alguns dias a percentagem de desperdício nesta fase supera o *target* definido para toda a linha de produção, sendo este valor o objetivo definido para este projeto. Estas análises permitem direccionar de forma mais eficiente os

esforços da equipa de melhoria, uma vez que são identificadas as fontes mais comuns dos problemas, assegurando melhores resultados e consequentemente uma otimização dos recursos utilizados.

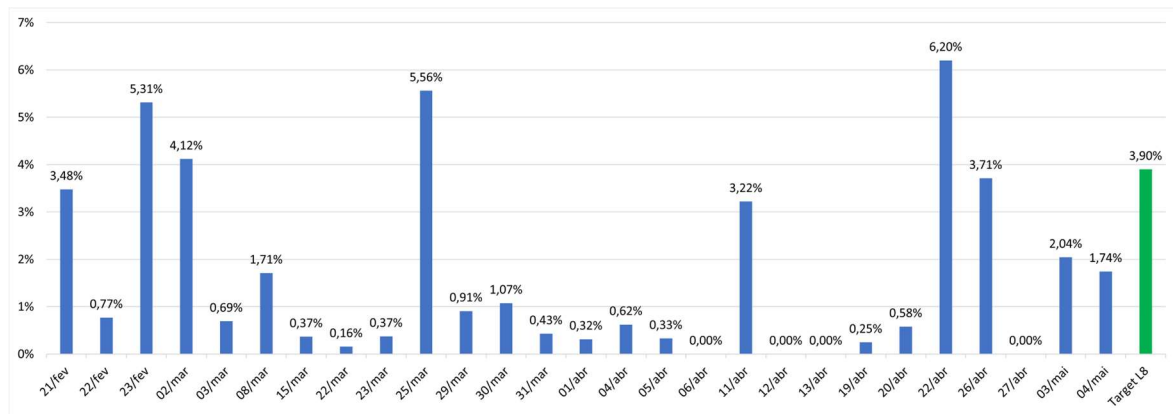


Figura 4.3. Evolução da % de Kg de produto defeituoso na zona de Formação de produto.

A formação do palito tem influência no comportamento do produto nas fases seguintes, uma vez que é necessário que o palito esteja dentro das dimensões e especificações de peso e visualmente conforme, de forma a garantir a estabilidade de todo o processo. Quando o produto não está em conformidade tem de ser rejeitado nas fases seguintes do processo, gerando assim desperdício. Os problemas na formação do produto geram problemas nos restantes equipamentos da linha de produção, uma vez que estão parametrizados e afinados de acordo com as dimensões definidas para o produto. O equipamento cuja performance é mais afetada por produto mal formado é a máquina 1 de embalagem, uma vez que para a formação dos pacotes individuais de 100 gr, a máquina está afinada para formar e cortar os pacotes de acordo com as dimensões da embalagem, sendo então necessário que o palito esteja nas devidas dimensões. Quando tal não acontece a máquina descontrola, e em vez de cortar só a película corta também o produto, gerando desperdício.

Devido ao impacto causado por produto mal formado e ao efeito de arrastamento ao longo de toda a linha de produção, as próximas fases do ciclo DMAIC vão-se concentrar na fase de formação de produto.

Através dos dados recolhidos e tendo agora o foco na formação do produto foi possível analisar o desperdício com maior detalhe e obter um conjunto de 13 anomalias que ocorrem nesta fase, como está representado na Figura 4.4. Mais uma vez, a recolha e

tratamento dos dados está condicionado pelo rigor dos operadores e chefes de linha em especificar e associar os quilogramas desperdiçados aos diferentes motivos e anomalias.

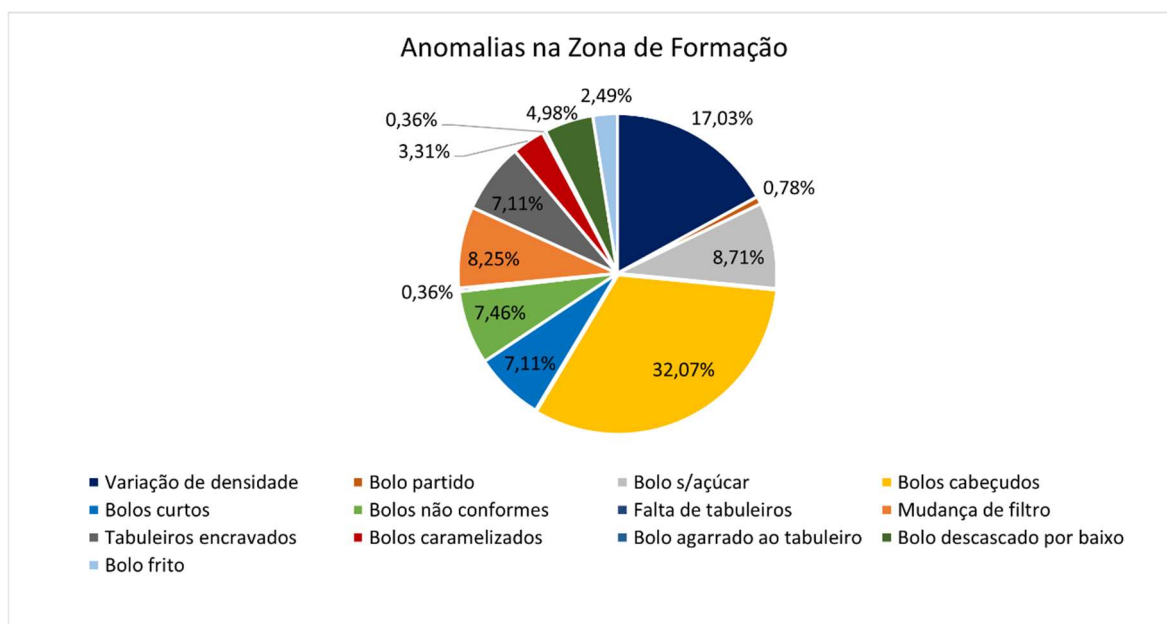


Figura 4.4. Anomalias na zona de Formação de produto.

Através da Figura 4.4 é possível observar que as anomalias com maior expressão são os bolos cabeçudos, representando cerca de 32,1% do desperdício na formação de produto, seguido da variação de densidade com uma percentagem de 17%, os bolos sem açúcar com 8,7%, a mudança do filtro com 8,2%, os bolos não conformes com 7,5% e os bolos curtos com 7,1%.

O conjunto das anomalias vão ser analisadas com maior detalhe no próximo subcapítulo bem como as diferentes condicionantes que poderão estar na sua origem.

4.3. Fase Analisar (*Analyse*)

4.3.1. Identificação e Descrição das anomalias do processo e respectivas causas

A recolha de dados na fase anterior do ciclo DMAIC, relativamente ao desperdício da linha de produção dos palitos, permitiu identificar as principais localizações direcionando a equipa de trabalho para a localização onde o valor de desperdício é superior, sendo também possível identificar as anomalias que aí ocorrem. Deste modo, o próximo passo é identificar as possíveis causas e falhas associadas ao processo e que têm como consequência desvios. Para tal foram efetuadas sessões de *brainstorming* com a equipa de

melhoria, a direção da produção e da manutenção e técnicos de controlo de qualidade. A partilha de ideias permitiu explorar a problemática tirando partido das diferentes perspetivas e áreas de conhecimento e da experiência e conhecimento empírico de quem está diariamente em contacto com a linha de produção, permitindo fazer uma melhor análise das fontes do problema.

De forma a reunir as possíveis causas que originam desperdício, mais concretamente, para as anomalias na fase de formação de produto, foi utilizado um diagrama de causa e efeito. Para esta análise, do conjunto das anomalias foram seleccionadas 6 com maior prioridade de resolução. Devido à falta de dados a elaboração do diagrama teve como base o conhecimento empírico e a vasta experiência dos membros da equipa de projeto. As causas raiz que originam as falhas no processo estão representadas na Figura 4.5.

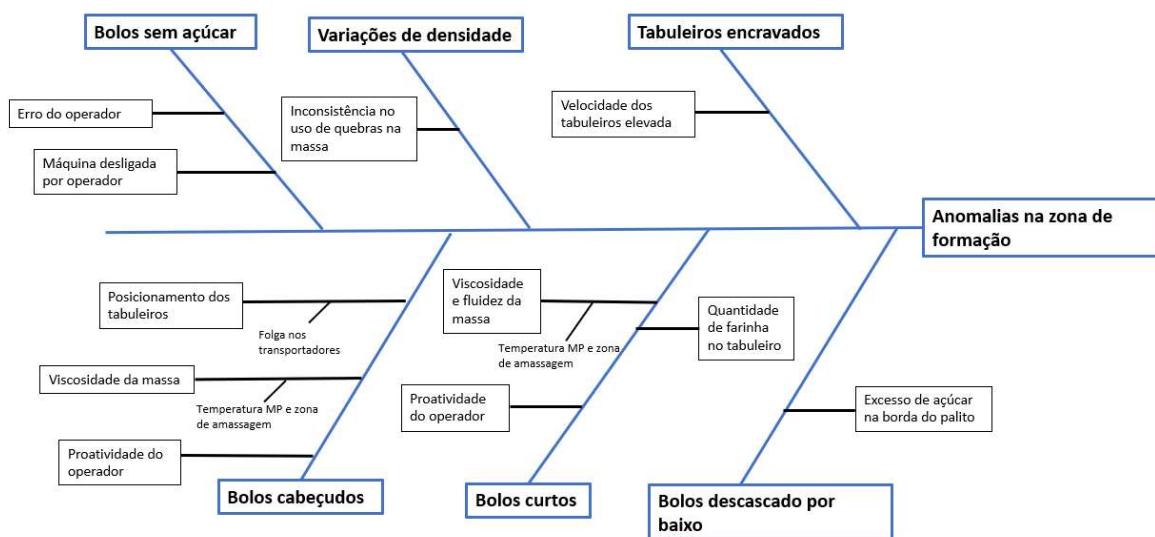


Figura 4.5. Diagrama de Ishikawa das Anomalias da zona de Formação.

Nesta fase deu-se destaque a 6 anomalias:

- Bolos cabeçudos;
- Variações de densidade;
- Bolos sem açúcar;
- Tabuleiros encravados;
- Bolos curtos;
- Bolos descascados por baixo.

Essa decisão deve-se ao facto de o desperdício associado à mudança de filtro ser inerente ao processo uma vez que é necessário trocar o filtro da máquina de incorporação de ar 1 vez por turno. Apesar da máquina estar equipada com dois filtros para que possam ser utilizados de forma intercalada, evitando assim a paragem da linha de produção, sempre que ocorre essa troca de filtro, há um período de tempo em que a massa demora a voltar a estabilizar levando a alterações no comportamento e características da massa na injeção e consequentemente a desperdício.

Os bolos não conformes também não foram incluídos nesta fase do ciclo uma vez que é uma categoria que quantifica o desperdício gerado na zona de formação que não é descrito de forma adequada por parte dos operadores.

De seguida é feita uma descrição das causas das 6 anomalias destacadas para esta análise.

Bolos cabeçudos

Como se pode observar na Figura 4.6, os bolos cabeçudos são palitos que não têm as devidas dimensões, uma vez que têm uma das extremidades maior, não sendo um palito uniforme de uma extremidade à outra. Tal como foi referido anteriormente, a falta de uniformidade do palito terá consequências ao longo de toda a linha de produção. Através da observação direta do local de trabalho, foi possível analisar as possíveis falhas associadas ao processo que estão na origem dos bolos cabeçudos. A principal causa é o posicionamento dos tabuleiros no momento em que estes passam por baixo da máquina injetora, quando a massa é injetada.



Figura 4.6. Palitos cabeçudos.

Como se pode observar na Figura 4.7, o que leva a que uma extremidade do palito esteja maior que a outra é o facto da massa ser injetada fora do molde. Como a injeção da massa começa depois do ponto definido o ponto onde termina a injeção ultrapassa o limite definido no molde, fazendo com que essa extremidade fique mais levantada. Após observar várias vezes o procedimento de injeção da massa, foi possível concluir que a injeção da massa apresenta um comportamento diferente em cada tabuleiro. Uma vez que a massa a ser injetada é a mesma, os tabuleiros são todos iguais e os parâmetros da máquina injetora permanecem inalterados, sendo estes a abertura e fecho da régua, ou seja, o início e fim da injeção. Chegou-se à conclusão que a causa raiz que provoca diferenças nos palitos é a diferença no posicionamento dos tabuleiros quando passam na máquina de injeção, provocados por folgas existentes nos transportadores.



Figura 4.7. Injeção de massa no tabuleiro: Palitos cabeçudos.

Outra causa que contribui para os bolos cabeçudos são as características da própria massa que resultam em comportamentos diferentes na máquina de injeção. A característica que leva a diferenças no momento de injeção da massa é a viscosidade, sendo esta uma propriedade física que caracteriza a resistência da massa ao escoamento. No momento de abertura dos bicos da régua para injeção da massa, devido à diferença de pressão entre a massa no interior dos tubos e o exterior, há saída de mais massa havendo uma maior acumulação de massa nessa extremidade. Quando a massa é mais viscosa tem uma maior resistência ao escoamento e há uma maior dificuldade de ocupar/tomar a forma do molde, no trajeto até à entrada no forno, fazendo com que haja uma maior tendência a criar palitos cabeçudos.

A proatividade do operador responsável por assegurar a estabilidade da fase de formação dos palitos é também um fator que pode potenciar um maior ou menor desperdício associado a esta anomalia. Devido à variação do comportamento entre massas, é necessário que o operador seja proativo e que tome ações de forma a resolver ou minimizar o impacto dessa variação. A experiência e destreza do operador é bastante importante de forma a detetar o mais cedo possível qualquer anomalia.

Variação de densidade

De forma a analisar as possíveis causas da variação de densidade da massa começou-se por analisar qual é o tipo de massa que apresenta maior desperdício na linha de

produção referente ao período de 21/02/2022 a 20/05/2022. Através da Figura 4.8 é possível observar que a massa com o código 52081.01.17 é a que apresenta um valor de desperdício maior e por essa razão o foco desta análise será este tipo de massa.

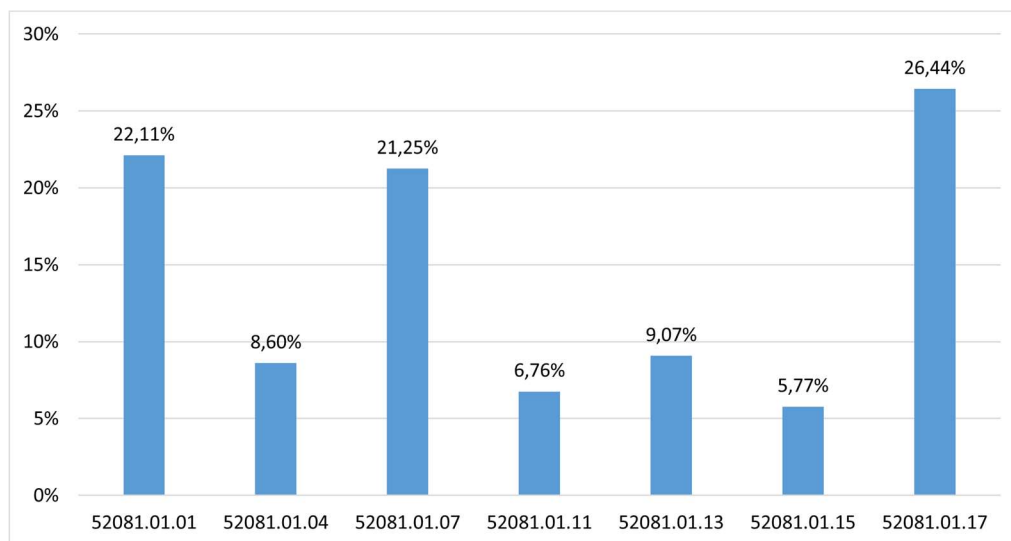


Figura 4.8. % de produto defeituoso por tipo de massa.

Para este tipo de massa foram recolhidos os dados referentes ao período de 04/01/2022 a 08/07/2022 da quantidade de cada matéria-prima e os valores de densidade e temperatura após batimento da massa, tendo sido recolhidos um total de 614 *batches*. Após uma análise dos dados foram retirados todos os *batches* que apresentavam valores inválidos devido a erros na alimentação do sistema informático e também que apenas continham metade da receita, resultando em 589 *batches*.

De forma a garantir que os dados utilizados para análise são representativos foi necessário eliminar os *outliers*. Foi utilizado o método, representado por quartis e inter quartis, que define os limites superior e inferior além dos quais os valores são considerados *outliers* (Wilkinson, 2018). Foram então retirados os valores abaixo de:

$$Q1 - 1.5 IQR, \tag{4.1}$$

e acima de:

$$Q3 + 1.5 IQR, \tag{4.2}$$

em que Q1 e Q3 correspondem respetivamente ao primeiro e terceiro quartil e IQR à distância entre Q3 e Q1, resultando num total de 543 *batches* para serem analisados.

Como tinha sido referido anteriormente, a massa pode conter ou não quebras, ou seja, produto reaproveitado da linha, sendo por isso necessário separar o estudo em *batches* com quebras e sem quebras. Dos 543 *batches*, 330 contêm quebras e 213 não contêm.

Como se pode observar na Tabela 4.2, os valores médios de densidade são semelhantes para massas com e sem quebras, mas os valores de desvio padrão já apresentam uma diferença significativa. A massa sem quebras apresenta um valor de desvio padrão bastante superior ao da massa com quebras, ou seja, apresenta uma dispersão dos valores de densidade em relação ao valor médio superior, levando à conclusão de que quando a massa não inclui quebras há uma maior variação da densidade da mesma.

Tabela 4.2. Valores da densidade para Massa com e sem Quebras.

	Massa com Quebras	Massa sem Quebras
MIN	966,50	927,50
MÁX	1083,50	1100,50
Média	1018,17	1020,11
Desvio padrão	22,70	37,22

Devido à densidade apresentar maior variação quando a massa não contém quebras vai ser feita de seguida uma análise da correlação da quantidade de cada matéria-prima com a densidade de forma a verificar se há também diferenças quando a receita inclui ou não quebras. Para realizar a análise de correlação entre variáveis é necessário primeiro verificar a normalidade dos dados. Uma vez que todos os *batches* têm sempre a mesma quantidade de aroma de baunilha, aroma de limão, xarope e quebras estas matérias-primas não foram incluídas na análise.

Para testar a normalidade dos dados recorreu-se ao teste *Anderson-Darling*. O teste é composto por duas hipóteses: H0: Os dados seguem uma distribuição normal e H1: Os dados não seguem uma distribuição normal. Se os valores de *p-value* forem inferiores ou iguais ao nível de significância ($p\text{-value} < 0.05$), a decisão é rejeitar a hipótese nula, ou seja, os dados não apresentam uma distribuição normal (Ghasemi & Zahediasl, 2012).

Tabela 4.3. Teste *Anderson-Darling*: valores p-value

Variável	Massa com Quebras	Massa sem Quebras
Densidade [Kg/m ³]	P<0.005<0.05	P=0.009<0.05
Temperatura	P<0.005<0.05	P<0.005<0.05
Açúcar granulado a Gr	P=0.098>0.05	P<0.005<0.05
Água da Rede	P<0.005<0.05	P<0.005<0.05
Bicarbonato de Amónio	P<0.005<0.05	P<0.005<0.05
Bicarbonato Sódio Ext fino	P<0.005<0.05	P<0.005<0.05
Farinha Trigo T65	P<0.005<0.05	P=0.035<0.05
Ovo inteiro	P<0.005<0.05	P<0.005<0.05
Pirofosfato Ácido Sódio	P<0.005<0.05	P<0.005<0.05

Como se pode observar na Tabela 4.3, apenas a variável açúcar segue uma distribuição normal quando a massa contém quebras. Uma vez que as variáveis não seguem uma distribuição normal, para fazer uma análise de correlação entre os valores de densidade e as matérias-primas é necessário fazer a análise de Correlação de Spearmann (Hauke & Kossowski, 2011).

Tabela 4.4. Correlação entre densidade e as diferentes variáveis

Variável	Massa com Quebras	Massa sem Quebras
Temperatura	0,298	0,313
Açúcar granulado a Gr	0,218	0,070
Água da Rede	0,178	0,488
Bicarbonato de Amónio	0,375	0,748
Bicarbonato Sódio Ext fino	-0,262	-0,331
Farinha Trigo T65	-0,259	0,002
Ovo inteiro	0,187	-0,138
Pirofosfato Ácido Sódio	-0,301	-0,331

Através da Tabela 4.4 pode-se concluir que as variáveis apresentam diferentes correlações quando a massa contém quebras e quando não contém. É então possível aferir que as quebras têm um efeito nas características da massa, neste caso na densidade da mesma, e que quando a massa não possui quebras há uma maior variação da densidade e instabilidade do processo. Uma vez que por vezes no mesmo dia são feitas massas com e sem quebras o processo possui maior instabilidade levando a uma maior dificuldade em controlar e corrigir as variações de densidade. Através da análise de dados foi também possível observar que a quantidade de matéria-prima em cada *batch* é variável podendo este fator também contribuir para as variações de densidade da mesma. Essas variações estão associadas a problemas nas válvulas dos silos que permitem a passagem de matéria-prima a mais, devido à falta de manutenção das mesmas.

Analisando a Tabela 4.4 é possível aferir que a matéria-prima que tem maior correlação com a densidade da massa é o bicarbonato de amónio. Mas devido ao facto de apenas existirem 4 valores diferentes de bicarbonato de amónio para todos os *batches*, não é possível tirar conclusões a partir desses dados.

De forma a tirar mais conclusões acerca do verdadeiro efeito da quantidade de cada matéria-prima na densidade final da massa será necessário a recolha futura de outro tipo de dados, por exemplo de como a incorporação de ar é feita durante o batimento da massa.

Bolos sem açúcar

A anomalia associada a palitos sem açúcar é resultado de duas possíveis causas: erros cometidos pelos operadores ou quando a máquina de cobertura é desligada propositadamente de forma que os palitos não tenham a cobertura de açúcar.

O erro humano ocorre quando é necessário abastecer o silo intermédio da máquina de cobertura com açúcar. O açúcar é abastecido 2 a 3 vezes em cada turno através de um aspirador. Durante o normal funcionamento o açúcar vai caindo do silo intermédio para o tabuleiro na parte de cima da máquina de cobertura. De modo a dar início à aspiração do açúcar para o silo, o operador carrega num botão para impedir que caia mais açúcar do silo para o tabuleiro da máquina de cobertura. Durante esse processo o tabuleiro da máquina de cobertura tem a quantidade de açúcar necessária para que o processo continue a decorrer, ou seja, para que os palitos continuem a ser cobertos com açúcar. No fim do abastecimento do silo, o operador deveria voltar a ligar o botão voltando ao normal funcionamento da máquina. Quando tal não acontece, o tabuleiro da máquina de cobertura deixa de ter açúcar suficiente levando aos palitos sem açúcar.

Outra causa do produto sem cobertura é quando a máquina de cobertura é propositadamente desligada pelos operadores devido a descontrolos no produto ou quando o produto não está conforme na fase de formação. Desta forma é evitado o gasto desta matéria-prima em produto fora das especificações.

Tabuleiros encravados

O encravamento de tabuleiros na zona de formação ocorre quando os parâmetros de velocidade dos tabuleiros estão inadequados. Os tabuleiros avançam na linha de produção através de transportadores e são comandados através de um motor mecânico. O encravamento é potenciado quando os tabuleiros são empurrados com mais velocidade que o necessário. Devido ao uso ao longo dos anos alguns tabuleiros estão deformados tendo algumas extremidades mais levantadas. Ao serem empurrados com mais força os tabuleiros batem no sistema que controla o avanço dos mesmos e saem do sítio ficando encravados. A atenção do operador é essencial de forma a evitar que isso aconteça e de forma a resolver esse problema com a maior rapidez. As paragens, devido a tabuleiros encravados, levam a que a temperatura do forno aumente, devido a não haver tabuleiros a entrar, e

consequentemente no recomeço leva a que os palitos que passam pelo forno até a temperatura do mesmo estabilizar saiam queimados.

Bolos curtos

A anomalia associada a palitos curtos refere-se a palitos com comprimento inferior ao especificado necessário para venda para o cliente, representando assim desperdício. Através da observação da injeção da massa em tabuleiros na máquina de formação, foi possível concluir que o comportamento da massa ao ser injetada é variável. Para os mesmos parâmetros da máquina de formação, ou seja, o mesmo tempo de abertura dos bicos por onde a massa é injetada e para a mesma pressão, há diferenças na quantidade de massa e no comprimento do palito. Foi observado que algumas massas tinham uma velocidade de saída dos tubos/bicos superior, ou seja, era injetada mais massa no tabuleiro, enquanto outras, apesar do momento de abertura dos bicos ser o mesmo, a massa demorava mais a sair dos bicos e consequentemente era injetada menos massa levando a que o palito ficasse mais curto.

A diferença observada na injeção da massa está relacionada com a propriedade da massa que mede a resistência interna do fluido ao movimento ou à “fluidez”, ou seja, a viscosidade. A viscosidade de um fluido é uma medida da sua “resistência à deformação” e resulta da força de atrito interno que se desenvolve entre as diferentes camadas dos fluidos, à medida que são forçadas a mover-se umas em relação às outras (Çengel & Cimbala, 2012).

A viscosidade é causada pelas forças coesivas entre as moléculas nos líquidos e pelas colisões moleculares nos gases, e varia extremamente com a temperatura. No caso dos líquidos, ou seja, no tipo de massa dos palitos, as moléculas possuem mais energia a temperaturas mais altas e nesse caso podem opor-se mais intensamente às forças intermoleculares coesivas. O resultado é que as moléculas energizadas do líquido movem-se mais livremente. A relação entre temperatura e viscosidade de um líquido é dada por (Çengel & Cimbala, 2012):

$$\mu = a10^{b(T-c)}. \quad (4.3)$$

em que T é a temperatura absoluta e a, b e c são constantes determinadas experimentalmente.

No caso da massa dos palitos apenas é feito o controlo da temperatura após a amassagem da mesma e a única maneira de manipular esse valor é através da regulação da

temperatura da água, o que apenas é feito em caso de haver uma grande variação. Uma vez que a temperatura das matérias-primas e da zona de amassagem não é controlada há variação da temperatura das massas ao longo do dia. Um grande fator que provoca variações na temperatura da massa é a temperatura dos ovos, uma vez que o pote quando está a ser utilizado é retirado da câmara frigorífica e fica armazenado numa zona à temperatura ambiente. Isso leva a que a temperatura dos ovos varie em média 13° desde que é retirado da câmara frigorífica até ao final da sua utilização.

Além disso toda a zona de formação de produto, ou seja, desde que a massa é transportada da bateadeira até à máquina de injeção, não é termicamente controlada levando a que esteja dependente das variações da temperatura ambiente.

Todas essas variações provocam instabilidade no comportamento de cada massa e conseqüentemente em todo o processo de formação do produto.

Numa massa mais viscosa, as partículas de fluido ficam mais lentas como resultado do atrito, ou seja, com maior resistência ao escoamento, levando a que a velocidade de injeção seja inferior e que a massa demore mais a sair do tubo relativamente a massas menos viscosas.

Tal como já tinha sido referido, devido ao comportamento variável das diferentes massas na injeção, a proatividade e atenção por parte do operador é muito importante de forma a detetar a anomalia e a alterar os parâmetros da máquina de formação consoante as variações das propriedades das massas.

Outra causa observada que origina produto mais curto durante a injeção é a quantidade de farinha depositada no tabuleiro quando este passa no farinhador. A farinha, que tem como objetivo ajudar na desenformação dos palitos, quando usada em excesso leva a que a massa não tenha tanta aderência ao tabuleiro. No momento em que a massa acaba de ser injetada, a máquina levanta e tem um movimento para trás, levando a que a massa seja arrastada e que essa extremidade do palito fique mais para trás e conseqüentemente o palito fique mais curto.

Foi também observado que a quantidade de farinha não é constante ao longo dos tabuleiros. As extremidades têm mais farinha, fazendo com que haja zonas do tabuleiro com farinha a mais.

Bolo descascado por baixo

Esta anomalia ocorre devido ao excesso de açúcar que fica na borda do palito depois do tabuleiro passar na máquina de cobertura. Nesta máquina dá-se a decoração com açúcar e é posteriormente retirado o excesso do mesmo através de um aspirador. Ao longo do turno o aspirador vai ficando entupido com bocados de açúcar e de massa no seu interior, dificultando a aspiração e fazendo com que o produto prossiga ao longo da linha com cobertura acumulada na borda. Durante o cozimento do palito no forno, o açúcar em excesso carameliza fazendo com que o palito fique mais agarrado ao tabuleiro. Como consequência o palito fica descascado por baixo no momento da desmoldagem.

4.4. Fase Melhorar (*Improve*)

4.4.1. Definição de Ações Corretivas

A fase *Improve* do ciclo DMAIC foca-se na apresentação de possíveis ações corretivas e soluções para a resolução das causas que originam as diferentes anomalias na fase de formação do palito. Neste subcapítulo será feita uma descrição das diferentes sugestões de melhoria possíveis. A definição de possíveis melhorias teve como base entrevistas não estruturadas e sessões de *brainstorming* com os vários elementos da equipa de projeto. Os problemas identificados na secção 4.3 e as respetivas ações de melhoria estão representados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5. Problemas identificados e respetivas ações de melhoria

Problemas identificados	Ações de melhoria
<u>P1.</u> Mau posicionamento dos tabuleiros (Folgas dos transportadores)	<u>M1.</u> Troca de correntes transportadoras <u>M2.</u> Troca da motorização atual por servomotores
<u>P2.</u> Viscosidade da massa	<u>M3.</u> Definição de valores limite e controlo dos valores de viscosidade da massa <u>M4.</u> Sistema de refrigeração para as matérias-primas e para a zona de amassagem
<u>P3.</u> Proatividade do operador	<u>M5.</u> Maior sensibilização dos operadores

P4. Quantidade irregular de farinha depositada no farinhador	M6. Substituição do farinhador
P5. Erro do operador (Falta de açúcar na Máquina de cobertura de açúcar)	M7. Criação de uma instrução de trabalho para o abastecimento do silo do açúcar da máquina de cobertura
P6. Excesso de velocidade dos tabuleiros na zona de formação	M8. Alteração dos parâmetros de velocidade dos tabuleiros
P7. Excesso de açúcar acumulado na borda do palito	M9. Limpeza ao longo do turno do aspirador de açúcar com espátula
P8. Inconsistência no uso de quebras na massa	M10. Reformulação da receita
P9. Variação da quantidade de matéria-prima (Falta de manutenção das válvulas dos silos)	M11. Manutenção preventiva das válvulas dos silos

A maioria das ações de melhoria definidas englobam decisões de nível estratégico a serem avaliadas e aprovadas pela gestão de topo da empresa e envolvem conhecimentos de diferentes áreas e por essa razão serão implementadas a longo prazo pela empresa. Seguidamente, serão apresentadas as ações de melhoria propostas.

M1. Troca de correntes transportadoras

A forma que o palito adquire é em larga escala afetada pelo comportamento dos tabuleiros no momento de injeção da massa. A diferença no posicionamento dos tabuleiros quando passam na máquina de injeção são provocados por folgas existentes nas correntes transportadoras que levam a que os tabuleiros passem inclinados na máquina de injeção. São uma consequência do uso das mesmas correntes ao longo de muitos anos e à falta de manutenção dos equipamentos.

Devido ao elevado tempo de uso do equipamento, a solução mais eficaz definida pela equipa de trabalho, seria a troca das correntes de transporte dos tabuleiros por umas novas bem como uma manutenção mais periódica, permitindo assim a eliminação das folgas das correntes.

M2. Troca da motorização atual por servomotores

Para colmatar o mau posicionamento dos tabuleiros é proposto, para além da troca das correntes transportadoras, a troca da motorização atual, responsável pelo movimento dos transportadores e máquina de injeção, por servomotores, ou seja, motores que permitem compensar erros e desvios dos equipamentos.

Os motores que estão atualmente na linha têm um longo período de utilização e obsoletos, levando conseqüentemente a ineficiências no processo. Não estão equipados para devolver o valor do posicionamento em tempo real. O programa de controlo de velocidade não recebe *feedback*, não permitindo assim que haja uma compensação dos desvios provocados pelos erros do equipamento.

Neste caso a ação de melhoria a implementar seria recorrer a um novo sistema de motorização, substituindo o sistema atual por servomotores que permitem um controlo de movimento com posicionamento de alta precisão que permitirá haver um maior controlo e um posicionamento correto dos tabuleiros ao serem transportados na zona de formação.

Os servomotores recebem um sinal eletrónico que verifica a posição atual para controlar o seu movimento, permitindo que vá para o posicionamento desejado com uma velocidade monitorizada externamente sob *feedback* de um dispositivo *encoder*. Este *encoder* funciona como um sensor de velocidade que possui a função de fornecer a velocidade e posicionamento do motor permitindo compensar desvios e erros do equipamento, ou seja, através do uso de *feedback* de posição é possível controlar a velocidade e posição final do motor (Kadhun & Abdulhussein, 2021).

M3. Definição de valores limite e controlo dos valores de viscosidade da massa

Como foi referido anteriormente foi observado que o comportamento da massa ao ser injetada na máquina de injeção é variável estando essa diferença em parte relacionada com a resistência interna ao escoamento, ou seja, com o nível de viscosidade da mesma.

De forma que o controlo da “fluidez” da massa seja maior e para uniformizar o comportamento das diferentes massas e, uma vez que atualmente apenas é feito o controlo de densidade e temperatura da massa, é necessário fazer um estudo e definição dos valores de viscosidade que a massa deve apresentar.

Para tal seria aconselhável a contratação de um *expert* nessa área que reúna os conhecimentos necessários e que, juntamente com quem lida diariamente com os problemas da formação do produto, desenvolva uma instrução de trabalho e registo para o controlo de viscosidade das massas e que permita ao operador ser proativo e fazer as correções necessárias de forma a tornar todo o processo o mais estável possível, garantindo também a padronização do processo de formação do produto.

M4. Sistema de refrigeração para as matérias-primas e para a zona de amassagem

Um grande problema que é comum a todas as linhas da fábrica está relacionado com a falta de um sistema de controlo de temperatura tanto das matérias-primas como da zona onde as massas são formadas. Deste modo todo o processo está altamente dependente da temperatura ambiente, levando a variações de temperatura da massa ao longo dos dias, tendo um grande impacto na estabilidade do produto.

Para colmatar este grande problema, e visto que a empresa não possui um sistema que permita o controlo de temperaturas, é necessário implementar e investir num sistema que permita o controlo contínuo da temperatura das matérias-primas, tanto das que estão armazenadas em silos como as que se encontram em armazém. Porém, controlar a temperatura das matérias-primas não é o suficiente, é também necessário tornar a zona de amassagem termicamente controlada de forma que a temperatura da massa após estar feita e até ser injetada nos tabuleiros se mantenha o mais constante possível.

Esta proposta de melhoria deverá ser a que implica um maior investimento por parte da empresa, mas em contrapartida permitirá criar a estabilidade no processo necessária, tendo um grande impacto e contribuindo bastante para a redução da quantidade de produto desperdiçado e fora das especificações.

M5. Maior sensibilização dos operadores

O problema da instabilidade no processo de formação, mais em concreto a variação do comportamento entre massas obriga que o operador responsável por assegurar a estabilidade da fase de formação dos palitos seja proativo e que tome decisões e ações no sentido de minimizar o impacto dessa variação. A proatividade que cada operador apresenta está bastante dependente da experiência e destreza do próprio operador.

Deste modo, para colmatar o problema propõe-se uma maior e mais frequente sensibilização do operador de como deve agir perante os problemas que encontra, como por exemplo como deve ajustar os parâmetros da máquina injetora, consoante o comportamento de cada massa.

Essa sensibilização é fundamental de forma a reforçar a importância de o operador cumprir com as instruções de fabrico já existentes na linha bem como para que o operador se sinta envolvido e como parte integrante do processo produtivo, uma vez que o conhecimento fundamentado dos problemas e das ações a tomar permite que exista um maior entendimento do porquê da ação a tomar e sentido de responsabilidade. Assim, será possível uniformizar o mais possível o comportamento dos operadores e dessa forma permitir uma maior estabilidade do processo produtivo.

M6. Substituição do farinhaador

A quantidade de farinha depositada no tabuleiro quando este passa pelo farinhaador influencia em parte a formação do produto quando a massa é injetada nos tabuleiros. Foi observado que a quantidade de farinha não é constante ao longo dos tabuleiros, havendo zonas do tabuleiro em que é depositada uma quantidade maior, nomeadamente nas extremidades do mesmo.

Uma vez que, este equipamento apresenta ineficiências devido a um elevado tempo de utilização, sendo este um problema comum a vários equipamentos da fábrica, e visto que a equipa de manutenção não tem como uniformizar a quantidade de farinha ao longo dos tabuleiros, a equipa concordou que a solução mais viável seria a substituição da máquina por uma nova. Após a aquisição do novo equipamento seria benéfico uma manutenção mais regular do mesmo de forma a reduzir ou impedir falhas no desempenho deste equipamento, evitando gastos acrescidos como manutenção corretiva.

M7. Criação de uma instrução de trabalho para o abastecimento do silo do açúcar da máquina de cobertura

A proposta mencionada tem como objetivo colmatar o erro humano associado ao abastecimento do silo intermédio da máquina de cobertura com açúcar. Assim, com a padronização das tarefas a executar para o abastecimento, através de instruções de trabalho, há uma consciencialização de que as tarefas devem ser executadas de certa forma.

Através de observação, foram selecionados os passos que devem ser seguidos para o correto abastecimento do silo intermédio, entre eles:

- Encher o contentor com açúcar;
- Colocar aspirador dentro do contentor de açúcar;
- Ligar a aspiração de açúcar no botão “Liga Carga” rodando para a direita e verificar que o açúcar está a ser inspirado;
- Virar os tabuleiros manualmente de forma a retirar o açúcar em excesso;
- Desligar a aspiração do açúcar no botão "Liga Carga" rodando para a esquerda quando atingir 500 Kg;
- Retirar aspirador e arrumar o contentor do açúcar no lugar atribuído.

A instrução de trabalho está presente no APÊNDICE C, deve ser afixada na devida zona a que corresponde, neste caso deve ser afixada na zona da máquina de cobertura estando facilmente acessível aos colaboradores que desempenham estas tarefas. Apesar da instrução de trabalho conter passos simples que o operador deve executar, possibilita a padronização das tarefas a desempenhar para o devido abastecimento da máquina de cobertura e permite evitar o erro humano associado a estas tarefas. Adicionalmente, vai permitir que operadores externos e que não estão familiarizados com o funcionamento desta linha, consigam executar essas tarefas facilmente.

M8. Alteração dos parâmetros de velocidade dos tabuleiros

O problema de encravamento de tabuleiros na zona de formação é colmatado através da correta alteração dos parâmetros de velocidade dos tabuleiros, neste caso através da redução da mesma.

A sensibilidade e atenção dos operadores que estão na zona de formação influencia a rapidez com que o problema associado ao encravamento dos tabuleiros nessa zona é solucionado. Quando os tabuleiros encravam na zona de formação, os operadores têm de chamar a equipa de manutenção para que a alteração dos parâmetros de velocidade dos tabuleiros seja feita. Uma vez que nem sempre a equipa tem disponibilidade de se deslocar à linha para fazer essa alteração, pois está ocupada a resolver outras situações com maior prioridade que estejam a ocorrer nas restantes linhas de produção, leva a que o problema

fique por resolver arrastando-se ao longo de dias e conseqüentemente que haja geração de desperdício.

Assim, seria benéfico a aquisição de mais elementos para a equipa de manutenção, de forma que haja uma maior disponibilidade da equipa deste departamento para a resolução de diferentes problemas.

Após a correta alteração dos parâmetros de velocidades dos tabuleiros o problema de encravamento de tabuleiros ficou corrigido, não voltando a acontecer.

M9. Limpeza ao longo do turno do aspirador de açúcar com espátula

A anomalia associada ao excesso de açúcar que fica na borda do palito depois do tabuleiro passar na máquina de cobertura é uma consequência do entupimento do aspirador de açúcar. Devido a ineficiências do processo, ao longo do turno o aspirador vai ficando entupido com bocados de açúcar e de massa no seu interior, dificultando a aspiração do açúcar em excesso.

De forma a reduzir a acumulação de açúcar e de bocados de massa no interior do aspirador, é necessário que o operador que se encontra na zona de formação retire regularmente esse excesso com o auxílio de uma espátula.

Esta prática é feita por alguns operadores, mas sendo que não consta na instrução de fabrico e de controlo da zona de formação, não é realizada por todos os operadores nem é praticada regularmente uma vez que depende da disponibilidade do operador. Desta forma, e tendo como objetivo que essa prática seja realizada periodicamente por todos os operadores, que estejam na zona de formação de produto, é necessário adicionar na folha de instrução de trabalho e de registo que é necessário fazer a limpeza do aspirador de açúcar com a espátula de hora a hora, garantindo assim que essa prática será mantida por todos os operadores.

M10. Reformulação da receita

O uso de quebras na massa dos palitos tem uma ligação com a variação dos valores da densidade da mesma. Quando a massa não contém produto que é reaproveitado da linha há uma maior variação e dispersão dos valores de densidade. Isto evidencia que a receita atualmente utilizada não garante a estabilidade dos valores de densidade. Desse modo

é necessário que o departamento de desenvolvimento, em conjunto com o departamento de qualidade, façam uma análise da receita tendo em vista a sua reformulação.

M11. Manutenção preventiva das válvulas dos silos

A variação da quantidade de matéria-prima em cada *batch* representa um desperdício para a empresa e potencia a instabilidade do processo. Esse problema está associado à falta de manutenção das válvulas, uma vez que a empresa só efetua a manutenção das mesmas uma vez por ano ou quando ocorre alguma avaria. Deste modo, a proposta de melhoria passa por investir na manutenção preventiva das válvulas dos silos, de forma a permitir um controlo e monitorização do equipamento, permitindo reduzir ou impedir problemas de desempenho e aumentar a confiabilidade do equipamento.

4.5. Fase Controlar (*Control*)

A última fase do ciclo DMAIC é a etapa de controlo, que permite verificar que as melhorias e ações implementadas são sustentáveis no tempo, garantindo que o objetivo definido inicialmente na primeira fase do ciclo é atingido e que os bons resultados são mantidos a longo prazo.

É então necessário criar um plano de controlo para que haja um processo de seguimento dos resultados e documentação dos mesmos. Devido à limitação do tempo e ao facto de algumas propostas terem de ser avaliadas num nível estratégico por parte da gestão de topo da empresa, não foi possível implementar as ações de melhoria propostas na fase anterior do ciclo, e dessa forma confirmar que serão obtidas melhorias e que o objetivo do projeto seja atingido.

No entanto, é elaborada uma proposta de controlo a ser implementada nesta fase do ciclo DMAIC. O ficheiro *excel* criado para registo e análise do desperdício da linha deverá ser continuamente alimentado de forma que haja a monitorização continua das localizações e dos motivos principais que originam os quilogramas de desperdício na linha dos palitos. Dessa forma será possível acompanhar quais os impactos de cada ação nas diferentes anomalias previamente identificadas.

Para o acompanhamento deverão ser realizadas reuniões semanais com a equipa de projeto de forma a analisar o impacto das ações de melhoria no desempenho da linha,

mais concretamente na redução do desperdício na zona de formação da linha. Para essa análise e acompanhamento de resultados e de forma a tornar mais fácil a leitura dos mesmos, foi desenvolvido um *template* que permite transmitir a informação de uma forma visual. O *template* desenvolvido está presente no APÊNDICE D e inclui 2 gráficos, sendo estes a evolução diária da percentagem de desperdício que corresponde à zona de formação do produto e a evolução semanal da percentagem de desperdício correspondente a cada uma das 6 anomalias destacadas.

Para que todos os operadores se sintam envolvidos no projeto de melhoria e se sintam motivados é necessário que os resultados obtidos sejam partilhados com os mesmos. Desse modo, é proposta a partilha dos gráficos na televisão presente no refeitório permitindo um acompanhamento visual da evolução dos resultados.

5. CONCLUSÃO

5.1. Conclusões

A *DanCake Portugal* é uma empresa na indústria de *bakery* fundada em 1978 em Coimbra, que se dedica à produção de produtos de pastelaria industrial sendo pioneira no mercado doméstico português. Devido à grande competitividade existente na indústria em que se insere surge a necessidade de melhorar a sua estratégia de qualidade e atingir níveis de produtividade superiores.

Dessa forma surge a necessidade de reduzir o desperdício associado à linha de produção dos palitos, mais concretamente o desperdício associado a produto com defeitos. Foi então selecionada a metodologia *Lean Six Sigma* (LSS), que combina as metodologias *Lean* e *Six Sigma*, sendo uma estratégia disciplinada de transformação de negócios e uma ferramenta de solução de problemas (Shokri, 2019). Foi estudado todo o processo produtivo e foi seguido o ciclo DMAIC onde são desenvolvidas cinco fases: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

Através da recolha de dados foi possível identificar que a localização na linha de produção onde ocorre maior desperdício em termos de produto defeituoso é na zona de formação do produto correspondendo a 31% da totalidade de quilogramas desperdiçados da linha. Uma vez que a fase de formação tem influência no comportamento do produto nas fases seguintes do processo produtivo, o desenvolvimento das próximas fases do ciclo DMAIC concentraram-se nesta fase. Foram também recolhidos dados acerca dos quilogramas associados às várias anomalias que ocorrem na zona de formação, ou seja, a cada categoria de defeito. As anomalias com maior expressão foram os bolos cabeçudos, representando cerca de 32,1% de produto defeituoso na formação de produto, seguido da variação de densidade com uma percentagem de 17%, os bolos sem açúcar com 8,7%, a mudança do filtro com 8,2%, os bolos não conformes com 7,5% e os bolos curtos com 7,1%.

Na fase seguinte do ciclo, com a observação direta da linha de produção, o auxílio de entrevistas não estruturadas e *brainstorming* com os membros da equipa de projeto

e operadores da linha, foi possível identificar as possíveis causas e falhas associadas a cada anomalia e que têm como consequência desvios, sendo estas:

- Mau posicionamento dos tabuleiros (Folgas dos transportadores);
- Viscosidade da massa;
- Proatividade do operador;
- Quantidade irregular de farinha depositada no farinhador;
- Erro do operador (Falta de açúcar na Máquina de cobertura de açúcar);
- Excesso de velocidade dos tabuleiros na zona de formação;
- Excesso de açúcar acumulado na borda do palito;
- Inconsistência no uso de quebras na massa;
- Variação da quantidade de matéria-prima (Falta de manutenção das válvulas dos silos).

Para cada um dos problemas identificados foram definidas as seguintes propostas de ações de melhoria a implementar:

- Troca de correntes transportadoras;
- Troca da motorização atual por servomotores;
- Definição de valores limite e controlo dos valores de viscosidade da massa;
- Sistema de refrigeração para as matérias-primas e para a zona de amassagem;
- Maior sensibilização dos operadores;
- Substituição do farinhador por um novo;
- Criação de uma instrução de trabalho para o abastecimento do silo do açúcar da máquina de cobertura;
- Alteração dos parâmetros de velocidade dos tabuleiros;
- Limpeza ao longo do turno do aspirador de açúcar com espátula;
- Reformulação da receita;
- Manutenção preventiva das válvulas dos silos.

A implementação das ações foi condicionada pela duração do estágio curricular e devido à maioria das ações de melhoria definidas englobarem decisões de nível estratégico

a serem avaliadas e aprovadas pela gestão de topo bem como o envolvimento de conhecimentos de diferentes áreas e da necessidade de *experts*. Por essa razão, serão implementadas a longo prazo pela empresa. No entanto foi efetuada uma ação: a correta alteração dos parâmetros de velocidades dos tabuleiros, levando a que o problema de encravamento de tabuleiros ficasse corrigido, não voltando a acontecer.

5.2. Propostas Futuras

Com o desenvolvimento deste projeto foi possível identificar melhorias a ser implementadas de forma a melhorar a qualidade e a produtividade da linha de produção de palitos.

Uma proposta de trabalho futuro passa por quantificar a taxa de retorno (ROI) do investimento necessário para o projeto de investigação de forma que a gestão de topo tenha conhecimento do impacto das ações definidas. Desta forma os próximos passos seriam a implementação das ações propostas.

Outra proposta de trabalho futuro seria aprofundar o estudo acerca das oscilações dos valores de densidade da massa. Para isso seria necessária uma análise mais profunda recorrendo a *experts* que possuem o conhecimento relativamente a essa área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

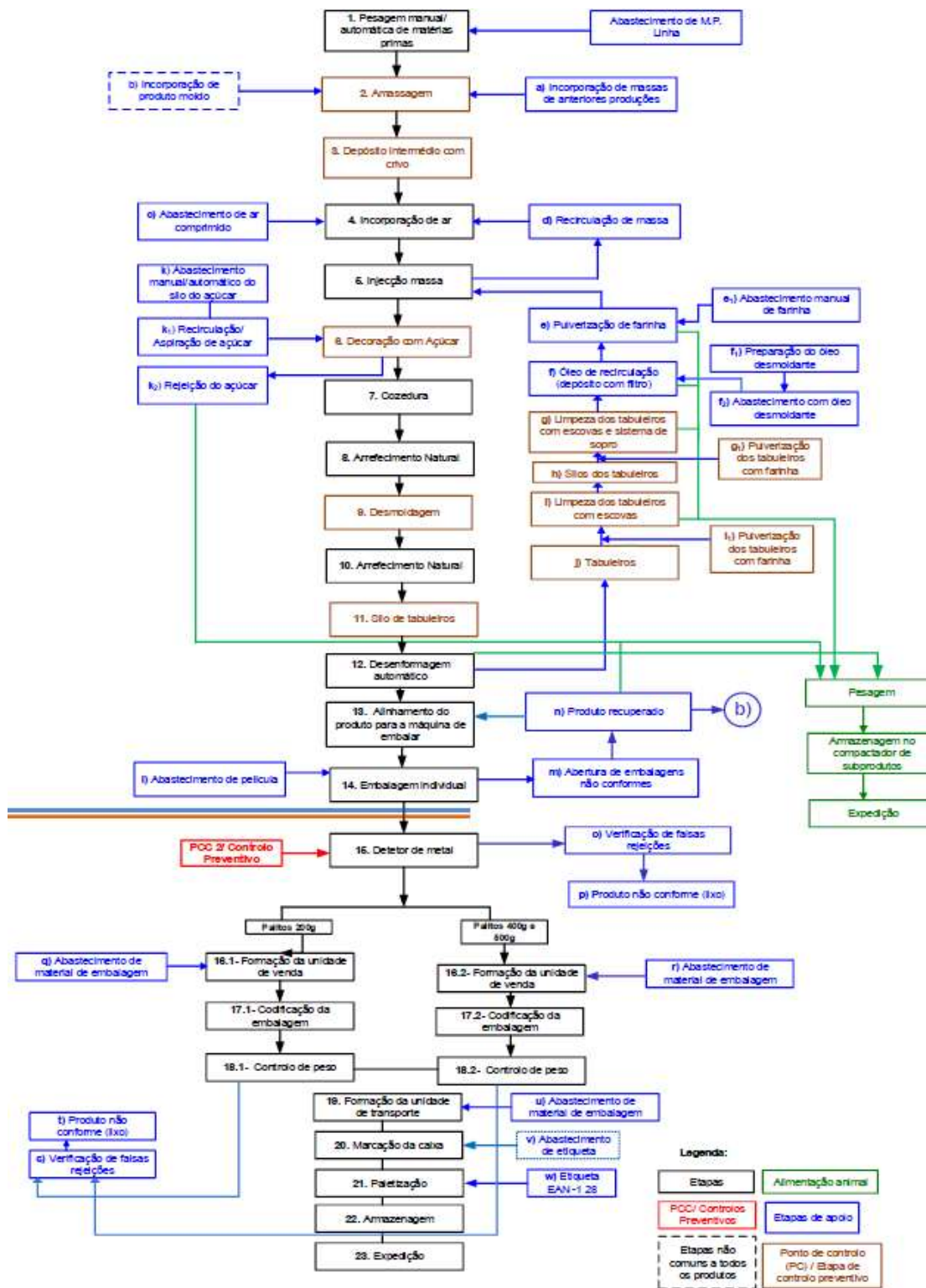
- Albliwi, S. A., Antony, J., & Lim, S. A. H. (2015). A systematic review of Lean Six Sigma for the manufacturing industry. *Business Process Management Journal*, 21(3), 665–691. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-03-2014-0019>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. S. (2014). Lean manufacturing: Literature review and research issues. Em *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 34, Issue 7, pp. 876–940). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bhargava, M., & Gaur, S. (2021). Process Improvement Using Six-Sigma (DMAIC Process) in Bearing Manufacturing Industry: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1017(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1017/1/012034>
- Çengel, Y. A., & Cimbala, J. M. (2012). *MECÂNICA DOS FLUIDOS FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES*.
- 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. Em *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 82, pp. 122–133). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.002>
- Dancake (2022). Acedido a 15/03/2022, em: <http://dancake.pt/pt/quem-somos>
- Gaikwad, L. M., Bhushi, U., & Teli, S. N. (2022). Implementation of Six Sigma methodologies to gain a competitive advantage: A Case Study approach. 2022 *Advances in Science and Engineering Technology International Conferences, ASET 2022*. <https://doi.org/10.1109/ASET53988.2022.9735103>
- George, M. L., Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). *The Lean Six Sigma pocket toolbox : a quick reference guide to nearly 100 tools for improving process quality, speed, and complexity*.
- Ghasemi, A., & Zahediasl, S. (2012). Normality Tests for Statistical Analysis A Guide for Non-Statisticians. *International Journal of Endocrinology & Metabolism*, 10(2), 486–489.

- Girmanová, L., Šolc, M., Kliment, J., Divoková, A., & Mikloš, V. (2017). Application of Six Sigma Using DMAIC Methodology in the Process of Product Quality Control in Metallurgical Operation. *Acta Technologica Agriculturae*, 20(4), 104–109. <https://doi.org/10.1515/ata-2017-0020>
- Guleria, P., Pathania, A., Sharma, S., & Sá, J. C. (2022). Lean six-sigma implementation in an automobile axle manufacturing industry: A case study. *Materials Today: Proceedings*, 50, 1739–1746. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.177>
- Hauke, J., & Kossowski, T. (2011). Comparison of values of pearson's and spearman's correlation coefficients on the same sets of data. *Quaestiones Geographicae*, 30(2), 87–93. <https://doi.org/10.2478/v10117-011-0021-1>
- Henny, H., Andriana, I., Latifah, A. N., & Haryanto, H. (2019). The Application Lean Six Sigma Method Approach to Minimize Waste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 662(2). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/2/022089>
- Hines, P., Holweg, M., & Rich, N. (2004). Learning to Evolve A Review of Contemporary Lean Thinking. *International Journal of Operations & Production Management*, 24(10), 994–1011.
- Hung, H.-C., & Sung, M.-H. (2011). Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, 6(3), 580–591. <https://doi.org/10.5897/SRE10.823>
- Improta, G., Balato Giovanni, Romano, M., Ponsiglione, A., Raiola, E., Russo, M., Cuccaro, P., Santillo, L., & Cesarelli, M. (2017). Improving performance of the knee replacement surgery process by applying DMAIC principles. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, 23(6), 1401–1407.
- Juliani, F., & Oliveira, O. J. (2020). Lean Six Sigma principles and practices under a management perspective. *Production Planning and Control*, 31(15), 1223–1244. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1702225>
- Kadhum, A. A., & Abdulhussein, M. M. (2021). Implementation dc motor as servomotor by using arduino and optical rotary encoder. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.576>
- Kharub, M., Ruchitha, B., Hariharan, S., & Shanmukha Vamsi, N. (2022). Profit enhancement for small, medium scale enterprises using Lean Six Sigma. *Materials Today: Proceedings*, 56, 2591–2595. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.159>

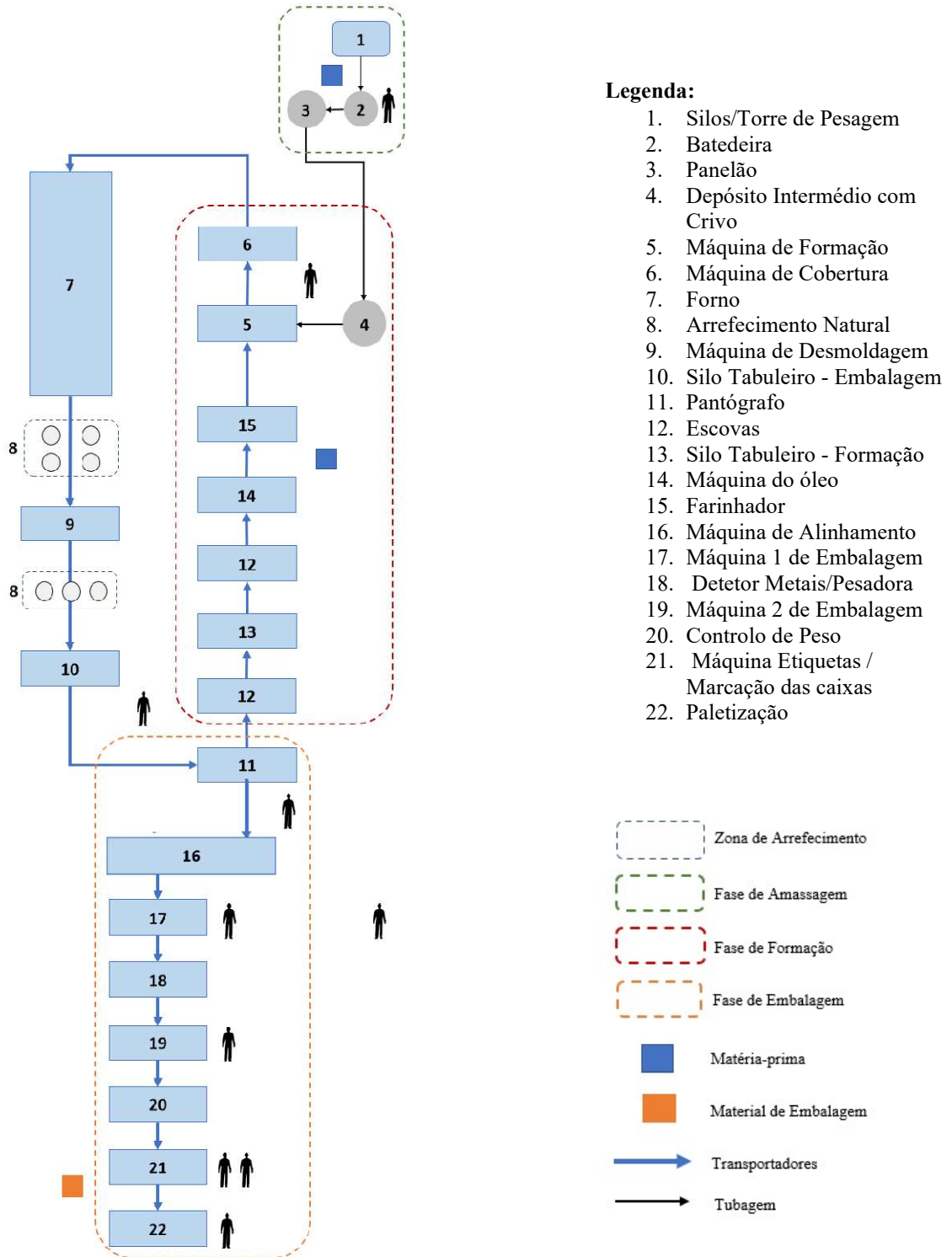
- Kwak, Y. H., & Anbari, F. T. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, 26(5–6), 708–715. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.10.003>
- Lande, M., Shrivastava, R. L., & Seth, D. (2016). Critical success factors for Lean Six Sigma in SMEs (small and medium enterprises). *TQM Journal*, 28(4), 613–635. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2014-0107>
- Markarian, J. (2004). What is Six Sigma? *Reinforced Plastics*, 48(7), 46–49. [https://doi.org/10.1016/S0034-3617\(04\)00377-7](https://doi.org/10.1016/S0034-3617(04)00377-7)
- Mustaniroh, S. A., Widyanantyas, B. A., & Kamal, M. A. (2021). Quality control analysis for minimize of defect in potato chips production using six sigma DMAIC. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 733(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/733/1/012053>
- Noorwali, A. (2013). Apply lean and taguchi in different level of variability of food flow processing system. *Procedia Engineering*, 63, 728–734. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.285>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System Beyond Large-Scale Production*.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Sajjad, M. H., Naeem, K., Zubair, M., Usman Jan, Q. M., Khattak, S. B., Omair, M., & Nawaz, R. (2021). Waste reduction of polypropylene bag manufacturing process using Six Sigma DMAIC approach: A case study. *Cogent Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1896419>
- Sanchez, L., & Blanco, B. (2014). Three decades of continuous improvement. *Total Quality Management and Business Excellence*, 25(9–10), 986–1001. <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.856547>
- Saunders, M. N. K., Lewis Philip, & Thornhill, A. (2018). *RESEARCH METHODS EIGHTH EDITION FOR BUSINESS STUDENTS* (8^a). www.pearson.com/uk
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785–805. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Shaikh, S. A., & Kazi, J. (2015). A Review on Six Sigma (DMAIC) Methodology. Em www.ijmer.com | (Vol. 5). www.ijmer.com

- Shokri, A. (2019). Reducing the Scrap Rate in Manufacturing SMEs through Lean Six Sigma Methodology: An Action Research. *IEEE Engineering Management Review*, 47(3), 104–117. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2931184>
- Srinivasan, K., Muthu, S., Devadasan, S. R., & Sugumaran, C. (2016). Six Sigma through DMAIC phases: a literature review. Em *Int. J. Productivity and Quality Management* (Vol. 17, Issue 2). <http://www.emeraldinsight.com>
- Sundaramali, G., Santhosh Raj, K., Anirudh, S., Mahadharsan, R., & Senthil Kumaran, S. (2021). Application of DMAIC to Reduce the Rejection Rate of Starter Motor Shaft Assembly in the Automobile Industry: A Case Study. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research September*, 32(3), 1–18.
- Syahputri, K., Sari, R. M., Anizar, Tarigan, I. R., & Siregar, I. (2018). Application of lean six sigma to waste minimization in cigarette paper industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012027>
- Tampubolon, S., & Purba, H. H. (2021). Lean six sigma implementation, a systematic literature review. Em *International Journal of Production Management and Engineering* (Vol. 9, Issue 2, pp. 125–139). Universidad Politecnica de Valencia. <https://doi.org/10.4995/IJPME.2021.14561>
- Wilkinson, L. (2018). Visualizing Big Data Outliers Through Distributed Aggregation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(1), 256–266. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2017.2744685>
- Wilson, L. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking*.
- Xie, X., & Li, J. (2012). Modeling, analysis and continuous improvement of food production systems: A case study at a meat shaving and packaging line. *Journal of Food Engineering*, 113(2), 344–350. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.05.022>

ANEXO A - FLUXOGRAMA DA LINHA DE PRODUÇÃO



APÊNDICE A – LAYOUT DA LINHA DE PRODUÇÃO







APÊNDICE B – PROJECT CHARTER

Project Charter

1. IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO		
Nome	Redução do desperdício de uma linha de produção através do desenvolvimento e acompanhamento de melhoria contínua	
Descrição	Identificar e eliminar as causas que levam ao desperdício	
2. PROBLEMA/OPORTUNIDADE DE NEGÓCIO		
<ul style="list-style-type: none"> - Necessidade de reduzir o desperdício da linha de produção de forma a aumentar a eficiência das operações; - A redução do desperdício traduz-se em benefícios financeiros, maior qualidade e consequentemente maior satisfação dos clientes; 		
3. OBJETIVOS DO PROJETO		
Reduzir o desperdício na linha de produção para um valor igual ou inferior a 3,9%		
4. ÂMBITO DO PROJETO		
<ul style="list-style-type: none"> - Quantificar e localizar o desperdício na linha de produção continuamente - Monitorizar e reportar desvios do processo - Identificar as causas que levam a maior desperdício no processo - Colmatar as principais causas de desperdício 		
5. EQUIPA DO PROJETO		
Gestor do projeto	Mariana Oliveira	
Equipa do projeto	Diretor de produção Manutenção Técnicos de controlo de qualidade	
6. PLANO DO PROJETO		
Fase	Descrição	Data prevista
DEFINE	Definição do objetivo do projeto	07/03/2022
MEASURE	Medição dos Kg desperdiçados	04/05/2022
ANALYSE	Análise dos dados recolhidos e identificação de causas para as falhas do processo	03/06/2022
IMPROVE	Definição e implementação de medidas corretivas	28/06/2022
CONTROL	Controlo das medidas implementadas	11/07/2022

APÊNDICE C – INSTRUÇÃO DE TRABALHO PARA O ABASTECIMENTO DO SILO DO AÇÚCAR DA MÁQUINA DE COBERTURA

INSTRUÇÃO DE FABRICO		ABASTECIMENTO DO SILO DO AÇÚCAR DA MÁQUINA DE COBERTURA
ÁREA	Formação	
PROCEDIMENTOS		
1. Encher o contentor com açúcar		
2. Colocar aspirador dentro do contentor de açúcar		

<p>3. Ligar a aspiração de açúcar no botão "Liga Carga" rodando para a direita e verificar que o açúcar está a ser inspirado</p>	
<p>4. Virar os tabuleiros manualmente de forma a retirar o açúcar em excesso</p>	
<p>5. Desligar a aspiração do açúcar no botão "Liga Carga" rodando para a esquerda quando atingir 500 Kg</p>	
<p>6. Retirar aspirador e arrumar o contentor do açúcar no lugar atribuído</p>	

APÊNDICE D– TEMPLATE FASE DE CONTROLO

<h3>Projeto de Melhoria Contínua</h3> <p>Título do projeto: Redução do desperdício da linha de produção de palitos</p>	
<p>Resultados do projeto</p>	
<p>Equipa de Projetos:</p> <p>Mariana Oliveira Diretor de produção Manutenção Técnicos de controlo de qualidade</p>	<p>Mês: <input type="text"/></p> <div style="text-align: center;"> </div>
<p>Objetivo do projeto:</p> <p>Reduzir o desperdício na linha de produção para um valor igual ou inferior a 3,9%</p>	<div style="text-align: center;"> </div>
<p>Âmbito do projeto:</p> <p>Quantificar e localizar o desperdício na linha de produção continuamente Monitorizar e reportar desvios do processo Identificar as causas que levam a maior desperdício no processo Corrigir as principais causas de desperdício</p>	