



Instituto Politécnico de Tomar

Escola Superior de Tecnologia de Tomar

Rute Filipa Ferreira Almeida

MELHORIA DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE MATERIAL DE LABORATÓRIO

Relatório de Estágio

Orientado por:

Doutora Natércia Santos, Instituto Politécnico de Tomar

Relatório de estágio apresentado ao Instituto Politécnico de Tomar
para cumprimento dos requisitos necessários
à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia Química

Tomar/novembro/ 2019

*“ Não se gere o que não se mede, não se mede o que
não se define, não se define o que não se entende,
não há sucesso no que não se gere”*

Edwards Deming

RESUMO

Este projeto decorreu na Normax e nele foi definido um plano estratégico para a Direção da Qualidade alinhado com o plano estratégico da empresa. Para monitorizar a implementação deste plano, foi criada a matriz *Balanced Scorecard* da Direção da Qualidade.

Uma das linhas de orientação estratégica deste plano consiste na melhoria da eficiência operacional dos processos. Durante o projeto foram implementadas melhorias em dois processos de produção de material de laboratório - no fabrico de pipetas conta-gotas e no fabrico de pipetas de Pasteur, usando a metodologia Seis Sigma e a filosofia Kaizen.

Os processos de fabrico de pipetas conta-gotas e pipetas de Pasteur foram intervencionados com sucesso, tendo sido superados os objetivos inicialmente traçados para o projeto.

Na linha de produção de conta-gotas a meta inicialmente estabelecida para a melhoria do índice Sigma era de 0,7 σ e atingiu-se um valor de 1 σ , estimava-se que as poupanças diretas por lote produzido fossem de 250€ mas atingiram os 400€. O índice de qualidade foi aumentado de 80% para 85% e a taxa de desperdício reduzida de 26% para 18%.

Na linha de produção de pipetas Pasteur a taxa de desperdício inicial era de 16% e passou a 3%. O índice de qualidade subiu de 87% para 97% para além destes resultados também foram identificados e eliminados diferentes tipos de *muda*.

Palavras-chave: Qualidade, DMAIC, Seis Sigma, *Balanced Scorecard*, Kaizen

ABSTRACT

This project took place at Normax and a strategic plan for Quality Direction was defined in line with the company's strategic plan. For monitoring this plan implementation, a Balanced Scorecard matrix was created. One of the strategic guidelines of this plan consists in the operational process efficiency improvement.

In this project, two laboratory glassware production processes were improved by the application of Six Sigma methodology and Kaizen philosophy. The dropping pipettes and Pasteur pipettes production processes were intervened with success, the established goals at the project beginning were exceeded.

The goal initially established for the dropping pipettes production was an improvement of 0,7 σ according to the Sigma markers, but it reached 1 σ . It was supposed to save 250€ per production batch but the actual saving is 400€. The quality index increased from 80% to 85% and the waste rate reduced from 26% to 18%.

In the production of Pasteur pipettes the waste rate was 16% and improved to 3% and the quality index increased from 87% to 97%. Beyond these results, different kinds of *muda* were also identified and eliminated.

Key-words: Quality, DMAIC, Six Sigma, Balanced Scorecard, Kaizen

AGRADECIMENTOS

O presente relatório apenas foi possível devido à contribuição de várias pessoas, às quais não posso deixar de prestar os mais sinceros agradecimentos.

À Doutora Natércia Santos, a minha orientadora, o meu sincero agradecimento pela orientação neste estágio. Muito obrigada pelo profissionalismo, pela sincera amizade e total disponibilidade que teve comigo, pois o seu apoio foi determinante na elaboração deste relatório.

Agradeço, como não podia deixar de ser, à empresa que me acolhe, a Normax, que desde o primeiro momento me proporcionou as condições necessárias para a elaboração do meu relatório com carácter prático perspetivando uma melhoria das atividades desenvolvidas.

Um especial agradecimento à Dra Isabel Faria pela sua disponibilidade, pelas valiosas sugestões, por todos os ensinamentos transmitidos, pelo apoio e incentivo, bem como por ter, sempre demonstrado confiança nas minhas capacidades para a elaboração deste relatório.

Índice

1.	Enquadramento do trabalho	1
2.	Normax – Fábrica de Vidros Científicos, Lda	5
3.	Introdução.....	9
4.	Metodologia	11
5.	Conceitos teóricos	13
5.1.	BSC – <i>Balanced Scorecard</i>	13
5.2.	Metodologia Seis Sigma	17
5.2.1.	Seleção de Projetos	19
5.2.2.	Definição do Método DMAIC	19
5.3.	Filosofia Kaizen	21
5.4.	Ferramentas da Qualidade.....	27
5.4.1.	Fluxogramas	28
5.4.2.	Diagramas de Causa-Efeito	28
5.4.3.	Diagramas de Pareto	29
5.4.4.	AMFE – Análise Modal de Falhas e seus Efeitos.....	30
5.5.	OEE – <i>Overall Equipment Effectiveness</i>	31
6.	Estudo dos processos de produção de material laboratório.....	35
6.1.	Vidraria científica.....	35
6.2.	Processos de produção de vidraria de laboratório.....	41
7.	Apresentação e discussão de resultados	45
7.1.	Matriz <i>Balanced Scorecad</i> da Direção da Qualidade	51
7.2.	Seis Sigma – Redução do desperdício no fabrico de pipetas conta- gotas.....	54
7.2.1.	D – Definir	54
7.2.2.	M – Medir	57
7.2.2.2.	Avaliação do desempenho na escolha e embalagem.....	62
7.2.2.3.	Indicadores de desempenho – OEE’s.....	65
7.2.3.	A – Analisar	66
7.2.3.1.	Análise de PCG à saída da máquina	66

7.2.3.2.	Análise da escolha e embalagem	70
7.2.3.3.	Análise OEE's.....	78
7.2.4.	I – Implementar	79
7.2.5.	C – Controlar	84
7.3.	Aplicação do Gemba Kaizen no processo de fabrico Pipetas de Pasteur.....	94
8.	Conclusões	105
9.	Bibliografia	107
10.	Anexos	111
10.1.	Anexo I – PIE II.6.1.A	111
10.2.	Anexo II – PIE II.6.1.C	112
10.3.	Anexo III – Desenho técnico da pipeta conta-gotas.....	113
10.4.	Anexo IV – IT III.10.2	114
10.5.	Anexo V – IT III.10.3	115
10.6.	Anexo VI – PIE II.6.3.B	116
10.7.	Anexo VII – Alerta da Qualidade Pipetas de Pasteur	117

Índice de figuras

Figura 1 – Pirâmide do BSC.....	14
Figura 2 – As 4 perspectivas do BSC	15
Figura 3 – <i>Scorecard</i> em semáforo.....	16
Figura 4 – Os 5S e o seu significado em português	23
Figura 5 – Ciclo PDCA	23
Figura 6 – As sete ferramentas básicas da qualidade	27
Figura 7 – Exemplo de fases e simbologia de um Fluxograma.....	28
Figura 8 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa.....	29
Figura 9 – Exemplo de Diagrama de Pareto.....	30
Figura 10 – Balão volumétrico âmbar 250 ml.....	36
Figura 11 – Tubo com oliva antes e após o recozimento	36
Figura 12 – Tubo com oliva acabada de soldar visto através de um polariscópio	37
Figura 13 – Alguns dos produtos fabricados pela Normax	38
Figura 14 – Alguns dos produtos fabricados pela Normax	39
Figura 15 – Destilador	39
Figura 16 – Célula Franz	40
Figura 17 - Bureta segundo a norma ASTM D2699	40
Figura 18 – Pipetas de Pasteur.....	45
Figura 19 – Fotografia PCG 4.5400536	46
Figura 20 – Caixa exterior da embalagem das PCG.....	47
Figura 21 – O interior da caixa exterior das PCG (10 sacos).....	47
Figura 22 – Fluxograma processo de fabrico PCG.....	48
Figura 23 – Fluxograma processo de fabrico Pipetas de Pasteur	50
Figura 24 – Fotografias de alguns dos defeitos de PCG	60
Figura 25 – Pesagem saco com PCG.....	62

Figura 26 – Distribuição dos defeitos (sem detalhe) em pipetas colhidas à saída da máquina	67
Figura 27 – Distribuição dos defeitos (com detalhe) em pipetas colhidas à saída da máquina.....	67
Figura 28 – Roda borracha degradada.....	68
Figura 30 – Gráfico de Pareto do produto rejeitado escolha/embalagem	71
Figura 31 – Gráfico de Pareto do produto indevidamente rejeitado da escolha/embalagem	71
Figura 32 – Gráfico com taxa dos defeitos no casco e à saída da máquina – lote 81635	72
Figura 33 – Diagrama de Ishikawa	73
Figura 35 – Gráfico de PCG à saída da máquina antes e depois da implementação das ações de melhoria.....	90
Figura 36 – Gráfico de PCG na escolha/embalagem antes e depois da implementação das ações de melhoria	92
Figura 37 – Comparação da rejeição inadequada antes e depois da intervenção.....	92
Figura 38 – Gráfico do OEE antes e depois intervenção	93
Figura 39 – Bitola criada para inspeção pipetas de Pasteur	95
Figura 40 – Pipetas de Pasteur com sujidade não removível	96
Figura 41 – Pipetas de Pasteur com deformações no topo	97
Figura 42 – Pipeta de Pasteur defeituosa	100
Figura 43 – Máquina antes da proposta	101
Figura 44 – Máquina com melhoria implementada	101
Figura 45 – Análise OEE das pipetas de Pasteur	102

Índice de tabelas

Tabela 1 - Significado do nível sigma	18
Tabela 2 – Defeitos assinalados PCG.....	58
Tabela 3 – Defeitos à saída da máquina (sem detalhe).....	58
Tabela 4 – Defeitos detalhados.....	59
Tabela 5 – Defeitos (detalhados) das PCG à saída da máquina	61
Tabela 6 – Defeitos da borda PCG à saída da máquina.....	61
Tabela 7 – Resultados da contagem das pipetas embaladas	62
Tabela 8 – Defeitos detetados na escolha.....	63
Tabela 9 – Defeitos das PCG rejeitadas na escolha/embalagem – defeitos críticos e primários.....	64
Tabela 10 – Defeitos das PCG rejeitadas na escolha/embalagem – defeitos secundários e conformes	64
Tabela 11 – Dados do OEE para PCG.....	65
Tabela 12 – Cálculo nível Sigma inicial.....	66
Tabela 14 – Matriz do nível de risco (R) em função da gravidade e da frequência	74
Tabela 15 –Início da AMFE ao processo de fabrico PCG	75
Tabela 16 – AMFE intermédia ao processo de fabrico PCG	80
Tabela 17 – AMFE final ao processo de fabrico PCG	85
Tabela 18 – Defeitos das PCG à saída da máquina antes e depois da implementação das ações de melhoria	89
Tabela 19 – Cálculo nível Sigma final	90
Tabela 20 – Classificação de uma organização usando o nível Sigma	91
Tabela 21 – Avaliação da escolha/embalagem depois da formação às escolhedora	91
Tabela 22 – Avaliação da escolha/embalagem depois da formação às escolhedora	92
Tabela 23 – Análise final OEE	93
Tabela 24 – Resultados da avaliação da eficácia da formação.....	98

Tabela 25 – Análise OEE na produção pipetas de Pasteur	102
--	-----

Lista de abreviaturas/siglas/terminologia

AMFE – Análise Modal de Falhas e seus Efeitos

AQL – Nível de qualidade aceitável

CQ – Controlador Qualidade

Def. af. Fun. – Defeitos afetando o Funcionamento

Def. ã af. Fun. – Defeitos não afetando o Funcionamento

DPMO – Defeitos por Milhão de Oportunidades

EN – Norma Europeia

fa – Frequência absoluta

FIT – *First Time Through*

fr – Frequência relativa

fr ac – Frequência relativa acumulada

ISO – *International Organization for Standardization*

KPI – *Key Perfomance Indicators*

NP – Norma Portuguesa

OEE – Indicador de desempenho para medir a eficiência dos equipamentos

OM – Operador Máquina

PCG – Pipetas conta-gotas

PIE – Plano Inspeção e Ensaio

Q.S.L. – Quebras, Sedas e Lascas

TPM – Manutenção Produtiva Total

TQM – Gestão de Qualidade Total

1. Enquadramento do trabalho

Com a globalização dos mercados verificou-se uma progressiva competição e uma crescente exigência para as empresas, o que torna cada vez mais imprescindível a medição do desempenho das organizações.

Os sistemas tradicionais de gestão eram baseados exclusivamente em indicadores financeiros. No entanto, estes revelaram-se inadequados e insuficientes, pelo facto de se ter tomado consciência de que os fatores críticos de sucesso das empresas dependem de fatores intangíveis, tais como: a qualidade dos produtos e serviços, o nível de satisfação e fidelização dos clientes, a capacidade de resposta, a eficiência dos processos internos, a motivação e a competência dos empregados. Neste contexto, o *Balanced Scorecard* surge como uma das metodologias mais importantes da avaliação de desempenho e implementação de estratégias, tendo evoluído de um simples sistema de medição da *performance* até um Sistema de Gestão Estratégica, posicionando-se recentemente como um sistema de gestão da mudança (Ferreira, 2013).

O *Balanced Scorecard* (BSC), desenvolvido por Robert Kaplan e David Norton em 1990, surgiu de um estudo em doze organizações que exploravam novos métodos de avaliação de desempenho. Este estudo foi evoluindo na convicção de que a utilização apenas de indicadores financeiros era insuficiente em modelos de negócio competitivos, não ajudando as empresas a criar valor económico para o futuro (Cruz, 2005).

Kaplan & Norton analisaram sistemas de avaliação utilizados por algumas empresas, as quais utilizavam outros indicadores além dos financeiros. Desenvolveram o BSC a partir dessas análises, que não só preservam os indicadores de desempenho financeiros como os complementam com indicadores em três outras áreas que os autores denominaram de perspetivas: dos clientes, dos processos internos e de aprendizagem. Estas perspetivas permitem um equilíbrio entre os objetivos de curto e longo prazo, e entre os resultados desejados (metas) e os indicadores de desempenho que conduzirão a esses resultados. Face ao exposto, pode-se afirmar que o BSC é um sistema estratégico de avaliação de desempenho, que complementa as medidas financeiras de desempenho passado com medidas dos vetores que impulsionam o desempenho futuro (Cruz, 2005). O BSC é uma estrutura conceptual que traduz os objetivos estratégicos de uma organização num conjunto de indicadores de desempenho.

Com as quatro perspectivas, conseguiu-se fazer refletir um balanceamento entre objetivos de curto, médio e longo prazo, objetivos financeiros e não-financeiros e perspectivas internas e externas de desempenho.

As empresas procuram ferramentas/métodos que possibilitem a obtenção de vantagens nos sistemas produtivos. Assim, a filosofia Kaizen utiliza de forma consistente e proporciona às organizações vantagens competitivas em diversas áreas (Pinto, 2015).

A melhoria contínua é uma prática adota por diversas empresas que visa o aperfeiçoamento de produtos, serviços e processos, os tornando cada vez melhores. Ela é essencial para que uma empresa consiga aumentar o seu desempenho, fortalecendo, assim, a sua presença perante o mercado. Na prática, “melhorar” não é das tarefas mais fáceis. A primeira e maior dificuldade é conseguir “ver” o que precisa ser melhorado. E a segunda é “como” fazer algo para concretamente melhorar o que não funciona da melhor forma. A Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (AMFE) é uma ferramenta muito eficaz para “ver” o que precisa de ser melhorado e “como” fazer as melhorias necessárias (Pinto, 2015).

Este relatório visa ressaltar a importância da aplicação da filosofia Kaizen como forma de melhoria contínua no processo de fabrico de material de laboratório. Com a implementação do Kaizen, este projeto terá como principal objetivo diminuir as taxas de desperdício nos processos. Está dividido em duas partes, sendo a primeira constituída por cinco capítulos e a segunda por três.

Na primeira parte apresenta-se a revisão da literatura que resultou do processo de pesquisa e análise da informação já publicada sobre o tema. Neste sentido, será feito um breve enquadramento relativamente ao *Balanced Scorecard* e à metodologia Seis Sigma.

Posteriormente serão enunciados os fundamentos da filosofia Kaizen e os 7 tipos de “*Muda*” (palavra em japonês que significa desperdício), tendo como objetivo enumerar alguns dos desperdícios existentes numa organização e que na maioria das vezes passam despercebidos. A seguir é feita uma abordagem sobre algumas das ferramentas da qualidade utilizadas no estudo realizado. Por fim, é abordado o conceito *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), é o principal indicador utilizado para medir a eficiência global de um processo de fabrico.

Na segunda parte deste relatório são estudados os processos de fabrico de vidraria de laboratório e a utilização dos produtos fabricados por estes processos. De seguida é

descrita a implementação da metodologia Seis Sigma e dos conceitos de Kaizen e são apresentados os resultados obtidos, bem como as conclusões finais.

2. Normax – Fábrica de Vidros Científicos, Lda

A Normax – Fábrica de Vidros Científicos, Lda. é uma sociedade por quotas constituída em 20 de agosto de 1974, tem a sua sede, instalações fabris e laboratório na Rua de Santa Isabel, 17 – 2430–475 Marinha Grande.

Contando, atualmente, com cerca de 80 colaboradores, a empresa domina uma grande variedade de tecnologias de transformação de tubo e chapa de vidro, assim como diversas técnicas de fabrico de vidro fundido e transformação de plástico. Estas tecnologias são a base da sua atividade de conceção e fabrico de artefactos de vidro e plástico de laboratório para a saúde, o ensino, a investigação, a indústria farmacêutica, a medicina e a veterinária. Adicionalmente, a Normax dedica-se ao comércio de produtos complementares da gama produzida, dispositivos médicos não ativos, dispositivos médicos para diagnóstico *in vitro* e equipamentos de laboratório e hospitalares. O laboratório da empresa presta serviços de manutenção e calibração de instrumentos volumétricos de laboratório.

Na data da sua constituição, a Normax já tinha muitos dos seus produtos implantados no mercado desde o início da década de 50, pela empresa em nome individual Joaquim Manuel Gomes.

A formação da sociedade por quotas resultou do elevado crescimento da empresa em nome individual e foi o impulso indispensável ao crescimento e desenvolvimento da sua atividade.

Nos anos 70, o crescimento da quota de mercado conduziu à aposta no desenvolvimento de tecnologia própria, o que se veio a revelar uma vantagem competitiva fundamental.

Em 1975, iniciou-se a construção do novo edifício administrativo e a ampliação das instalações fabris, o que permitiu não só o aumento da capacidade produtiva como a introdução de melhorias ao nível dos circuitos produtivos.

Em 1991, a empresa informatizou a Gestão e o Controlo da Produção e implementou o sistema documentado de gestão da qualidade segundo a norma NP EN 29002.

Em 1993, foi alterado o pacto social com a entrada de novos sócios e o reforço do capital social.

Fruto das elevadas exigências dos mercados em que a empresa atua e da sua estratégia, em 1995, a empresa certificou o seu sistema de gestão da qualidade

implementado segundo a norma ISO 9002. Esta certificação atesta a capacidade da empresa e o seu posicionamento exemplar no setor em que se insere, tornando-a a mais importante empresa nacional do setor do vidro científico e uma das mais importantes a nível internacional.

Em 1997, é implementado um novo sistema informático de controlo estatístico do processo (SPC) que se revela muito importante ao nível da melhoria e do controlo dos processos.

Entre o ano 2000 e 2002 a empresa fez um grande investimento na garantia de qualidade e no serviço ao cliente, apostando fortemente no reforço da sua imagem de qualidade e rigor científico.

Os anos de 2004 e 2005 foram também de forte investimento na implementação e certificação dos sistemas, tendo como objetivo manter a empresa na linha da frente.

Continuando a sua aposta na relação personalizada com o cliente e na excelência do serviço prestado, em 2006 é criada a área do cliente em www.normax.pt permitindo o acesso dos clientes à informação relativa às encomendas pendentes, prazos de entrega e faturas a pagamento.

Ainda nesse ano a empresa inicia a implementação do sistema de avaliação e gestão estratégica segundo o modelo *Balanced Scorecard*.

Já em 2007 a empresa procedeu à extensão do âmbito da certificação do sistema de gestão da qualidade, segundo a norma ISO 9001, para incluir os novos produtos comercializados, principalmente no que se refere aos dispositivos médicos e aos dispositivos para diagnóstico *in vitro*. Ainda em 2007, iniciou-se a integração dos sistemas de gestão da qualidade segundo a norma ISO 9001, gestão ambiental segundo a norma ISO 14001, Recursos Humanos segundo a norma NP 4427, Segurança e Saúde do Trabalho segundo a norma NP 4397, Investigação, Desenvolvimento e Inovação segundo a norma NP 4457.

No ano de 2009 a empresa fez a extensão da acreditação do laboratório de calibração para seringas e microseringas e ainda o alargamento das gamas de balões volumétricos, picnómetros, micropipetas e macropipetas. Também implementou a redução das melhores incertezas para pequenos volumes e em 2010 avançou com a certificação do sistema de gestão da qualidade de acordo com o referencial ISO 9001:2008.

Nos últimos cinco anos, a empresa focou a sua atenção na melhoria da comunicação interna e externa, na otimização dos sistemas de planeamento para dar resposta rápida às necessidades dos clientes e na inovação (Manual Gestão da Normax, 2007).

Em 2007, a empresa, reavaliou o seu posicionamento e desempenho e implementou num processo de reorganização interna transversal que se iniciou com o reforço da equipa comercial nos mercados interno e externo.

As vendas distribuem-se do seguinte modo: entre o mercado interno (70%) e o mercado externo (30%). No que se refere ao mercado externo, desde o início da sua constituição que tem clientes distribuídos por todo o mundo, da América à Ásia passando por África e Europa. Nos últimos anos, existe uma orientação estratégica para a diversificação dos mercados, que assenta num grande incremento de participação em feiras internacionais essencialmente na Alemanha, Estados Unidos da América e Dubai.

A empresa tem adotado como filosofia a participação em atividades associativas e de normalização, por considerar por um lado, que está em condições de contribuir com conhecimento através dos seus quadros técnicos e por outro que a troca de informação, discussão e partilha com outras entidades também trazem conhecimento e contribuem para a evolução e competitividade da empresa. Neste sentido, é membro das seguintes entidades:

- Apormed – Associação portuguesa das empresas de dispositivos médicos;
- Comissão técnica de normalização CT 87 – Tecnologias para a saúde;
- Comissão técnica de normalização internacional ISO/TC 48 – *Laboratory equipment* e grupos de trabalho internacionais:
 - ISO/TC 48/WG4: *Liquid Handling Devices – Manual and Semi–Automatic*;
 - ISO/TC 48/WG6: *Non–volumetric glass and plastic ware*;
 - ISO/TC 48/WG7 (*convenorship* desde março de 2019): *Volumetric apparatus made of glass and plastic*;
 - Grupo de trabalho GT7–Volume da Relacre.

3. Introdução

As transformações e inovações tecnológicas aumentaram a a competitividade entre empresas. Deste modo, a qualidade passou a ser um dos princípios no processo de produção de produtos ou na prestação de serviços de forma a garantir satisfação dos clientes (Lopes, 2014).

O controlo da qualidade destaca-se como importante ferramenta pois identifica as necessidades das pessoas e estabelece padrões para a satisfação das suas necessidades.

O movimento da qualidade surge com a concorrência da indústria automóvel japonesa no mercado americano entre 1970 e 1980. Com o renascimento da indústria japonesa que, seguindo os preceitos do consultor americano W. E. Deming, faz da qualidade uma arma para a vantagem competitiva (Lopes, 2014).

Anteriormente as empresas tendiam a concentrar-se mais no custo e na produtividade (aumento do volume de produção com menor quantidade de recursos) do que na qualidade. Atualmente, o conceito de qualidade refere-se à capacidade que um produto ou serviço tem de atender às expectativas do cliente ou de superá-las.

4. Metodologia

A visão do negócio da Normax, que orienta toda a sua estratégia consiste em “ser reconhecida como uma empresa com produtos e serviços de excelência”. A metodologia utilizada neste trabalho foi estabelecida nos princípios que permitem concretizar esta visão.

Em primeiro lugar, foi desenvolvida a matriz *Balanced Scorecard* da Direção da Qualidade baseada na matriz BSC da empresa.

A partir das linhas de orientação estratégica da Normax foi desenvolvido um plano estratégico da Direção da Qualidade.

Realizou-se um estudo detalhado sobre os produtos fabricados pela Normax fazendo, em simultâneo, uma análise aos vários processos de transformação do vidro.

Depois do estudo destes processos de fabrico desenvolveu-se uma parte experimental com intervenção efetiva nos processos produtivos.

Foram estabelecidas prioridades de intervenção e identificadas as duas linhas de produção que mais careciam de melhoria, redução de desperdício e aumento da produtividade.

Foram analisados os indicadores de desempenhos destes processos:

- o primeiro processo – fabrico de pipetas conta-gotas em que foi aplicada a metodologia Seis Sigma com implementação das cinco fases do método DMAIC com o objetivo de melhorar a qualidade do produto, reduzir o desperdício e incrementar a produtividade;
- o outro processo que carecia de melhoria – o fabrico de pipetas de Pasteur no qual se aplicaram os conceitos de Kaizen que visam a eliminação dos “7 muda” para melhoria da produtividade.

5. Conceitos teóricos

5.1. BSC – *Balanced Scorecard*

O *Balanced Scorecard* (BSC) é uma metodologia que avalia e mede o desempenho de uma empresa ou organização com base em objetivos e indicadores de desempenho. Este modelo foi criado por Robert Kaplan e David Norton, professores da *Harvard Business School*, em 1992, e é uma metodologia de gestão que pretende medir de forma objetiva os resultados alcançados ou não a partir do planeamento estratégico com as atividades operacionais, através da definição de metas e indicadores de desempenho, partilhando este alinhamento com todos os elementos da empresa ou organização (Kaplan & Norton, 1992).

As metodologias de gestão criadas anteriormente apresentavam alguns pontos fracos enquanto a abordagem do BSC fornece uma visão clara quanto ao que as empresas e organizações devem medir para “equilibrar” a análise dos acontecimentos passados com a necessidade de analisar a informação do presente e, assim, criar valor para clientes, fornecedores, empregados, processos, tecnologia e inovação.

As empresas devem basear-se nos seguintes fatores de forma a conseguir o equilíbrio entre resultados e estratégia (Kaplan & Norton, 1992):

- Comunicar a missão e a visão de forma clara e objetiva;
- Estabelecer metas e objetivos alinhados com a estratégia;
- Aprender com a revisão do desempenho dos indicadores e metas definidas;
- Alinhar os objetivos individuais com os da organização.

O *Balanced Scorecard* é construído tendo em conta alguns conceitos como o mapa estratégico (descreve a estratégia da organização através de objetivos relacionados entre si e distribuídos pelas quatro perspetivas); objetivo estratégico (o que deve ser alcançado e o que é crítico para o sucesso da organização); indicador (como será medido e acompanhado o sucesso do objetivo, qualquer indicador deverá ser: claro, de fácil acesso, coerente com os fins estabelecidos e com a visão, estar disponível para a tomada de decisão, ter a unidade de medida corretamente definida, ter um responsável designado para o controlar e sobre ele atuar, ser claro para toda a organização e estar ligado aos objetivos estratégicos); e meta (definição do objetivo a alcançar em termos quantitativos) (Cruz, 2005).

Na figura 1 é estabelecido de forma clara que a conquista de resultados a partir de uma estratégia parte da missão, passa pela visão, pelos valores, pelos objetivos

estratégicos, pelos indicadores gerais de desempenho ligados a cada objetivo e pelos indicadores individuais de desempenho (Ferreira, 2013).



Figura 1 – Pirâmide do BSC

[Fonte: <https://infonauta.com.br/>]

O *Balanced Scorecard* é baseado em quatro perspectivas, que são: financeira, clientes, processos internos e aprendizagem. Juntas, formam um conjunto coeso e interdependente, com seus objetivos e indicadores inter-relacionando-se e formando um fluxo conforme ilustrado na figura 2.



Figura 2 – As 4 perspectivas do BSC

[Fonte: <https://infonauta.com.br/>]

A perspetiva financeira avalia o lucro da estratégia. Indica a execução da estratégia implementada na organização teve ou não o sucesso e o retorno esperado e permite e avaliar a satisfação dos seus acionistas. Entre os indicadores financeiros que podem ser considerados, constam: o retorno sobre o investimento, o valor económico agregado, o resultados líquido, o aumento de receitas, redução de custos e outros objetivos financeiros que estejam alinhados com a estratégia (Ferreira, 2013).

A perspetiva dos clientes avalia a capacidade de gestão de clientes nos segmentos de mercado em que a organização opera, bem como as medidas de êxito nesses segmentos. A forma de manter e aumentar a participação no mercado é conseguir manter os clientes existentes e atrair novos clientes. O comportamento dos clientes é muito complexo para se compreender bem o processo de decisão de compra, mas é fundamental que as empresas tenham como referência a satisfação do cliente. Nesta perspetiva, utilizam-se indicadores de satisfação e resultados com base no prazo de entrega, na qualidade, no custo e no desempenho dos produtos ou serviços (Ferreira, 2013).

A perspetiva dos processos internos consiste em identificar os processos mais relevantes, aqueles em que a organização deve alcançar a excelência, de forma a satisfazer os seus clientes e a crescer de forma sustentável - inovação, produção, comercialização,

serviços após venda. O princípio fundamental é o de produzir produtos ou prestar serviços de melhor qualidade com ao menor custo (Ferreira, 2013).

Por fim, a perspetiva da aprendizagem oferece a base para a concretização dos objetivos das outras perspectivas. As organizações têm necessidade de melhorar de forma contínua, com vista a manter ao longo do tempo as vantagens competitivas que detêm. As mudanças no ambiente em que operam são constantes e muitas vezes imprevisíveis, pelo que as organizações devem ser capazes de se integrar e adaptar-se ao meio, melhorando constantemente os seus conhecimentos, adquirindo novas capacidades, e antecipando essas mudanças (Ferreira, 2013).

À gestão de topo de uma empresa são apresentados resumos mensais do estado atual da gestão estratégica com base nos principais indicadores de desempenho (KPI's), em inglês *Key Performance Indicators*. Estes indicadores são parte fundamental da estratégia de gestão de qualquer empresa e possibilitam um acompanhamento e melhor gestão do nível de desempenho e sucesso das estratégias. Com a utilização destes indicadores de desempenho a empresa consegue entender como está cada um dos números e traçar metas plausíveis e exequíveis (Kaplan & Norton, 1992).

O *Balanced Scorecard* pode ser construído na forma de semáforo (figura 3) vermelho–amarelo–verde para facilitar a interpretação dos dados apresentados e possibilitar o estabelecimento de ações de melhoria uma vez que realiza uma previsão (Breyfogle III, 2004).

Key Messages	No.	Key KPIs	Jan-13	Feb-13	Mar-13	Apr-13	May-13	Jun-13	Jul-13	Aug-13	Sep-13	Oct-13	Nov-13	Dec-13
			Part %	Part %	Part %	Part %	Part %	Part %	Part %	Part %	Part %	Part %	Part %	Part %
Satisfied customers through Innovation, Quality and Cost Leadership	1	Productivity factor company	112	106	85	81	83	83	100	95	81	105	80	100
	2	Stock turnover	100	81	67	80	79	84	80	84	76	75	75	80
	3	Productivity of Production (\$/unit)	107	105	105	106	109	110	103	93	100	106	108	103
	4	ABC Scrap Costs of Production	23	55	137	50	103	67	84	99	82	104	91	79
	5	Kaizen/Cis completed	37	39	122	63	100	41	98	33	61	255	46	207
	6	Kaizen Continuous improvements per employee	37	36	120	72	130	50	100	32	60	250	90	220
	7	Local Manufacturing (%)	93	93	88	87	91	84	87	87	85	87	91	102
	8	Environment Cost savings - \$/Unit	60 (VMI)	109	119	173	88	90	87	87	92	88	95	133
	9	Local Purchases (%)	84	69	76	72	75	85	84	69	75	76	91	51
	10	Invest in Education (hours per employee)	95	95	95	100	100	100	99	100	90	120	115	90
We employ and develop responsible, conscientious, loyal and innovative employees	11	Employee Safety & Health - %	70	127	127	100	86	46	43	90	40	30	73	25
	12	Skill Matrix - %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	13	ABC Quality Cost Production (\$/unit)	25	350	128	47	126	113	87	92	83	195	85	91
	14	On time Delivery Performance -Line Items %	93	97	101	97	93	94	83	96	84	95	95	83
The premium brand when it comes to quality and quality culture	15	Final inspection (ppm)	31	174	4775	69	36	38	22	0	64	15	17	15
	15.1	Customer Defects (ppm)	631	135	360	0	1033	74	31	130	434	34	55	143
	16	Lead time order confirmation within 24 hours (%)	96	92	97	97	93.5	104	100	100	99	99	97	97
	16.1	Lead time order confirmation within 48 hours (%)	Introduced May 2013					99	102	99	101	93	99	99
	17	Total Unseen sales orders %	220	208	195	146	0	204	224	240	155	155	150	164
	17.1	Available Unseen Sales Orders %	210	555	194	166	0	240	104	254	150	155	235	184
	18	FPY %	101	101	101	100	101	101	101	101	100	101	100	101
	19	Complaints % contained in 48 hours	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105
	19.1	Complaints % solved in <20 days	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20	Incoming inspection Local supplier and XYZ %	104	104	104	104	104	104	103	104	104	104	104	100
Gaining a sustainable market share through profitable growth	21.1	ABC Growth Orders (\$US Millions)	97	96	73	35	87	74	105	95	99	127	95	80
	21.2	ABC Growth Net Sales (\$US Millions)	97	91	70	89	84	79	92	97	97	105	100	110
	22.1	ABC+ XYZ Growth Orders (\$US Millions)	123	94	72	88	39	90	104	48	105	114	94	75
	22.2	ABC+ XYZ Growth Sales (\$US Millions)	99	95	88	58	85	85	99	104	105	111	95	95
	23	Return on total assets (ROA) %	103	95	85	85	51	85	103	75	82	101	88	73
	24	Return on net sales (ROS) %	136	119	84	87	70	87	125	87	72	111	94	86
				100+%		99-95%		<65%						
				100+%		99-95%		<65%						

Figura 3 – Scorecard em semáforo

[Fonte: <https://www.smartersolutions.com/>]

5.2. Metodologia Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma nasceu no departamento de garantia de qualidade da Motorola, fruto da aplicação dos conceitos de Deming sobre a variação de processos, cujo objetivo era combater as causas destas variações como forma de melhorá-los. Tais variações eram medidas por meio do seu desvio padrão (medida estatística representada pela letra grega Sigma, σ) (Scatolin, 2005).

O Seis Sigma exige uma implementação altamente eficaz, rigorosa e focada nos princípios e técnicas comprovadas da qualidade, que têm por objetivo um desempenho de negócios livre de erros (Pyzdek, 2000). Quando aplicada ao processo produtivo, a metodologia Seis Sigma constitui uma metodologia estruturada que incrementa a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos, levando em conta todos os aspectos importantes de um negócio, ou seja, conseguir excelência competitiva através da melhoria contínua dos processos (Scatolin, 2005).

Sigma – σ – é, para os estatísticos, a representação da medida de variabilidade de processos ou variáveis aleatórias, e significa o desvio padrão que os resultados dos processos podem apresentar. Teoricamente a metodologia Seis Sigma foi desenvolvida para criar processos que produzam no máximo 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO). Se o valor do desvio-padrão de um processo é alto, há pouca uniformidade do processo, com muita variação entre os resultados gerados; se o valor do desvio-padrão é baixo, há muita uniformidade do processo com pouca variação entre os resultados gerados pelo processo. Quanto menor for o desvio padrão, melhor será o processo. Quanto mais contida estiver essa variação em relação à sua especificação, menor a possibilidade de erros ou falhas. Se a média se deslocar até $1,5 \sigma$ do seu valor nominal espera-se até 3,4 defeitos em cada milhão de oportunidades (Werkema, 2002).

A tabela 1 relaciona a taxa de erro com a taxa de acerto e o nível de DPMO para os diferentes valores do nível sigma. O nível Sigma adequado para um dado processo dependerá dos requisitos dos clientes.

Tabela 1 - Significado do nível sigma

[Fonte: Werkema, 2002]

Nível Sigma	Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO)	Taxa de Erro (%)	Taxa de Acerto (%)
1	691.462	69,1	30,9
2	308.537	30,9	69,1
3	66.807	6,7	93,3
4	6.210	0,62	99,38
5	233	0,023	99,977
6	3,4	0,00034	99,99966

O método padrão de determinação de DPMO consiste em utilizar os dados reais do processo. Contar quantos defeitos/oportunidades estão fora dos limites da especificação do cliente e colocar na escala de milhões de oportunidades (mais sensível que percentagem) (Scatolin, 2005).

A metodologia seguida na implementação dos projetos Seis Sigma desenvolve-se em cinco fases:

- **Definição;**
- **Medição;**
- **Análise;**
- **Implementação;**
- **Controlo.**

O acrónimo **DMAIC** é habitualmente utilizado para denominar esta metodologia.

Quando a metodologia Seis Sigma é aplicada para reduzir os riscos de falhas, aumenta a confiança de atingir o desempenho da qualidade de classe mundial em tudo que se produz ou se processa. Assim como o desempenho é melhorado, a qualidade, a capacidade, o tempo de ciclo, o nível de *stock* e outros fatores também são melhorados num ciclo virtuoso em que todos ganham.

5.2.1. Seleção de Projetos

A seleção de projetos é muito importante na metodologia Seis Sigma, a seleção correta de um projeto de melhoria pode ser extremamente significativa para o negócio, uma vez que o seu processo pode tornar-se mais eficiente num horizonte temporal de três a seis meses. Consequentemente, os clientes e funcionários ficarão satisfeitos e apreciarão os esforços de melhoria do processo e os acionistas ficarão satisfeitos ao ver resultados financeiros resultantes destes esforços.

Os projetos Seis Sigma devem ser selecionados segundo o impacto da melhoria previsível e também tendo em conta se é possível aplicar a metodologia DMAIC no contexto em causa (Breyfogle III, 1999).

5.2.2. Definição do Método DMAIC

O método DMAIC é uma abordagem estruturada, disciplinada e rigorosa para alcançar a melhoria do processo composta por cinco fases, onde cada passo está logicamente ligado com o passo anterior assim com o posterior. As cinco fases são:

1. “*Define*” = Definir = Definição

Na fase da Definição são estabelecidos os dados preliminares do projeto como a missão, as métricas, o tempo e o impacto financeiro. Definir o projeto, os marcos iniciais e finais, os membros com respetivas responsabilidades da equipa, as métricas que indicarão se o projeto teve sucesso ou não e qual a estimativa de retorno que a empresa terá com a execução deste projeto.

2. “*Measure*” = Medir = Medição

Nesta etapa o objetivo é determinar a situação do processo até ao momento do início do projeto, ou seja, determinar a situação atual ou a situação corrente. O processo é mapeado com suas respetivas etapas, identificando-se todas as variáveis de entrada e saída. Então, começa-se uma primeira priorização das variáveis de entrada utilizando, por exemplo, a ferramenta Gráfico de Pareto. A validação do sistema de medição também é realizada para garantir que os resultados são fiáveis.

3. “*Analyze*” = Analisar = Análise

Na Análise, é onde se continua a priorização das variáveis de entrada através do entendimento das relações entre as causas e os efeitos do processo e potenciais fontes de variabilidade. Normalmente, neste passo utiliza-se a ferramenta Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (AMFE).

4. “*Improve*” = Implementar a Melhoria = Implementação da Melhoria

Nesta fase são estabelecidas as ações a serem implementadas com os prazos e responsáveis. Também neste passo, se continua a perceber ainda mais o efeito das (agora algumas poucas) variáveis-chave de entrada nas variáveis de saída do processo.

5. “*Control*” = Controlar = Controlo

Nesta última fase com as poucas variáveis de entrada críticas para o processo determinadas, bem como os seus valores otimizados para se obter os valores desejados das variáveis de saída, um rigoroso plano de Controlo deve ser estipulado para que o processo seja previsível e consistente e, portanto, para que as melhorias implementadas durante o projeto sejam mantidas.

De seguida, são explicados os pontos fortes, pontos fracos, oportunidades e ameaças associados à aplicação da versão comum do Seis Sigma.

– Pontos fortes: foco no cliente, entrada de dados e abordagem estatística para resolução de problemas, apoio da gestão de topo, envolvimento, equipas de projeto bem estruturadas, quadro de resolução de problemas que possa ser facilmente compreendido, projetos orientados para o resultado, desenvolvimento sistemático dos recursos humanos e desempenho das linhas de produção com desperdícios.

– Pontos fracos: alto investimento, forte dependência da cultura corporativa, normas não são aceites de forma unânime e o nível Sigma não é validado para os processos transacionais.

– Oportunidades: mercados altamente competitivos e clientes exigentes, rápido desenvolvimento da tecnologia da informação, crescente interesse na investigação da qualidade e confiabilidade na engenharia.

– Ameaças: resistência a mudança, mercado de trabalho altamente competitivo e condições conjunturais (Breyfogle III, 1999).

■ Vantagens do método DMAIC:

– Maior receita: quando as empresas melhoram seus processos pelo método DMAIC, atingem níveis mais altos de produtividade. À medida que começam a aumentar sua produção com menos defeitos, normalmente começam a gerar mais receita.

– Custo reduzido: é frequente numa empresa não ter a perceção de quanto tempo e recursos desperdiça nos seus processos. Este método ajuda a reduzir a quantidade de

tempo e recursos desperdiçados, o que economizará dinheiro a longo prazo para o negócio.

- Produtividade aumentada: o único objetivo de implementar o Seis Sigma é reduzir o desperdício, isto aumentará a produtividade de uma empresa, pois é possível produzir mais utilizando menos recursos.

- Excelência operacional: é um desafio comum conseguir que os interessados num projeto de melhoria estejam alinhados com a verdadeira definição de sucesso. Antes de começar a corrigir qualquer problema é fundamental conseguir este alinhamento (Breyfogle III, 1999).

5.3. Filosofia Kaizen

Kaizen é uma palavra de origem japonesa, Kai (改) significa mudança e Zen (善) melhoria, refere-se a um processo de Melhoria Contínua da forma padrão de trabalhar. No contexto empresarial, o Kaizen é uma metodologia que permite baixar os custos e melhorar a produtividade.

O japonês Masaaki, considerado como o pai do Kaizen, dá particular importância ao *Gemba* (termo japonês que significa "local real"), o local de trabalho onde o verdadeiro valor é criado. Além disso, o envolvimento de todos os colaboradores da empresa é essencial nesta metodologia e o tempo é o melhor indicador de competitividade, além de atuar, de reconhecer e de eliminar os desperdícios existentes na empresa, quer em processos produtivos, quer na manutenção de máquinas ou mesmo em processos administrativos. Hoje em dia, o Kaizen é reconhecido mundialmente e aplicado em grandes indústrias por constituir um pilar importante na estratégia competitiva a longo prazo para as organizações (Guerra, 2010).

Na filosofia Kaizen é sempre possível fazer melhor, ou seja, nenhum dia deve passar sem que alguma melhoria seja implementada de forma a reduzir custos e aumentar produtividade. As mudanças feitas devem ser graduais e nunca bruscas, para não perturbar o equilíbrio da estrutura (Guerra, 2010).

Os principais objetivos desta filosofia baseiam-se em conseguir aplicar o Kaizen de forma positiva (Instituto Kaizen, 2015):

- Todos os desperdícios devem ser eliminados;
- Todos os colaboradores devem ser envolvidos no processo de melhoria;

- O aumento da produtividade deve ser baseado em ações que não necessitem de investimento financeiro alto;
- Pode ser aplicado em qualquer local/empresa;
- As melhorias obtidas devem ser divulgadas, como forma de ter uma comunicação transparente;
- As ações devem ser focadas no local de maior necessidade;
- O Kaizen deve ser direcionado para que o seu objetivo seja unicamente a melhoria de processos.

Qualquer empresa que adote a filosofia Kaizen, deve iniciar com a implementação de três atividades: Padronização (ciclo SDCA e PDCA), 5S e eliminação dos “*Muda*” (palavra japonesa significa desperdício).

O 5S é uma metodologia que foi criada e desenvolvida no Japão, no final da década de 60, e refere-se a um conjunto de práticas que procura a melhoria do desempenho das pessoas e processos e a redução de desperdícios a partir da organização do local de trabalho (Pinto, 2015). A principal vantagem desta metodologia é o aumento de produtividade através da redução do tempo de procura e acessibilidade imediata a material e informação necessários. Como consequência, a prática dos 5S conduz à melhoria da qualidade de serviço, uma maior satisfação dos colaboradores com o trabalho e uma redução de custos e aproveitamento de materiais.

O conceito 5S, de acordo com figura 4, deriva das expressões japonesas *Seiri* (Triagem), *Seiton* (Arrumação), *Seiso* (Limpeza), *Seiketsu* (Normalização) e *Shitsuke* (Disciplina), e deve ser implementando com o objetivo específico de melhorar as condições laborais (Pinto, 2015).



Figura 4 – Os 5S e o seu significado em português

[Fonte: <https://segurancadotrabalhonwn.com>]

O Ciclo PDCA (*Plan–Do–Check–Act*), também conhecido como Ciclo de Shewhart ou Ciclo de Deming, é uma ferramenta de gestão muito utilizada pelas empresas. Este ciclo de melhoria contínua (figura 5) pode ser adaptado para gerar o ciclo de uniformização. Para que as melhorias perdurem no tempo é necessário uniformizar ou normalizar, ou seja, todos têm de fazer do mesmo modo, seguindo a mesma sequência, as mesmas operações e as mesmas ferramentas.



Figura 5 – Ciclo PDCA

[Fonte: <http://www.doxplan.com>]

No ciclo PDCA para melhoria, o processo não é repetitivo como no ciclo SDCA (*Standardize–Do–Check–Act*). Melhorar um processo significa estabelecer uma nova meta para manter-se nela. A fase P é baseada nas etapas de identificação do problema, observação (reconhecimento das características do problema), análise do processo (descobrimiento das causas principais que impedem atingir as metas) e plano de ação (contramedidas sobre as causas principais). A fase D do PDCA de melhoria, é a de ação, ou atuação de acordo com o plano de ação para impedir as causas fundamentais. Na fase C, é feita a verificação, ou seja, a comprovação da efetividade do plano de ação para verificar se o bloqueio foi efetivo. Já na fase A existem duas etapas, a de padronização e a de conclusão. Na etapa de padronização, caso o bloqueio tenha sido efetivo, é feita a eliminação definitiva das causas para que o problema não volte aparecer. A etapa de conclusão consiste na revisão das atividades e planejamento para trabalhos futuros. Caso na fase C (*check*), o bloqueio não tenha sido efetivo, deve-se voltar na etapa observação da fase P (*plan*) (Pinto, 2015).

O Sistema de Gestão Kaizen é baseado na implementação de diversos sistemas de forma a alcançar o êxito de uma estratégia Kaizen. De seguida são apresentados dois sistemas Kaizen, os mais relevantes para o estudo realizado no capítulo 7.

A Gestão de Qualidade Total (*Total Quality Management* (TQM)) tende a garantir a qualidade na produção, possibilitando aos operadores a concentração, principalmente, nas atividades que acrescentam valor em cada processo. Este pilar tem como objetivo não deixar que os defeitos cheguem ao cliente, minimizando os custos de reproprocessamento, de correção de erros e de desperdício de tempo, materiais e trabalho (Instituto Kaizen, 2012).

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* (TPM)) tem como objetivo principal a manutenção eficaz dos equipamentos de forma a maximizar a eficiência dos equipamentos ao longo da sua vida útil. Pretende-se maximizar a eficiência em todas as máquinas, instalações e processos utilizados, de modo a reduzir ou eliminar as perdas, quer estas sejam devidas a avarias, micro-paragens, defeitos de qualidade, tempos de mudança ou mudança de referência. Assim pretende-se levar os operadores a intervir na identificação e eliminação das anomalias dos equipamentos, nas melhorias das condições de trabalho e de segurança. O objetivo principal do TPM é a redução significativa dos indicadores de avarias, acidentes e problemas de equipamento. Com esse

objetivo, é importante que os colaboradores elaborem uma manutenção básica aos equipamentos, executando algumas tarefas tais como: limpeza, lubrificação e inspeções básicas aos equipamentos, pois assim os operadores da manutenção poderão dedicar o seu tempo a atividades que acrescentem valor, como a manutenção preventiva e planeada (Instituto Kaizen, 2015).

■ Modelo dos 7 “MUDA”

Para a redução efetiva dos custos da produção, os desperdícios (“*muda*”) devem ser analisados e ponderados, pois têm uma relação entre si e são muitas vezes ocultos pela complexidade de uma grande organização. A ideia base é a de elaborar os processos de negócio de forma a diminuir ao máximo o desperdício, obtendo, desta forma, um fluxo contínuo composto apenas de processos que acrescentam valor ao objeto de negócio (Ferraz, 2011).

Os três “Mus” permitem que haja equilíbrio entre a capacidade e a carga, que quando desequilibradas normalmente dão origem a grandes perdas para a empresa. Os três vocábulos japoneses são:

- *Muda* – Refere-se ao desperdício, a tudo o que não acrescenta valor e, como tal, deve ser reduzido ou eliminado. Posto de uma outra perspectiva, desperdício refere-se a todas as componentes do produto e/ou serviço que o cliente não estará disposto a pagar (Pinto, 2009);

- *Mura* – Está relacionado com as inconsistências ou às irregularidades que devem ser eliminadas através da adoção do sistema *Just-In-Time* (JIT) procurando fazer apenas o necessário e quando pedido;

- *Muri* – Manifesta-se a partir da insuficiência ou do excesso que deverá ser eliminado pela uniformização do trabalho (Ferraz, 2011).

Toda a organização idealiza ter um sistema produtivo ausente de *muda*, mas não sendo possível à que se esforçar ao máximo para o reduzir. Isto passa primeiro por conhecer quais as fontes originárias desse mesmo desperdício, para depois os tentar eliminar. Os sete tipos de *Muda* são:

1. Excesso de produção é o maior dos desperdícios, porque origina outros como o movimento e inventário (*stock*). Este aumento desproporcional de produção relativamente ao necessário, origina a necessidade de espaço de armazenagem e colaboradores para lá trabalharem; equipamento extra para movimentar os

materiais (e mais mão de obra); peças, materiais e recursos adicionais para operar as máquinas.

2. Inventário é quando o *stock* é elevado. Por sua vez, quando se elimina o *stock* excessivo os problemas aparecem na forma de operações anômalas; produtos defeituosos; atrasos de entregas; desequilíbrios na utilização de mão-de-obra direta; avarias e paragens, etc. Além disso, carece de espaço; acarreta custos; necessita de armazenagem intermédia e pessoas para o movimentar; ter artigos que podem tornar-se rapidamente obsoletos e demora mais a responder a ordens urgentes
3. Espera de pessoas é um dos passos fundamentais neste desperdício é separar o Trabalho Máquina do Trabalho Homem. Muitas das vezes estes atrasos advêm da: espera de material; paragens e arranque; inspeções de qualidade; vigiar operação da máquina; *setup's* e alteração de ferramentas
4. Transporte diz respeito à deslocação de materiais de um posto de trabalho para outro, não acrescentando valor ao produto final. O resultado de todos os transportes desnecessários é: o custo; deterioração dos produtos, aumentando os rejeitados; tempo perdido; dispersão e o investimento na logística desperdiçado.
5. Movimento consiste em todo o movimento de um colaborador que não adiciona valor, ou seja, provocando um desperdício. Normalmente este desperdício está associado às deslocações das pessoas provocadas por sequências de trabalho incorretas ou a *layouts* desajustados ao nível ergonómico.
6. Sobre-processamento está associado a todo o trabalho a mais que o cliente exige. Este refere-se a processos fora de controlo que quando convertidos em processos mais simples, conduzem a resultados mais eficientes. Um aumento de defeituosos pode ser consequência de uma má utilização ou de ferramentas estragadas. Uma má organização do posto de trabalho e 5S (mais à frente será explicado), entre outros fatores, podem ser vistos como uma fonte de desperdício por excesso de processamento.
7. Defeitos ou problemas de qualidade na produção de peças têm custos. Para resolver e reduzir os defeitos deve-se encontrar a causa do problema, devendo analisar o processo; fazer uma análise sobre o mesmo; encontrar uma solução

estruturada para o problema e por fim verificar resultados. No ponto de verificação de resultados caso o processo esteja melhorado, deve-se proceder à normalização e prosseguir com a produção (Ferraz, 2011).

5.4. Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade são os meios que facilitam a resolução de problemas que possam interferir no bom desempenho de um processo, produto ou serviço, e permitem que a melhoria contínua seja alvo constante para uma organização. É através da utilização das ferramentas da qualidade que as organizações conseguem identificar a causa de um problema e desta forma tomar decisões mais acertadas para a resolução do mesmo (Juran, 1992).

As sete ferramentas básicas da qualidade são o diagrama de causa-efeito, a lista de verificação, os gráficos de controle, os histogramas, os fluxogramas, a análise de Pareto e os gráficos de dispersão.

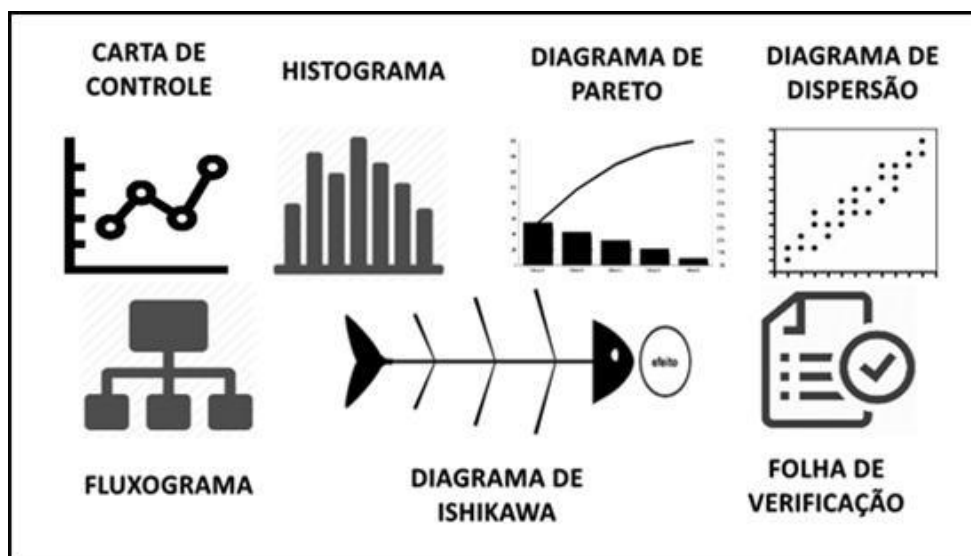


Figura 6 – As sete ferramentas básicas da qualidade

[Fonte: <https://www.portal-administracao.com>]

O contexto em que são aplicadas as ferramentas é determinante para a escolha da ferramenta ou ferramentas a usar. No entanto, para a implementação de ferramentas da qualidade numa organização deve ter-se em conta se existem todos recursos necessários para uma correta utilização das mesmas (Juran, 1992).

5.4.1. Fluxogramas

Fluxogramas ou gráficos de fluxo, são utilizados usualmente para descrever todas as etapas de um processo. Basicamente, um fluxograma representa uma sequência lógica e ordenada de todas as atividades constituintes de um processo produtivo ou procedimento assim como todas as relações entre elas. Tanto a simbologia mais utilizada num fluxograma como as suas fases constituintes, podem ser visualizadas na figura 7 (Blaga & Boer, 2012).

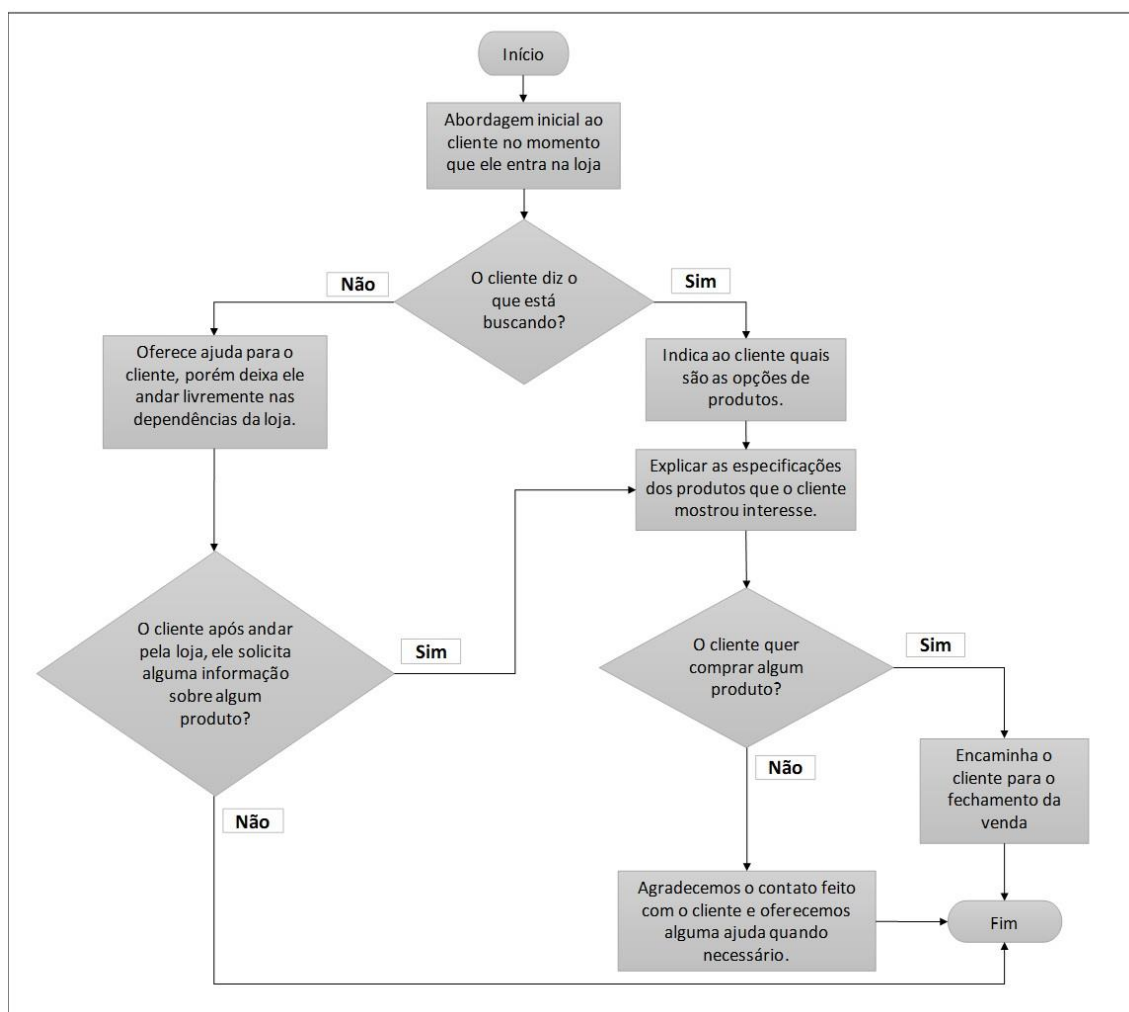


Figura 7 – Exemplo de fases e simbologia de um Fluxograma

[Fonte: <https://certificacaoiso.com.br/o-que-e-fluxograma-de-processos/>]

5.4.2. Diagramas de Causa-Efeito

Os Diagramas de Causa-Efeito, Ishikawa ou Espinha de Peixe, constituem a ferramenta mais utilizada e mais conhecida das sete em questão. Estes diagramas são

utilizados para ajudar a perceber quais as causas de uma ocorrência detetada (Blaga & Boer, 2012).

Normalmente as causas são agrupadas em categorias principais para identificar as fontes responsáveis pela variação, sendo que as categorias mais utilizadas podem ser consultadas através da figura 8.



Figura 8 – Exemplo de Diagrama de Ishikawa

[Fonte: <https://lean.blog.br/diagrama-ishikawa-e-grafico-de-pareto/>]

5.4.3. Diagramas de Pareto

Os Diagramas de Pareto são basicamente formados por um gráfico de barras e por uma linha que representa a frequência relativa acumulada. O gráfico de barras tem as frequências das ocorrências ordenadas da maior para a menor, isto para observar que ocorrências têm maior impacto sobre uma preocupação específica (ver figura 9).

Os Diagramas de Pareto refletem o “Princípio de Pareto”, que foi constatado por Wilfredo Pareto, quando este verificou que 80% dos efeitos eram originados por 20% das causas. Desta forma, os Diagramas de Pareto são essenciais para estipular o foco de uma organização, no que toca à resolução dos seus principais problemas (Blaga & Boer, 2012).

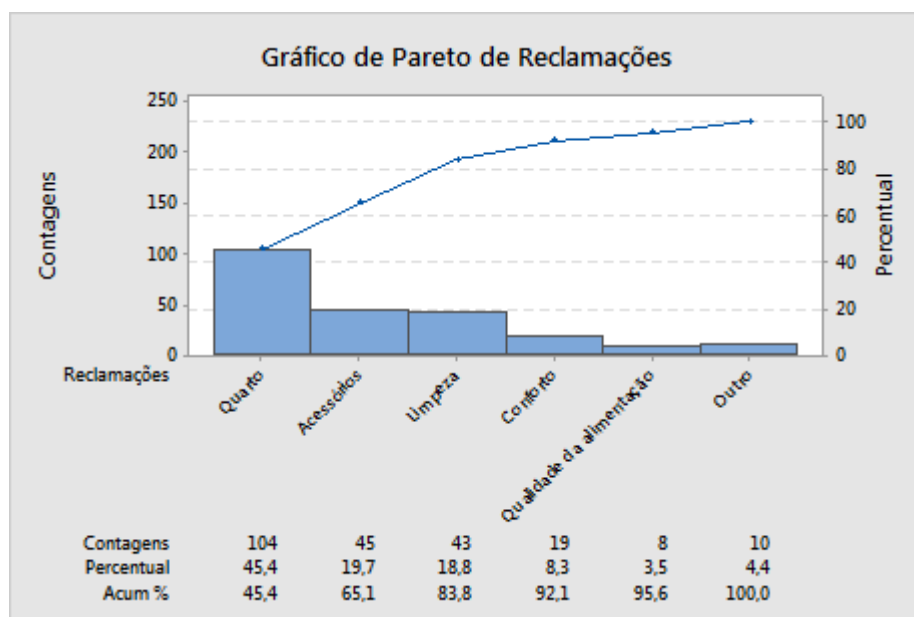


Figura 9 – Exemplo de Diagrama de Pareto

[Fonte: <https://support.minitab.com/pt>]

5.4.4. AMFE – Análise Modal de Falhas e seus Efeitos

A Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA – “*Failure Mode and Effect Analysis*”) é um método indutivo que permite analisar para cada componente de um sistema de uma forma sistemática os vários modos de falha que poderão ocorrer, as suas causas e os seus efeitos no funcionamento e segurança do sistema. Este método também pode ser definido como uma técnica de engenharia usada para definir, identificar e eliminar falhas conhecidas e/ou potenciais, problemas e erros de um sistema, projeto, processo e/ou serviço, antes que chegue ao consumidor (Santos, 2011).

AMFE pode ainda ser vista como uma ferramenta que segue os princípios da gestão da qualidade total, que tem como objetivo avaliar e diminuir os riscos de um produto ou processo, recorrendo à análise das possíveis falhas (determinação da causa, o respetivo efeito/risco para cada falha) e implementação de ações corretivas para melhorar a fiabilidade e qualidade do produto ou processo, procurando aumentar a satisfação e a fidelização dos clientes (Santos, 2011).

A altura ideal para a realização de uma AMFE é um dos fatores mais importantes para a sua implementação. A implementação deste método num projeto começa com o desenvolvimento de uma lista sobre o que projeto deverá e não deverá fazer, ou seja, é definido o objetivo do projeto. A incorporação das necessidades e expectativas do cliente, os requisitos do produto, podem ser úteis para a definição do objetivo do projeto. Quanto

melhor for a definição das características desejadas, mais fácil será a identificação dos potenciais modos de falha e as respectivas ações corretivas (Pedrosa, 2014).

5.5.OEE – Overall Equipment Effectiveness

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* é um método de medição que é habitualmente usado pelas empresas que integram uma produção *Lean*. *Lean* é uma filosofia de gestão sustentada em princípios e práticas visando a eliminação de desperdícios e consequente adição de valor. Sendo um processo de melhoria contínua que envolve toda a organização.

Tradicionalmente em programas de TPM (*Total Productive Maintenance*) utiliza-se muito o indicador OEE. O OEE tem como objetivo responder a três perguntas importantes:

- Com que frequência os equipamentos ficam disponíveis para operar?
- O quão rápido é a produção?
- Quantos produtos foram produzidos sem defeitos?

O objetivo de implementar a metodologia do TPM é adquirir produtividade e qualidade globalmente melhoradas através do uso eficaz dos equipamentos de produção e o OEE é uma medida de desempenho que determina a taxa de eficácia do equipamento (Nakajima, 1988).

Contudo, é importante diferenciar dois conceitos que são largamente usados, ainda que de forma errada, quando se refere OEE: eficiência e eficácia. A eficiência mede um rácio entre *input* consumido para um certo *output*. Uma operação foi realizada de forma eficiente quando consumiu o mínimo de recursos na obtenção de um determinado resultado. A eficácia, para se medir como um rácio, refere-se aos eventos em que se conseguiu o esperado, face àqueles em que isso não sucedeu. Avalia até que ponto se alcançou um determinado resultado, independentemente da forma como foi obtido. O OEE é uma medida de eficácia cuja forma mais simples e rápida de calcular é obtida por:

$$OEE (\%) = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal} \times \text{Produção OK}}{\text{Tempo de Produção}} \quad (\text{eq. 1})$$

A única informação necessária para calcular o OEE desta forma é a apresentada na equação 1, o número de peças que vão de encontro às especificações do cliente, quanto

tempo estava planejado produzir essas peças e qual o tempo de ciclo ideal a que a máquina estaria a produzir. A identificação de perdas e, posteriormente, identificação de oportunidades de melhoria, Nakajima (1988) estratificou o OEE em três índices, índice de disponibilidade, índice de desempenho ou *performance* e índice de qualidade, conforme mostra a equação 2 (Fonseca, 2017).

$$\text{OEE (\%)} = \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \times \text{Qualidade (eq. 2)}$$

– Índice de Disponibilidade

Este indicador reflete as paragens da linha de produção que afectam diretamente a disponibilidade dos equipamentos. Geralmente estão relacionadas à quebra, tempo de *setup* das máquinas, falta de materiais, etc. Estas ocorrências não esperadas são chamadas de *downtime* e o tempo que sobra para execução de paragens planeadas e produção é o tempo de operação. O tempo de operação é o tempo de produção menos a soma de todos os tempos de indisponibilidade no intervalo de tempo em que estava previsto produzir.

Em termos de eficácia, disponibilidade significa produzir como planejado, manter a máquina a correr no tempo que era suposto minimizando paragens. A principal razão para medir o OEE é reduzir o tempo perdido na produção, se realmente se souber o porquê é fácil de corrigir (Fonseca, 2017).

– Índice de Desempenho (ou *Performance*)

Toda linha produtiva tem uma capacidade máxima e esta capacidade está relacionada com o tempo do que é produzido na linha. O índice de desempenho representa a percentagem da velocidade de produção com relação a velocidade nominal, ou seja, velocidade de produção atual em relação a velocidade com que o equipamento produziu e foi projetado para tal. Alguns fatores que impactam diretamente na *performance* são: ineficiência dos operadores, materiais fora de especificação e falta de treinamento dos funcionários (Fonseca, 2017).

– Índice de Qualidade

O índice de qualidade é o FTT (*First Time Through*), ou seja, todas as peças produzidas estão de acordo com as especificações na primeira tentativa, a dividir pelo número total de peças produzidas.

Produção rejeitada é toda aquela que não é conforme com as especificações à primeira tentativa, quer possa ser posteriormente corrigida (com um novo investimento, retrabalho) ou vendida a um preço inferior (como um produto de uma gama inferior). A estratégia que se deve seguir entre recuperar o estado de conformidade dos produtos ou simplesmente recuperar as peças rejeitadas é uma questão de gestão e financiamento, completamente independente do cálculo do OEE (Fonseca, 2017).

6. Estudo dos processos de produção de material laboratório

No período inicial do estágio fez-se um acompanhamento do funcionamento das várias linhas de produção com o objetivo de ficar a conhecer os diferentes processos de fabrico de material laboratório.

O conhecimento adquirido nesta fase inicial foi fundamental para o desenvolvimento do trabalho cujos resultados se apresentam e discutem no capítulo 7. O vidro é um material com características muito particulares e isso faz com que os processos de transformação tenham que ser devidamente adaptados.

6.1. Vidraria científica

No período inicial do estágio fez-se um acompanhamento do funcionamento das várias linhas de produção com o objetivo de ficar a conhecer os diferentes processos de fabrico de material laboratório.

O vidro é uma substância sólida e amorfa, de elevada dureza, essencialmente inerte e biologicamente inativa. O vidro comum obtêm-se por fusão por volta de 1250 °C de uma mistura constituída principalmente por dióxido de silício, (SiO_2), carbonato de sódio (Na_2CO_3) e carbonato de cálcio (CaCO_3).

Num laboratório de química ou biologia é indispensável o uso de vidraria para a realização de atividades experimentais, podendo ou não ter graduações na sua superfície externa. O tipo de vidro utilizado no fabrico de material de laboratório não reage com a maioria das substâncias utilizadas nas atividades laboratoriais e pode ser submetido ao aquecimento direto ou indireto sem quebras. A fim de adquirir essa resistência ao calor, ao choque térmico e aos produtos químicos é comum no fabrico de material científico utilizar vidro borossilicato, que ao contrário do vidro comum contém boro na sua constituição.

Por vezes, o material laboratório tem cor âmbar (ver figura 10) para reduzir a reação ou degradação dos compostos químicos pela luz.



Figura 10 – Balão volumétrico âmbar 250 ml

[Fonte: Catálogo Normax. 2019]

A vidraria científica é usada em condições, por vezes, muito exigentes: exposição a produtos químicos como bases fortes, altas/baixas pressões e/ou temperaturas elevadas. É fundamental para a resistência dos produtos e segurança das pessoas que a vidraria esteja (razoavelmente) isenta de tensões internas. Quando o vidro é aquecido expande e criam-se camadas mais quentes e outras mais frias, as mais quentes no seu processo de dilatação “empurram as camadas mais frias” causando microruturas. Quanto maior for o coeficiente de expansão térmica de um vidro, menor é a sua resistência térmica, para reduzir as tensões internas usa-se o recozimento (Faria, 2019).

O recozimento é o processo que consiste na elevação da temperatura de um objeto de vidro permitindo relaxar as tensões internas (estando todo o objeto à mesma temperatura – temperatura de recozimento). O objeto é mantido a esta temperatura durante algum tempo e depois é lentamente arrefecido até à temperatura ambiente para tal são usados fornos (arcas ou muflas) ou o processo manual com maçarico (figura 11) (Faria, 2019).

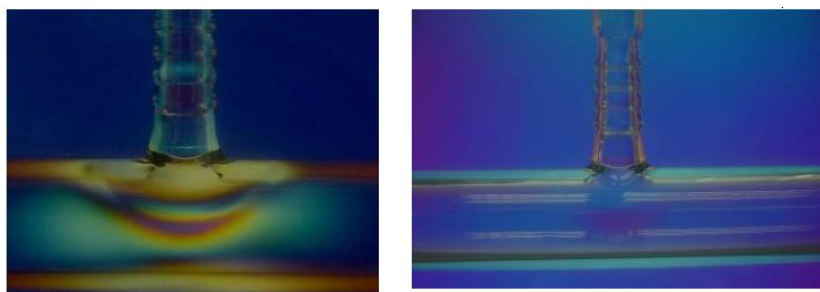


Figura 11 – Tubo com oliva antes e após o recozimento

[Faria, 2019]

O equipamento utilizado para observar as tensões no vidro é o polariscópio (figura 12), este instrumento consiste numa fonte de luz, além de um polarizador e um analisador, entre os quais a amostra a ser analisada é colocada. A fonte de luz pode ser tal que a luz emitida possa passar através de uma lente a fim de prover luz colimada (luz em que os raios são quase paralelos) que atingirá a amostra numa incidência normal (isto é, a 90° da superfície da amostra) ou, alternativamente, um difusor pode ser incorporado na lâmpada a fim de produzir iluminação difusa da amostra.

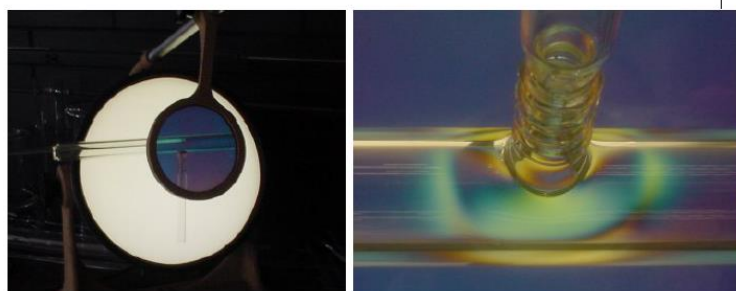


Figura 12 – Tubo com oliva acabada de soldar visto através de um polariscópio
[Faria, 2019]

Dos processos estudados, os mais importantes foram o fabrico de balões volumétricos, de buretas, de exsicadores, de frascos de laboratório, de ampolas, de picnómetros, de pipetas volumétricas e graduadas, de pipetas de Pasteur, de pipetas conta-gotas (PCG), de caixas de Petri, de vidros de relógio, de tubos de ensaio, de seringas de uso laboratorial, de tubos de ensaio, de provetas, de copos de precipitação, de balões *Erlenmeyers*, de destiladores, de lamelas e lâminas para microscopia e de calibração de vidraria volumétrica de laboratório.

A Normax dispõe de produtos de alta qualidade que distribui por laboratórios escolares, universitários, industriais, de investigação, entre outros. A indústria farmacêutica e a área da saúde são exemplos de clientes que compram em larga escala os produtos da empresa.

Inicialmente aprofundi os conhecimentos sobre a utilidade de alguns dos produtos, tais como: balões volumétricos que são utilizados para preparação de soluções; as provetas são usadas para medir e transferir líquidos e soluções; pipetas graduadas são usadas para medir e transferir volumes de líquidos ou soluções, em que se coloca o líquido por um orifício na extremidade inferior através da sucção; as pipetas volumétricas têm a mesma aplicação das anteriores, porém, o volume que é medido e transferido é fixo; as buretas

medem volumes de líquidos e soluções que são colocados pela abertura na parte superior, estes volumes são transferidos por escoamento, na parte inferior, seu principal benefício é possuir uma torneira que permite escoar com precisão a quantidade desejada, até mesmo gota a gota, possui uma escala de graduação em toda a sua extensão, e é possível realizar a leitura de volume escoado; os copos de precipitação têm diversas finalidades, auxiliam na preparação de soluções, permitem realizar reações e misturas; balão *Erlenmeyer* é usado principalmente em titulações, onde fica o titulado, isto é, a solução que se quer determinar a concentração, com algum indicador ácido-base adicionado, comparado com o copo tem a vantagem de seu formato ser cônico, o que permite agitação manual reduzindo o risco de perda do conteúdo; frascos de laboratório são destinados ao armazenamento de substâncias; o exsiccador é utilizado para armazenar e secar amostras com baixa humidade ou que sejam sensíveis a este parâmetro; as caixas de Petri são muito utilizadas em laboratórios de microbiologia e rotinas de bacteriologia para cultura e identificação de microrganismos; a pipeta de Pasteur é um utensílio tipo conta-gotas, geralmente formado por um tubo de vidro de ponta fina que, enchendo-se por sucção, serve para efetuar a transferência de pequenas porções de líquidos; uma pipeta conta-gotas é um instrumento de medição, aplicação e transferência rigorosa de volumes líquidos, especialmente em medicamentos. É importante realçar que todos estes produtos (ver figuras 13 e 14) são fabricados de acordo com as normas internacionais (ISO) e uma das funções do Controlador da Qualidade é verificar desde do início do processo de fabrico até ao produto final que são cumpridas as especificações exigidas pela respetivas normas de forma a garantir a conformidade dos produtos.



Figura 13 – Alguns dos produtos fabricados pela Normax
[Fonte: Catálogo Normax, 2019]



Figura 14 – Alguns dos produtos fabricados pela Normax

[Fonte: Catálogo Normax, 2019]

A empresa produz destiladores de água (figura 15) são equipamentos utilizados para a destilação de água para procedimentos laboratoriais. A água destilada tem função importante em laboratórios ou indústrias, pode ser usada como reagente e solvente, além de ser empregada em diversas aplicações.

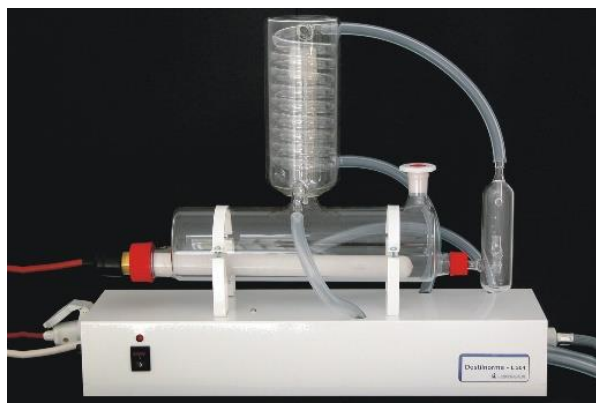


Figura 15 – Destilador

[Fonte: Catálogo Normax, 2019]

Durante a realização do estágio foi ainda acompanhada a elaboração de projetos de concepção e desenvolvimento de vidraria especial de laboratório, como por exemplo:

– Células de Franz (figura 16) são utilizadas para o estudo *in vitro* de libertação e absorção cutânea, são extremamente importantes na otimização das técnicas de elaboração e da escolha adequada dos componentes de produtos farmacêuticos.



Figura 16 – Célula Franz



– Buretas de acordo com a norma ASTM D2699. Estas buretas (figura 17) são utilizadas para o teste padrão da determinação do índice de octano na gasolina. A graduação da bureta é “especial” em que é marcada uma escala de 3% a 100%, enquanto que 0% corresponde a uma bureta completa, próxima ao ajuste automático de zero no topo, proporcionando medição rigorosa, eficiente e conveniente.

Figura 17 - Bureta segundo a norma ASTM D2699

6.2. Processos de produção de vidraria de laboratório

Existem 3 processos fundamentais para a transformação do vidro.

O primeiro processo estudado foi o da fusão do vidro num forno. É uma técnica de fabricação de vidro que envolve a fusão da mistura vitrificável até se atingir a temperatura de trabalho. A esta temperatura, o vidro está fundido mas tem uma viscosidade que permite que o operador o manipule para ser moldado na forma pretendida.

Uma grande variedade de objetos podem ser produzidos através da fusão de vidro. As tinas para cromatografia, os cristalizadores e os exsicadores são exemplos de produtos fabricados por este processo.

O segundo processo estudado foi a transformação da chapa de vidro. A chapa de vidro é uma folha de vidro produzida geralmente por flutuação sobre uma camada de estanho fundido. Este método confere à chapa uma espessura uniforme e superfícies muito planas. A chapa de vidro é utilizada para o fabrico de lâminas e lamelas para microscopia, vidros de relógio, caixas de Petri, entre outros. A Normax fabrica diversos tamanhos de caixas de Petri, podendo ser em borossilicato ou vidro comum, vidros de relógio de diversas dimensões, lâminas para microscopia e utiliza chapa de vidro ótico para produzir lamelas.

No fabrico de caixas de Petri, a chapa de vidro é inicialmente cortada em tiras e depois em círculos (o tamanho do corte depende do tamanho da caixa a fabricar). De seguida, é colocada na máquina e a chapa sofre transformação ganhando a sua forma final. As caixas são impressas com a marca comercial. Seguem para o processo de recozimento, escolha e embalagem.

A Normax é líder mundial no fabrico de caixas de Petri em vidro e é a única empresa no mundo que as pode fabricar em dois tipos de vidro distintos. O processo de moldagem das caixas de Petri usado na Normax foi desenvolvido pela engenharia da empresa e é único no mundo.

O último processo estudado foi a transformação do tubo de vidro. Sua forma especial combinada com a diversidade de tipos de vidro, podem ter várias espessuras e diâmetros, o comprimento habitual é de 1,5 metros. A maioria dos produtos de vidraria científica produzidos na Normax são fabricados por transformação de tubo de vidro. Como exemplos temos os balões volumétricos, pipetas de Pasteur, pipetas volumétricas e graduadas, PCG, tubos de ensaio, entre outros.

Para além do estudo dos processos de produção em si, também foi necessário estudar os tipos de defeitos gerados para cada produto, os planos de inspeção e ensaio adequados a cada linha de produção, ficar a conhecer os ensaios realizados, tal como, o ensaio polariscópico, saber como realizar medições com um paquímetro, uma craveira e um micrómetro.

Plano de Inspeção e Ensaio (PIE) é o documento onde se definam os parâmetros a inspecionar, quando é realizada a inspeção, que amostra é inspecionada, que critérios de aceitação ou rejeição são utilizados.

Foi também necessário compreender como se realiza a inspeção diária dos produtos e perceber em que base é determinado o número de amostras a inspecionar. Compreender a diferença entre esta inspeção e a inspeção final a um lote, em que o número das amostras a inspecionar tem por base o número de peças fabricadas, enquanto a inspeção realizada durante a produção está relacionada com a cadência do processo, ou seja, o número de unidades fabricadas por hora.

Estudar a definição de defeito que consiste na não satisfação de um requisito relacionado com a utilização pretendida ou especificada para um determinado produto (ISO 9000:2015).

Perceber que os defeitos estão classificados como: críticos, secundários e primários, e que existe um AQL – Nível de Qualidade Aceitável para cada um destes.

Os defeitos críticos são os que restringem gravemente a utilização do produto. Neste sentido são aqueles que têm de ser mais evitados; os defeitos primários afetam o funcionamento do produto ou afetam seriamente o seu aspeto do produto; os defeitos secundários não afetam o desempenho do produto mas afetam ligeiramente o seu aspeto ou a fluidez do processo produtivo.

O defeito crítico é um defeito para qual o nível de risco da não aceitação do produto por parte do cliente é elevado.

Nesta fase do estágio foram adquiridos conhecimentos informáticos sobre o sistema de gestão da Qualidade da Normax (ISO 9001 e ISO 13485), o GIA (Gestão Integrada Alidata), sistema de Controlo Estatístico do Processo (SPC) e de controlo da Produção (Gp Normax) desenvolvidos internamente pela equipa de Engenharia da Normax. Este sistema permite que todos os lotes fabricados sejam controlados estatisticamente, de forma

automática, através dos resultados de inspeção inseridos pelos operadores e pelos controladores de qualidade.

As cartas de controlo e os histogramas são gerados automaticamente durante a produção do lote e são emitidos alertas de qualidade quando o processo de fabrico está fora de controlo ou existe uma tendência indesejável que potencia a existência de defeitos.

Um processo fora de controlo é aquele em que existe demasiada variação nos resultados e portanto não é possível garantir a conformidade com as especificações definidas.

Um processo sob controlo é estável e os seus resultados são previsíveis e dentro das especificações previamente definidas.

7. Apresentação e discussão de resultados

Uma das linhas de orientação estratégicas da Normax é a melhoria da eficiência operacional dos processos. Por essa razão, a matriz de monitorização BSC tem de refletir essa orientação de uma forma muito clara. Neste trabalho desenvolveu-se uma nova versão da matriz, específica da Direção da Qualidade (7.1).

Um dos indicadores fundamentais presentes nesta matriz é o OEE (I1.4Q) que é um indicador genérico para todos os processos e é calculado como a média dos OEE de cada um dos processos/linhas de produção.

Os indicadores de desempenho do processo PCG são, na globalidade, os que se destacam como os que mais carecem de melhoria. Em seguida encontram-se os do processo de produção de pipetas de Pasteur.

Para aumentar a eficiência do Controlo de Qualidade é também importante aumentar a produtividade do processo de inspeção, para que a controladora possa dedicar mais tempo às atividades de melhoria e os operadores aumentem a produtividade sem comprometer a eficácia da inspeção. Nesse sentido, neste trabalho, foram implementados novos métodos de inspeção mais expeditos para pipetas de Pasteur (figura 18).

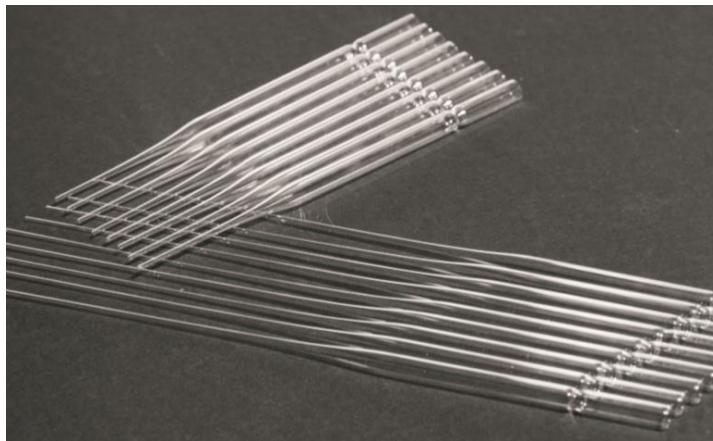


Figura 18 – Pipetas de Pasteur

[Fonte: Catálogo Normax, 2019]

Para reduzir o desperdício e melhorar a produtividade do processo de produção de PCG, dada a complexidade do processo, foi escolhida a metodologia Seis Sigma que segue uma abordagem estruturada em cinco fases (DMAIC).

A escolha da referência de PCG 4.5400536 (figura 19) para aplicação do método DMAIC está relacionada com o tamanho da pipeta, é aquela em que a probabilidade de falha

é maior, dada a complexidade do processo de transformação. Quanto menor for a pipeta, maior a dificuldade em manter o processo sob controle, o que significa um aumento do número de defeituosos produzidos com a correspondente redução da produtividade.



Figura 19 – Fotografia PCG 4.5400536

[Fonte: Catálogo Normax, 2019]

Na figura 22 é apresentado o fluxograma do processo de fabrico de PCG. O tubo de vidro é colocado na máquina que tem um sistema automático de alimentação. Em seguida, o tubo de vidro é cortado automaticamente por ação de um rodízio. No passo seguinte do processo, dá-se a moldagem, o vidro é aquecido por uma chama e é moldada a borda por uma outra ferramenta. Sucessivamente o bico é moldado por uma agulha que tem de estar alinhada horizontalmente e verticalmente e por fim o bico é dobrado. Após todo este processo de moldagem as pipetas caem aleatoriamente à saída da máquina para um tabuleiro. Este tabuleiro é posteriormente colocado na arca para o recozimento (processo explicado anteriormente). As pipetas nesta fase são inspecionadas pelo operador da máquina e pelo CQ (Controlo Qualidade).

Após o recozimento, as pipetas são escolhidas por operadoras chamadas de escolhedoras que têm a função de escolher/selecionar o produto conforme (não apresenta defeitos críticos nem primários) do produto defeituoso. A fase da escolha é inspecionada pelo CQ.

Estas PCG são embaladas numa caixa que tem de ter 10 000 pipetas (figura 20). No interior dessa caixa (figura 21) existem 20 sacos individuais em que teoricamente a massa pesada por saco corresponde a 500 pipetas.



Figura 20 – Caixa exterior da embalagem das PCG



Figura 21 – O interior da caixa exterior das PCG (10 sacos)

A inspeção final só é realizada a um lote se for necessário. Significa que existiram perturbações durante o processo de fabrico do produto em que é necessário garantir que este cumpre com as especificações. Ou seja, é uma inspeção ao lote em que é verificado estatisticamente com base no número de peças fabricadas. O resultado final é aceitação ou rejeição do lote. Se o lote for rejeitado, regra geral, é reprocessado para retirar os defeituosos e repetida a inspeção final para confirmar a sua conformidade (aceitação).



Figura 22 – Fluxograma processo de fabrico PCG

Este tipo de pipeta é utilizado em embalagens de produtos farmacêuticos e de dispositivos médicos para diagnóstico *in vitro*, como tal, é preciso ter em conta todo o meio envolvente desde do início do seu processo de fabrico até à sua embalagem.

De acordo com a legislação europeia em vigor um dispositivo médico para diagnóstico *in vitro* é definido como: qualquer dispositivo médico de diagnóstico *in vitro* que consista num reagente, produto reagente, calibrador, material de controlo, conjunto, instrumento, aparelho, equipamento ou sistema utilizado isolada ou conjuntamente, destinado pelo fabricante a ser utilizado, *in vitro*, na análise de amostras provenientes do corpo humano com o objetivo de obter dados relativos ao estado fisiológico ou patológico, anomalias congénitas, determinação da segurança e compatibilidade com potenciais recetores ou monitorização de medidas terapêuticas; recipiente(s) especificamente destinados pelo fabricante a conter ou preservar as amostras provenientes do corpo humano destinadas a um estudo de diagnóstico *in vitro* (Regulamento (UE) 2017/746).

As pipetas de Pasteur, material de laboratório criado pelo químico francês Louis Pasteur, recebem este nome em sua homenagem. Estas são utilizadas para efetuar a transferência de pequenas porções de líquidos. Ao contrário das outras pipetas (volumétricas e graduadas) estas pipetas não apresentam uma graduação. É no campo da Microbiologia que estas pipetas têm a sua principal aplicação, quando se pretende aspirar quantidades muito pequenas e sem volume pré-definido. Para aspirar o líquido (solução) para a pipeta usa-se uma *pompette* ou um macrocontrolador. A Normax também fabrica pipetas de Pasteur com filtro de algodão na extremidade superior.

Tendo por base o fluxograma da figura 23 no fabrico de pipetas de Pasteur o tubo de vidro é alimentado manualmente na máquina. De seguida, é moldado o estrangulamento e ao longo da máquina é moldado o corpo da pipeta. À saída da máquina existe um tabuleiro onde as pipetas caem. Posteriormente, as pipetas são colocadas numa bitola, onde são cortadas. Os operadores realizam a inspeção a seguir ao corte e embalam as pipetas. Nesta fase o CQ realiza também a inspeção. A inspeção final apenas é realizada se necessário, como explicado no fabrico PCG.

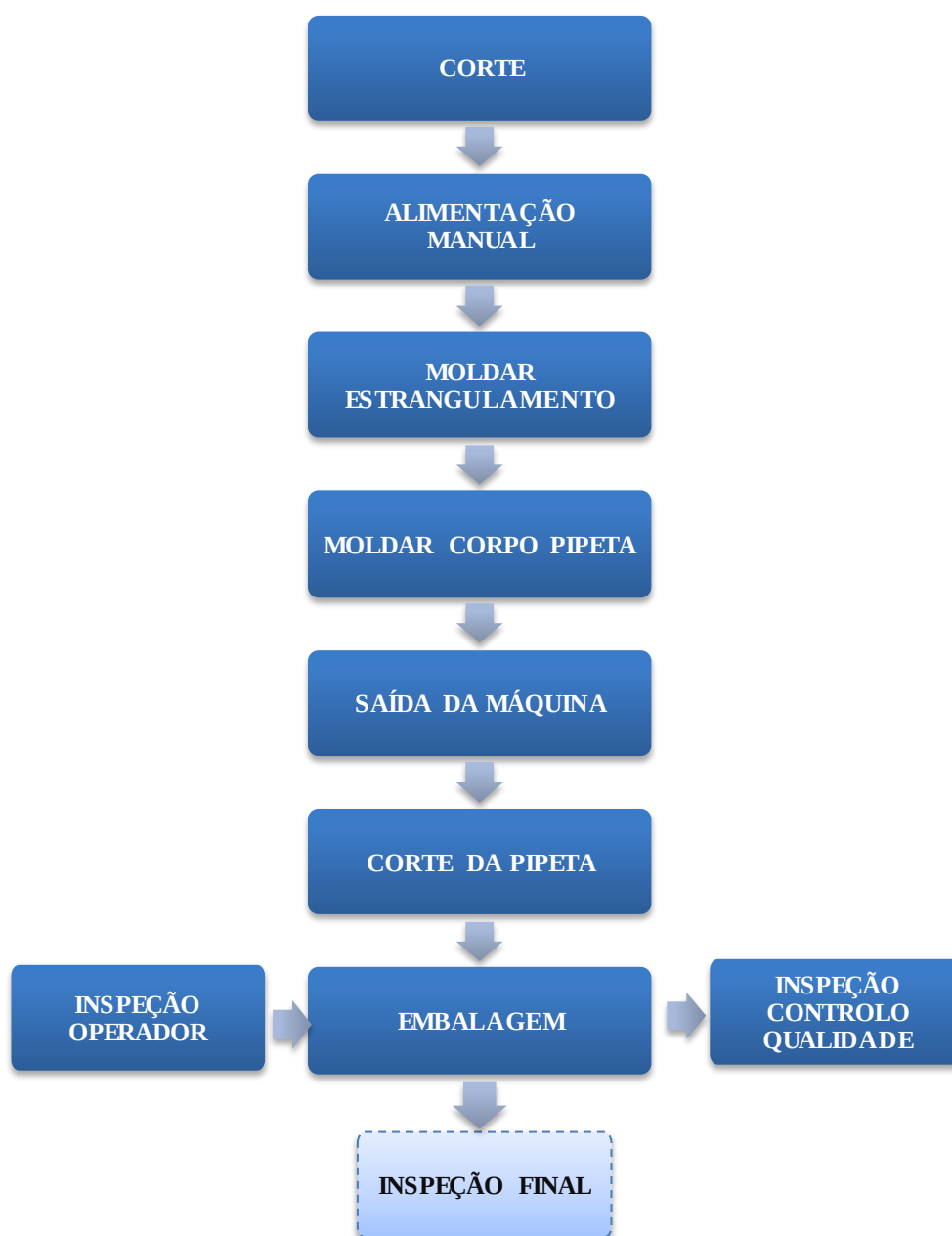


Figura 23 – Fluxograma processo de fabrico Pipetas de Pasteur

A base do trabalho desenvolvido é a análise estratégica da Direção da Qualidade e o estabelecimento de objetivos, indicadores e metas de desempenho. As intervenções realizadas nos processos de PCG, pipetas de Pasteur e inspeção têm como intuito atingir os objetivos e metas estabelecidas na matriz BSC.

7.1. Matriz *Balanced Scorecard* da Direção da Qualidade

A matriz BSC – *Balanced Scorecard* da Direção da Qualidade da Normax foi construída em articulação com a matriz BSC da empresa para garantir o respetivo alinhamento estratégico.

A criação desta matriz exige que estejam previamente definidas a visão e as estratégias da Direção da Qualidade da Normax, a partir das quais são definidos os fatores críticos de sucesso. Daí que seja indispensável estabelecer os indicadores de desempenho que permitam definir metas e medir os resultados alcançados em áreas críticas da execução das estratégias.

Esta metodologia de gestão de desempenho passa pela definição da Missão, Valores e Visão da empresa, que deve ser refletida em Objetivos Estratégicos, que por sua vez são monitorizados por Indicadores de Desempenho (KPI). Cada um desses Indicadores deve ter metas definidas. O Plano Estratégico identifica um conjunto de iniciativas de estratégias para o futuro, que irá concorrer para o cumprimento dessas metas.

A identificação dos temas mais críticos foi um ponto de partida importante e serviu de base à Análise Estratégica ao contexto envolvente, bem como a definição de linhas de orientação para o futuro da Direção da Qualidade, que por sua vez servem de referência ao desenvolvimento do Plano Estratégico.

Balanced Scorecard - Direção da Qualidade

Missão Proporcionar um serviço de garantia da qualidade, satisfazendo todas as partes interessadas

Visão Ser reconhecidos como uma empresa com produtos/serviços de excelência

Estratégias Melhorar de forma contínua a adequação e eficácia do Sistema de Gestão da Qualidade
 Optimizar a eficiência operacional dos processos
 Reforço da notoriedade de marca institucional NORMAX
 Concentrar no que é importante



Perspetiva	Objetivos Estratégicos	Iniciativas estratégicas	Indicadores estratégicos	Resp	Período	Meta 2019	Meta 2020
Cliente	C1 - Nível de satisfação do cliente	Monitorizar a satisfação dos clientes	C1. - Índice de satisfação do cliente	IF	A		
			C1.1Q - Atendimento telefónico	IF	A		
			C1.2Q - Frequência das visitas comerciais	IF	A		
			C1.3Q - Informação sobre o estado das encomendas	IF	A		
			C1.4Q - Informação técnica e esclarecimento de dúvidas	IF	A		
		Six sigma - intervenções para reduzir o prazo de entrega	C1.5Q - Prazos de entrega	RA	A		
		Reduzir o tempo de tratamento de reclamações	C1.6Q - Tratamento dado a reclamações	IF	A		
			C1.7Q - Opinião global sobre a Normax	IF	A		
			C1.8Q - Mediana mensal do tempo de fecho do tratamento de reclamações	IF	T		
	C2 - Maior valor para o cliente	Produzir informação técnica que ajude os clientes a utilizar os produtos e/ou reconhecer os pontos fortes dos nossos produtos	C2.3.Q Nº de emissões de info técnica e manuais de utilização	IF	T		
	C3 - Imagem de marca superior	International Meeting; Workshops; Comissões Técnicas ISO ou outras	C3.1 Eventos corporativos com participação da Qualidade	IF	S		
	C4 - Cumprimento dos prazos de entrega	Monitorização dos prazos de entrega	C4.3.1 - Mediana do prazo de entrega (mercado externo) (data factura-data enc)	RA	S		
			C4.3.2. - Mediana do prazo de entrega (mercado interno) (data factura-data enc)	RA	M		
			C4.3.3 - Prazo de entrega até 7 dias - Produtos e mercadorias classe stock A	RA	S		
			C4.3.4 - Prazo de entrega superior a 30 dias - Produtos e mercadorias classe stock A	RA	S		
		Projetos de melhoria do prazo de entrega	C4.4 - Número de ações de melhoria do prazo de entrega	IF	T		

Perspetiva	Objetivos Estratégicos	Iniciativas estratégicas	Indicadores estratégicos	Resp	Perio	Meta 2019	Meta 2020
Interna	I1 - Melhorar a eficiência dos processos	Automatização da gestão de EIME	I1.1Q - Nº inspeções na produção	RA	A		
		Diminuir o tempo de inspeções	I1.2Q - Nº inspeções na receção	RA	M		
		Avaliação dos pontos mais fracos de acordo com os indicadores e estabelecer ações de melhoria (determinação do âmbito para um novo projeto Six Sigma)	I1.3Q - Taxas de redução de desperdício (OEE)	RA	A		
			I1.4Q - Número de alertas da qualidade	IF	A		
			I1.4Q - Fator Q do OEE global (disponibilidade x eficiência x qualidade)	RA	T		
			I2.1. - # reclamações produto errado ou quantidade errada- erro nas vendas/1000 linhas de factura	IF	S		
			I2.2 - # reclamações produto errado ou quantidade errada-erro na expedição/1000 linhas de factura	IF	S		
			I3 - % adjudicações vs orçamentos elaborados (série saúde)	JG	T		
			I4 - Rentabilidade da produção (custo padrão/custo real)	RG	M		
			I5.1 - cumprimento do plano de comunicação	JG	S		
			I5.2 - # visitas ao web site	IF	S		
			I6 - Cumprimento do plano de investimento em inovação	JC	S		
			I7 - consumo de energia / dia útil	JC	T		
			I8- Compras(31)/Vendas(71)	JG	T		
			I9- Conta 62	SS	T		
Aprendizagem	A5 - Quantidade e qualidade das competências internas	Ações de melhoria nos processos de fabrico para aumentar o fator Q do OEE (redução do desperdício): - Six SIGMA PCG -Kaizen P Pasteur	I1.4.1Q - Fator Q do OEE PCG	RA	Lote	85	
			I1.4.2Q - Nível sigma PCG	RA	S	+0,7σ	
			I1.4.3Q - Fator Q do OEE Pipetas Pasteur	RA	Lote	95	
			I10-Redução do número de reclamações	IF	M		
			I10- Número de reclamações	IF	M		
Aprendizagem	A5 - Quantidade e qualidade das competências internas	Aumentar o conhecimento sobre as especificações dos produtos	A5.1.Q - Horas de formação interna realizada pela DQ (horas de formação/nº pessoas)	IF	A		
		Dar formação aos comerciais sobre a utilidade dos produtos					

Legenda:

IF – Isabel Faria;

JG - Jorge Casal

RA – Rute Almeida;

Perio - Periodicidade de avaliação;

Resp - Responsável;

A – Anual;

T – Trimestre;

S – Semestre;

M – Mensal.

Nota:

As metas para 2019 e 2020, não relacionadas com o projeto, não são apresentadas por razões de confidencialidade.

7.2. Seis Sigma – Redução do desperdício no fabrico de pipetas conta-gotas

Conforme ficou evidente na matriz do subcapítulo 7.1 o processo de produção de pipetas conta-gotas é aquele que mais carece de uma intervenção para melhoria de qualidade com consequente redução de desperdício. Espera-se no final da intervenção de melhoria, conseguir um aumento do fator Qualidade usado no cálculo do indicador de desempenho, OEE.

O método Seis Sigma foi escolhido como o método de abordagem prática para a melhoria do desempenho deste processo de fabrico, pois constitui um método organizado e sequencial que permite a identificação de causas de problemas e respetiva resolução, visando a melhoria contínua de processos, sendo esse o principal objetivo definido para este estudo de caso.

Os pontos 7.2.1 a 7.2.5 apresentam a implementação das 5 fases do método DMAIC aplicadas ao longo do estágio para a redução do desperdício na produção de PCG.

7.2.1. D – Definir

A primeira etapa do método DMAIC consistiu na definição clara do âmbito do projeto e das metas atingir.

A linha de produção em estudo precisava de ações de melhoria que permitissem estabilizar o processo de fabrico, no sentido de manter o processo sob controlo estatístico (redução de variabilidade).

Para a melhor compreensão da definição do projeto em estudo elaborou-se uma ficha de projeto, apresentada de seguida.

FICHA DE PROJETO			
INFORMAÇÃO GERAL DO PROJETO			
NOME PROJETO	Seis Sigma - Redução de desperdício no fabricoPCG		
PATROCINADOR DO PROJETO	Normax - Diretor Produção Rui Gomes		
GERENTE DO PROJETO	Dra Isabel Faria		
ENDEREÇO E-MAIL	isabel.faria@nomax.pt		
NÚMERO TELEFONE	(351) 244 572 064		
UNIDADE ORGANIZACIONAL	Direção da Produção		
PROCESSO IMPACTADO	Produção de pipetas conta-gotas		
DATA INÍCIO ESPERADA	Fevereiro, 2019		
DATA DE CONCLUSÃO ESPERADA	Julho, 2019		
POUPANÇA ESPERADA	250€/lote		
GREEN BELTS	Rute Almeida		
BLACK BELTS	Isabel Faria		
DESCRIÇÃO DO PROBLEMA, METAS, OBJETIVOS E RESULTADOS DO PROJETO			
PROBLEMA OU QUESTÃO	Elevada taxa de desperdício no processo fabrico PCG		
PROPÓSITO DO PROJETO	Diminuir o desperdício		
MÉTRICAS	Fator Q do OEE PCG≥ 85%; Nível sigma - aumentar em 0,7 sigma		
RESULTADOS ESPERADOS	Nova versão PIE; Nova Instrução de Trabalho; Relatório do estado do processo		
DEFINIÇÃO DO ÂMBITO DO PROJETO E O CRONOGRAMA			
DENTRO DO ÂMBITO	Processo de fabrico, escolha e controlo da qualidade PCG máquina nº24		
FORA DO ÂMBITO	Máquina nº183		
PROGRAMAÇÃO PROVISÓRIA	ETAPA	INÍCIO	FIM
	Formação da equipa de projeto / Revisão Preliminar / Âmbito	4-fev-19	11-fev-19
	Finalização do Plano de Projeto / Carta	12-fev-19	8-mar-19
	Fase de Definir	25-fev-19	8-mar-19
	Fase de Medir	21-mar-19	Fases decorreram em simultâneo
	Fase de Análise	26-abr-19	
	Fase de Melhoria	17-out-19	
	Fase de Controlo	28-jun-19	31-jul-19
	Relatório resumo do projeto e o fim	31-jul-19	31-out-19

DEFINIÇÃO DOS CUSTOS E RECURSOS DO PROJETO				
EQUIPA PROJETO	Isabel Faria e Rute Almeida			
RECURSOS DE APOIO	Operadores da máquina e as escolhedoras			

TIPO CUSTO	VENDEDOR/NOME TRABALHADORES	TAXA	QTDD	QUANTIA
TRABALHO	CONFIDENCIAL			
TRABALHO				
TRABALHO				
TRABALHO				
TRABALHO				
DIVERSOS				
		TOTAL CUSTOS		-

DEFINIÇÃO DOS BENEFICIADOS E CLIENTES DO PROJETO		
PROPRIETÁRIO DO PROCESSO	Normax	
PRINCIPAIS PARTES INTERESSADAS	Sociedade Normax, LDA	
CLIENTE FINAL	Normax	
BENEFÍCIOS ESPERADOS	Melhoria da produtividade por redução do desperdício	
TIPO BENEFÍCIO	DESCRIÇÃO COM BASE NA ESTIMATIVA	BENEFÍCIO ESTIMADO
ECONOMIAS DE CUSTOS ESPECÍFICAS	Diminuição da rejeição	CONFIDENCIAL
RECEITAS REFORÇADAS	Não	
MAIOR PRODUTIVIDADE	Sim	
MELHOR CONFORMIDADE	Sim	
MELHOR TOMADA DE DECISÃO	Sim - clareza dos critérios de rejeição	
MENOS MANUTENÇÃO	Sim, se conseguir fazer-se prevenção	
OUTROS CUSTOS EVITADOS	Horas de trabalho perdidas na escolha porque produto com defeitos é mais difícil de escolher	
		-

DESCRIÇÃO DOS RISCOS, RESTRIÇÕES E SUPOSIÇÕES DO PROJETO	
RISCOS	Não se conseguir perceber causas dentro do prazo esperado; Não se conseguir implementar as melhorias propostas
RESTRIÇÕES	Dependência da abertura à mudança

Preparado por:	Rute Almeida	Data:	outubro, 2019
----------------	--------------	-------	---------------

7.2.2. M – Medir

Um processo produtivo, não é mais do que a combinação de fatores que proporcionam obtenção de um dado produto final.

O primeiro passo desta etapa consistiu em perceber o funcionamento da máquina (nº24) bem como conhecer as ferramentas e produtos (como por exemplo, óleo lubrificante) utilizados.

Após a estudo do processo de fabrico tiraram-se amostras de pipetas à saída da máquina para avaliar a sua conformidade com as especificações estabelecidas. Nesta fase de medição foi possível identificar os vários tipos de defeitos que ocorrem e rever a sua classificação como críticos, primários ou secundários. Foi também possível perceber que uma pipeta pode apresentar mais do que um defeito em simultâneo, o que se revelou muito importante para o cálculo nível Sigma do processo.

A medição na escolha/embalagem permitiu avaliar os critérios de aceitação/rejeição. Nesta etapa também foi controlada a quantidade de pipetas por embalagem. Cada caixa deve ter 10 000 pipetas.

À saída da máquina foram analisadas 832 pipetas e na embalagem 320 pipetas. Ambas as amostras são estatisticamente representativas do processo, tendo em conta o período de tempo abrangido pela colheita das amostra.

7.2.2.1. Defeitos à saída da máquina

Esta fase de medição baseou-se nos documentos internos da Normax (Planos de Inspeção e Ensaio): PIE II.6.1A, PIE II.6.1.C e no desenho técnico da pipeta (ver anexos I, II e III).

Para o estudo dos defeitos das pipetas da referência 4.5400536 (Pipetas conta-gotas curva 5x36,5mm), foram recolhidas, diariamente, à saída da máquina, duas amostras de trinta e duas pipetas e inspecionadas de acordo com o PIE (anexo I). Estas amostras foram analisadas considerando a classificação dos defeitos apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Defeitos assinalados PCG

Tipo de defeito	Defeitos
Crítico	Q.S.L. (Quebras, Sedas e Lascas)
Crítico	Sujidade (não removível)
Crítico	Def. af. Fun. (Defeitos afetando o funcionamento)
Secundário	Def. ã af. Fun. (Defeitos não afetando o funcionamento)
Crítico	Partículas de vidro soltas
Crítico	Comprimento
Crítico	Diâmetro da borda
Primário	Espessura da borda
Primário	Diâmetro do furo

Para analisar o desempenho do processo de produção destas pipetas recorreu-se, a uma análise de frequências que é uma ferramenta muito utilizada em controlo de qualidade, organizando dados obtidos de forma clara e objetiva. Para a análise dos dados elaboraram-se tabelas com a frequência absoluta (fa), frequência relativa (fr) e a frequência relativa acumulada (fr ac).

Na tabela 3 são apresentados os resultados da medição dos defeitos à saída da máquina.

Tabela 3 – Defeitos à saída da máquina (sem detalhe)

Defeito	fa	fr %	fr ac %
Def. ã af. Fun.	54	36%	36%
Q.S.L.	32	21%	57%
Ø furo	25	16%	73%
Def. af. Fun .	18	12%	85%
Esp. borda	15	10%	95%
Sujidade	6	4%	99%
Ø borda	2	1%	100%
Partículas	0	0%	100%
Comprimento	0	0%	100%
Total	152	100%	

O defeito Q.S.L. afeta gravemente o funcionamento da pipeta e, quando utilizada como dispositivo médico para diagnóstico *in vitro* pode colocar em causa a segurança do utilizador.

Chegou-se à conclusão que os dados sobre a ocorrência deste defeito não estavam suficientemente detalhados para se distinguir qual a etapa do processo em que ocorriam. Assim, foi necessário quantificar os defeitos de uma forma mais detalhada, conforme se descreve na tabela 4. Foi necessário detalhar também os defeitos não afetando o funcionamento (afetam o aspeto do produto) e os defeitos afetando o funcionamento (colocam em causa a utilização do produto e afetam o seu aspeto) para se saber em que parte do processo é que as anomalias ocorriam (ver fluxograma da figura 22).

Tabela 4 – Defeitos detalhados

Tipo de defeito	Defeitos
Crítico	Q.S.L. Borda
	Q.S.L. Bico
	Q.S.L. Outros
Crítico	Sujidade (não removível)
Crítico	Def. af. Fun. Borda
	Def. af. Fun. Bico
	Def. af. Fun. Outros
Secundário	Def. ã af. Fun. Borda
	Def. ã af. Fun. Bico
	Def. ã af. Fun. Outros
Crítico	Partículas de vidro soltas
Crítico	Comprimento
Crítico	Diâmetro da borda
Crítico	Espessura da borda
Primário	Diâmetro do furo

Na figura 24 são apresentados alguns dos defeitos mais comuns que as pipetas conta-gotas podem apresentar.



Figura 24 – Fotografias de alguns dos defeitos de PCG

Verificou-se que a espessura da borda estava erradamente classificada no PIE, como defeito primário e percebeu-se que era um defeito crítico. Se a espessura da borda for demasiado elevada, esta não se adapta ao sugador de borracha; se for demasiado pequena a pipeta cai do sugadouro de borracha ou então não enche. O produto fica inutilizável.

Para a medição da quantidade de defeitos nas PCG analisaram-se 832 pipetas (amostras de 32 pipetas retiradas duas vezes por dia durante o fabrico do lote 81635), nesta amostra 210 pipetas apresentaram defeitos, conforme a tabela 5.

Tabela 5 – Defeitos (detalhados) das PCG à saída da máquina

Defeito	fa	fr %	fr ac %
Q.S.L. Borda	68	32%	32%
Esp. Borda	41	20%	52%
Ø furo	32	15%	67%
Def. af. Fun. Outros	16	8%	75%
Def. af. Fun. Borda	14	7%	81%
Sujidade	14	7%	88%
Q.S.L. Outros	11	5%	93%
Def. ã af. Fun. Borda	10	5%	98%
Def. af. Fun. Bico	2	1%	99%
Ø borda	2	1%	100%
Q.S.L. Bico	0	0%	100%
Def. ã af. Fun. Bico	0	0%	100%
Def. ã af. Fun. Outros	0	0%	100%
Partículas	0	0%	100%
Comprimento	0	0%	100%
Total	210		

Os dados apresentados na tabela 5 revelam que cerca de 65% dos defeitos das pipetas à saída da máquina estavam relacionados com alterações na borda. Assim, percebeu-se que mais de metade da taxa desperdício das PCG era causada por Q.S.L. da borda e pelo facto das dimensões da borda estarem frequentemente fora da especificação.

Para detalhar melhor os dados obtidos e facilitar a posterior análise, foi elaborada a tabela 6.

Tabela 6 – Defeitos da borda PCG à saída da máquina

Defeito	fa	fr %	fr ac %
Q.S.L. Borda	68	50%	50%
Esp. Borda	41	30%	81%
Def. af. Fun. Borda	14	10%	91%
Def. ã af. Fun. Borda	10	7%	99%
Ø borda	2	1%	100%

7.2.2.2. Avaliação do desempenho na escolha e embalagem

Na fase final do processo de fabrico, as pipetas são escolhidas e colocadas em sacos que devem conter 500 pipetas, cada um. A contagem manual deste número de pipetas gastaria um elevado período de tempo num dia de trabalho da escolhedora e no mundo industrial “tempo é dinheiro”, pelo que se opta pela pesagem dos sacos. O método de pesagem, substitui a contagem manual.

A empresa tem Instruções de Trabalho (anexos IV e V) claras, quanto aos procedimentos a seguir na escolha e embalagem.

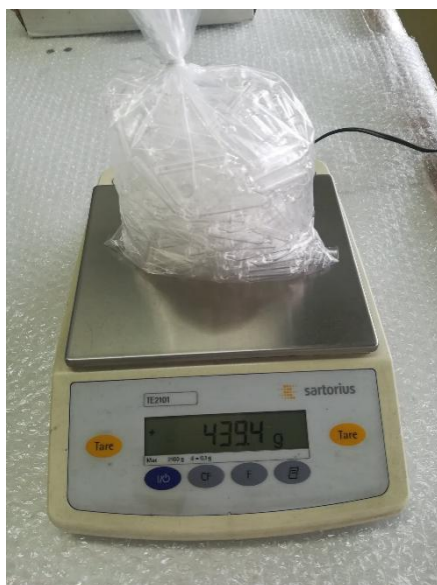


Figura 25 – Pesagem saco com PCG

No caso destas pipetas, o peso padrão que estava estabelecido por saco era de 439g a 440g (figura 25). Contou-se a quantidade de pipetas por saco no sentido de perceber se existia algum desperdício, tabela 7.

Tabela 7 – Resultados da contagem das pipetas embaladas

Peso por saco de pipetas (g)	Número de pipetas
439.4	493
439.7	494
439.7	494
439.4	493
439.3	493

Nota: A quantidade por saco foi imediatamente corrigida em todas as embalagens do lote para evitar prejuízo para o cliente.

Era fundamental verificar se a escolha estava a ser eficaz, para isso, mediu-se a quantidade de produto conforme (não defeituoso) erradamente rejeitado pelas operadoras.

Realizou-se uma recolha diária de uma amostra do produto rejeitado na escolha. Analisaram-se 320 pipetas rejeitadas das quais 296 tinham defeitos e 24 eram conformes (deveriam ter sido aceites e, ao invés, foram rejeitadas pela escolhadora). Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8 – Defeitos detetados na escolha

Defeitos	fa	fr %	fr ac %
Q.S.L. Borda	122	41%	41%
Esp. Borda	106	36%	77%
Def. af. Fun. Outros	25	8%	85%
Ø furo	17	6%	91%
Def. af. Fun. Borda	12	4%	95%
Sujidade	7	2%	98%
Def. af. Fun. Bico	6	2%	100%
Q.S.L. Outros	1	0%	100%
Q.S.L. Bico	0	0%	100%
Ø borda	0	0%	100%
Partículas	0	0%	100%
Comprimento	0	0%	100%
Total de defeitos	296		

Tendo por base a classificação dos defeitos, o produto é rejeitado de imediato quando apresenta defeitos críticos e primários.

Fizeram-se duas tabelas: a tabela 9 com a contagem das PCG rejeitadas pelas operadoras da escolha (defeitos críticos e primários) e a tabela 10 com a contagem do produto conforme rejeitado pelas escolhadoras e a contagem do produto com defeitos secundários que não coloca em causa a utilização deste apenas afeta ligeiramente o aspeto.

Tabela 9 – Defeitos das PCG rejeitadas na escolha/embalagem – defeitos críticos e primários

Defeitos críticos e primários	fa	fr %	fr ac %
Q.S.L. Borda	122	41%	41%
Esp. Borda	106	36%	77%
Def. af. Fun. Outros	25	8%	85%
Ø furo	17	6%	91%
Def. af. Fun. Borda	12	4%	95%
Sujidade	7	2%	98%
Def. af. Fun. Bico	6	2%	100%
Q.S.L. Outros	1	0%	100%
Q.S.L. Bico	0	0%	100%
Ø borda	0	0%	100%
Partículas	0	0%	100%
Comprimento	0	0%	100%
Total	296		

Tabela 10 – Defeitos das PCG rejeitadas na escolha/embalagem – defeitos secundários e conformes

Conformes/Defeitos secundários	fa	fr %	fr ac %
Conformes	9	38%	38%
Def. ã af. Fun. Bico	9	38%	75%
Def. ã af. Fun. Borda	6	25%	100%
Total	24		

De acordo com as tabelas 9 e 10, percebeu-se que o defeito que causava maior rejeição continuava a ser Q.S.L. na borda. Ou seja, o defeito que na escolha/embalagem apresentava maior percentagem de rejeição era o mesmo que foi detetado à saída da máquina, existia coerência entre os resultados.

Ao terminar a fase da medição, concluiu-se que a maior incidência dos defeitos nas pipetas era na borda, ou seja, era preciso atuar sobre esta parte do processo para eliminar estes defeitos e consequentemente diminuir a taxa de desperdício desta linha de produção.

Também se verificou que era necessário dar formação às escolhedoras porque na amostra analisada foram encontradas 24 pipetas conformes o que significa que estas operadoras estavam a rejeitar produto indevidamente, uma das causas que contribuía para a elevada taxa desperdício.

7.2.2.3. Indicadores de desempenho – OEE's

Para medir a eficiência e a produtividade da linha de produção PCG foi imprescindível o cálculo e a análise do indicador de desempenho – OEE, a melhor métrica para identificar perdas, avaliar o progresso e melhorar a produtividade dos equipamentos de fabricação.

Na tabela 11 são apresentados os valores de OEE calculados para cada lote de PCG antes do aplicação do método DMAIC.

Tabela 11 – Dados do OEE para PCG

Fase	Estado	Nº Lote	Desperdício %	Média Desperdício %	Qualidade %	Média Qualidade %	OEE %
Definição Medição	Antes da intervenção	78834	28	26	78	80	69
		78835	14		88		79
		79200	30		77		79
		79201	19		84		80
		79487	19		84		78
		79488	13		89		74
		80141	44		69		54
		80837	28		78		67
		80066	28		78		59
		81233	36		74		73
Implementação Análise	–	81635	28	–	78	–	69

Nesta fase de medição, sem nenhuma intervenção significativa implementada, a taxa de desperdício do fabrico de PCG era em média 26%, embora existissem produções como a do lote 80141 com uma taxa de desperdício 44%.

Uma vez que as duas métricas mais comuns num programa Seis Sigma são o DPMO e o nível Sigma, calculou-se o valor inicial médio do DPO pela equação 3, de seguida determinou-se o DPMO pela equação 4.

DPO

$$= \frac{\text{Nº de Defeitos}}{\text{Nº total de unidades em estudo} \times \text{Nº de oportunidades para defeitos por unidades}} \quad (\text{eq. 3})$$

$$DPMO = DPO \times 10^6 \text{ (eq. 4)}$$

Para a determinação do cálculo do nível Sigma utilizou-se a equação 5.

$$\text{Nível Sigma} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times \ln(DPMO)} \text{ (eq. 5)}$$

Tabela 12 – Cálculo nível Sigma inicial

	Número de unidades em estudo (N)	Número de oportunidades de defeito (O)	Total de defeitos (D)	DPMO	Nível Sigma
Antes intervenção	832	15	210	16827	3,6
Depois intervenção	–	–	–	–	–

O nível Sigma inicial calculado era de 3,6 como está apresentado na tabela 12.

7.2.3. A – Analisar

Nesta fase do ciclo DMAIC é importante analisar e explorar cada fonte de problema ou variação detetada, realizando uma estimativa de qual o resultado que pode ser obtido pela implementação de ações de melhoria focadas nas causas desses problemas. Para análise dos dados obtidos na fase de medição, recorreu-se às ferramentas da qualidade, com especial destaque para o diagrama de Pareto.

7.2.3.1. Análise de PCG à saída da máquina

Realizou-se análise recorrendo a gráficos de Pareto que consistem em colocar em ordem os defeitos e suas frequências do maior para o menor, a fim de dar prioridade aquele que deverá ser resolvido com maior urgência.

Este método é baseado no princípio de Pareto ou regra dos 80/20 que significa que 80% dos problemas são ocasionados por 20% das causas.

Com base nos dados da tabela 3 (pág. 58) foi feita a análise de Pareto em que a distribuição dos defeitos não é detalhada (figura 26).

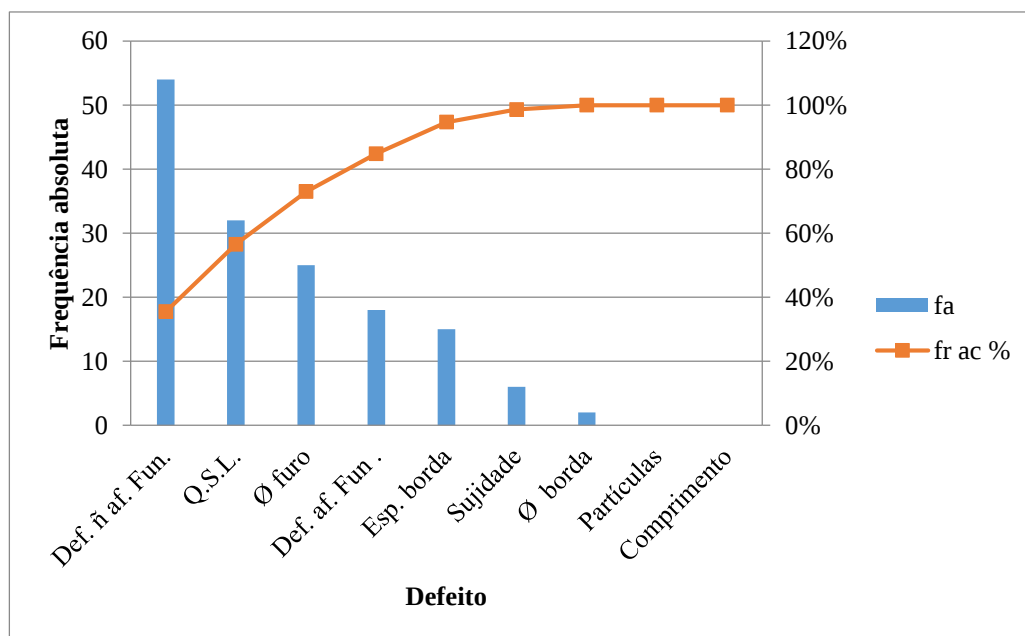


Figura 26 – Distribuição dos defeitos (sem detalhe) em pipetas colhidas à saída da máquina

De acordo com os resultados da tabela 5 (pág. 61) foi realizada a análise de Pareto da figura 27.

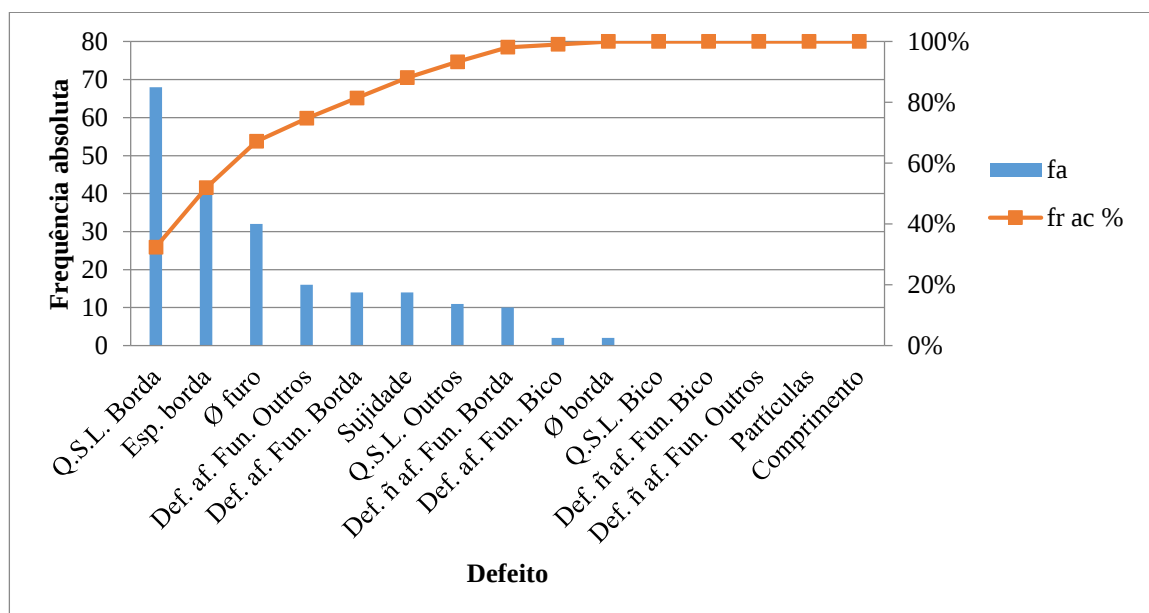


Figura 27 – Distribuição dos defeitos (com detalhe) em pipetas colhidas à saída da máquina

Analizou-se o gráfico da figura 27 e observou-se que 80% dos defeitos incidiam sobre a borda. Era obrigatório implementar ações de melhoria na máquina que conseguissem reduzir as deformações das bordas.

Com esta análise à saída da máquina verificou-se sem qualquer dúvida que uma das causas principais do desperdício estava relacionada com os vários tipos de defeitos que apareciam na borda das pipetas.

Depois de ter este conhecimento e conhecendo o funcionamento da máquina foi proposta uma ação de melhoria. Percebeu-se que uma das rodas de borracha apresentava sinais de deterioração, figura 28, e que poderia ser a causadora das deformações da borda.

Comunicou-se esta informação ao Diretor de Produção e foi pedida a substituição da roda de borracha danificada.



Figura 28 – Roda borracha degradada

Com a mudança da roda de borracha foi necessário recolher uma nova amostra de pipetas à saída da máquina para perceber que impacto que esta intervenção tinha tido no processo de fabrico de PCG.

Realizou-se uma nova análise de 288 pipetas à saída da máquina. Nesta fase, após a intervenção, esperava-se que a taxa dos defeitos incidentes na borda fosse ter uma redução bastante significativa.

Os resultados da análise dos defeitos após a mudança da roda de borracha são apresentados na tabela 13.

Tabela 13 – Defeitos das PCG após mudança da roda – lote 81802

Defeito	fa	fr %	fr ac %
Sujidade	16	36%	36%
Esp. borda	12	27%	64%
Q.S.L. Borda	12	27%	91%
Q.S.L. Outros	2	5%	95%
Def. ã af. Fun. Bico	2	5%	100%
Q.S.L. Bico	0	0%	100%
Ø furo	0	0%	100%
Def. af. Fun. Borda	0	0%	100%
Def. af. Fun. Bico	0	0%	100%
Def. af. Fun. Outros	0	0%	100%
Def. ã af. Fun. Borda	0	0%	100%
Def. ã af. Fun. Outros	0	0%	100%
Ø borda	0	0%	100%
Partículas	0	0%	100%
Comprimento	0	0%	100%
Total	44	100%	

Para se conseguir perceber melhor o impacto que esta intervenção causou na linha de produção em estudo compararam-se os resultados da tabela 5 (pág. 61) com os da tabela 13. Antes da mudança da roda de borracha em 832 pipetas 210 eram defeituosas. Com alteração da roda em 288 pipetas 44 eram defeituosas. Com a intervenção na máquina reduziu-se a taxa de desperdício de 25% para 15%, ou seja, reduziu-se 10% de produto não conforme, é um número bastante significativo. Regra geral, os lotes deste produto são de 100 000 unidades.

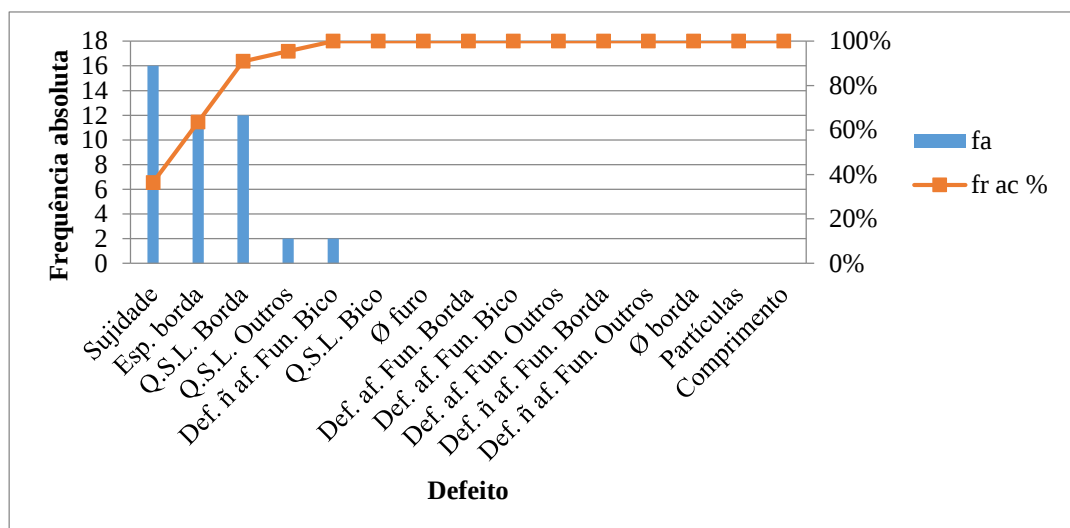


Figura 29 – Diagrama de Pareto após mudança da roda – lote 81802

Na análise do gráfico, figura 29, observou-se que com a mudança da roda de borracha os defeitos da borda à saída da máquina diminuíram e o principal defeito passou a ser a sujidade.

As pipetas à saída da máquina ficam em tabuleiros e posteriormente são colocados na arca para recozimento. Depois do recozimento as pipetas são armazenadas em outros tabuleiros até irem para a escolha/embalagem. Realizou-se uma análise a 832 pipetas destes tabuleiros e constatou-se que 84% dos defeitos encontrados eram lascas na borda das pipetas. Este defeito é causado, em parte, pela manipulação das pipetas entre o recozimento e o armazenamento temporário até etapa da escolha/embalagem. Foi necessário alertar a operadora para ter em atenção o manuseamento das pipetas de modo a evitar danificar as bordas.

7.2.3.2. Análise da escolha e embalagem

Analisou-se a contagem das pipetas embaladas por saco, cada um teria de conter 500 pipetas. Pela análise da tabela 7 (pág. 62) percebeu-se que a pesagem dos sacos das pipetas estava incorreto pelo que foi necessário definir um novo peso padrão para garantir que o cliente recebia 500 pipetas por saco.

Para análise da escolha/embalagem foi necessário construir 2 gráficos. No gráfico da figura 30 os valores apresentados dizem respeito aos defeitos críticos e secundários, que colocam em causa a utilização do produto, no gráfico da figura 31 são mostrados os valores do produto indevidamente rejeitado na escolha. Foi possível verificar, no gráfico da figura

30, a correta rejeição por parte da operadora das pipetas com defeitos que põem em risco o futuro utilizador.

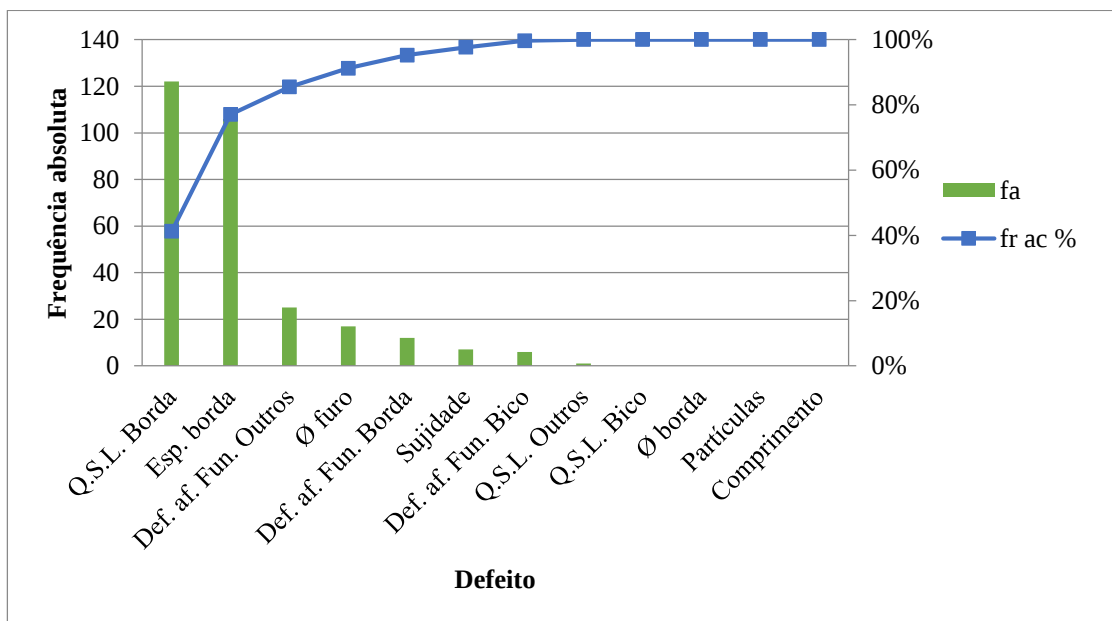


Figura 30 – Gráfico de Pareto do produto rejeitado escolha/embalagem

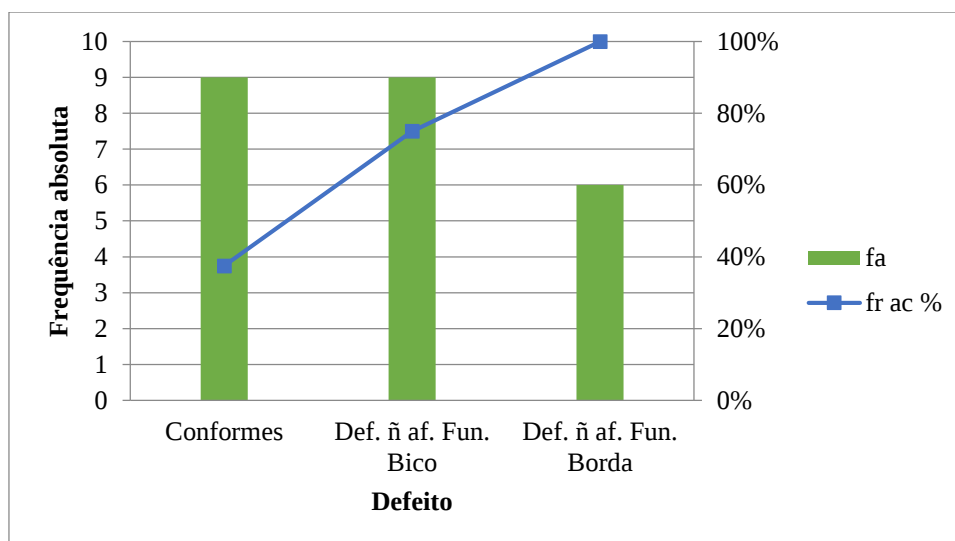


Figura 31 – Gráfico de Pareto do produto indevidamente rejeitado da escolha/embalagem

Pela análise do gráfico da figura 31 observa-se que cerca de 38% (9 em 24) da rejeição pela escolha/embalagem não apresentava nenhum tipo de defeito. Esta rejeição poderá ter estado relacionada com o facto de a escolha ser um trabalho monótono, rotineiro e cansativo, pois são demasiadas horas de trabalho seguidas a executar a mesma tarefa e a observar o mesmo tipo de produto.

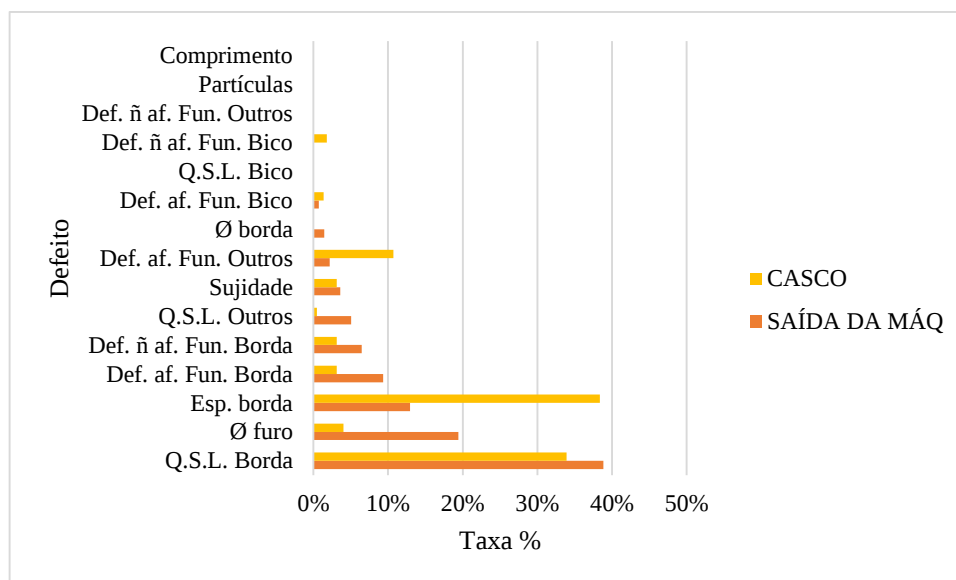


Figura 32 – Gráfico com taxa dos defeitos no casco e à saída da máquina – lote 81635

Na figura 32 compararam-se os defeitos das pipetas à saída da máquina e no casco do mesmo lote. Verificou-se que a escolhadora não rejeitou nenhuma pipeta com o diâmetro fora da especificação embora à saída da máquina tenha sido detetado esse defeito. Rejeitou pipetas com defeitos do bico não afetando o seu funcionamento, o que significa rejeição inadequada e excessiva. Todos os outros defeitos detetados à saída da máquina também foram causa de correta rejeição por parte da escolhadora.

Para a análise das causas das falhas neste processo, foi elaborado um diagrama de Ishikawa, representado na figura 33.

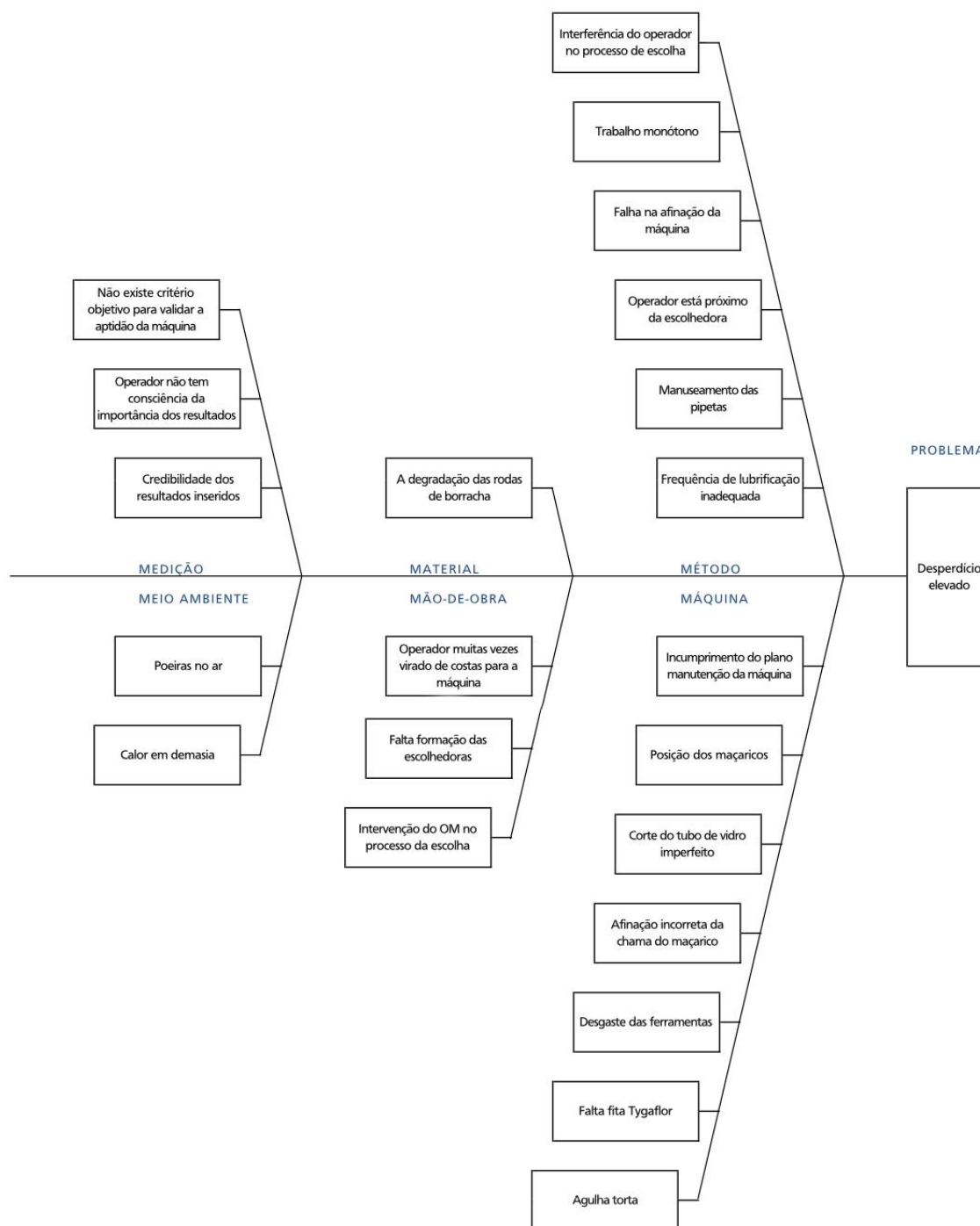


Figura 33 – Diagrama de Ishikawa

As falhas neste processo foram analisadas, posteriormente determinadas as respectivas causas e propostas ações de melhoria julgadas adequadas, utilizando a ferramenta Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (tabela 15).

O nível de Risco (R) foi calculado sendo que os resultados figuram na tabela 14. Este fator é obtido pelo produto do índice de gravidade (G) com o índice de frequência de ocorrência (F). A escala considerada para os vários fatores foi de Não aplicável/muito baixo – 1 até Muito Alto – 5.

A matriz da Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (AMFE) vai sendo construída à medida que as fases A, I e C do método DMAIC vão acontecendo.

Tabela 14 – Matriz do nível de risco (R) em função da gravidade e da frequência

Frequência	Gravidade				
	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Legenda da tabela 14:

G – Gravidade;

F – Frequência;

R – Risco;

Vermelho – Risco inaceitável;

Amarelo – Risco carece medidas de redução;

Verde – Risco aceitável.

Tabela 15 –Início da AMFE ao processo de fabrico PCG

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL		
			G	F	R
Quebras, sedas e lascas na borda	Manuseamento das pipetas	Perigo de ferimento no utilizador	5	3	15
	Frequência de lubrificação inadequada	Contaminação do produto farmacêutico			
	Posição dos maçaricos				
	Falta fita Tygaflor				
Furo deformado	Agulha torta	Pipetas com a especificação do furo fora das tolerâncias	3	3	9
	Corte do tubo de vidro imperfeito				
Sujidade	Degradação rodas de borracha	Contaminação do produto farmacêutico	5	3	15
	Poeiras no ar				
	Falta de um plano manutenção à máquina				
Espessura da borda	Desgaste das ferramentas	Produto não funciona	5	5	25
	Corte do tubo de vidro imperfeito				
	Degradação roda de borracha				
	Afinação incorreta da chama do maçarico				

Tabela 15 (cont.)

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL		
			G	F	R
Resultados por variáveis nem sempre são coerentes	Credibilidade dos resultados inseridos	Expedir produto não conforme para o cliente	4	2	8
Incumprimento da frequência especificada para CQ	Operador não tem consciência da importância dos resultados	Produto fora das especificações	5	3	15
Escolha sem critérios objetivos	Falta formação das escolhedoras	Enviar produto não conforme para o cliente Rejeitar produto conforme	5	2	10
Perda de concentração/ produtividade do operador	Operador está próximo da escolhedora	Causa distração, não estando concentrado em manter afinação ideal da máquina – aumento de defeituosos	4	3	12
Escolha ineficaz	Interferência do operador no processo de escolha (por exemplo, distração, deturpação, distração de critérios de escolha)	Produto não conforme enviado ao cliente	5	4	20
	Calor em demasia				
	Trabalho monótono				

Tabela 15 (cont.)

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL		
			G	F	R
Embalagem efetuada pelo operador da máquina	Intervenção do OM no processo da escolha	Produto não conforme a ser enviado para o cliente	5	5	25
Avárias na máquina	Incumprimento do plano manutenção da máquina	Redução OEE Aumento do desperdício	3	5	15
Pipetas com espessura da borda fora da especificação	Degradação roda de borracha	Produto defeituoso à saída máquina	5	4	20
Processo funciona sem validação da capacidade	Falha na afinação da máquina	Produto defeituoso à saída máquina Aumento taxa desperdício	4	5	20
	Incumprimento do plano manutenção da máquina				
	Não existe critério objetivo para validar a aptidão da máquina				

7.2.3.3. Análise OEE's

A figura 34 mostra a evolução dos indicadores da Qualidade, OEE e Desperdício no processo de produção das PCG durante no período anterior ao início do projeto. Mostra também os indicadores do lote 81635 que correspondem à fase de implementação de medidas como a mudança da roda de borracha e o aumento de atenção que o operador da máquina e os técnicos da manutenção passaram a dar a este processo. Este gráfico é revelador do facto de, em certa medida, as fases de análise e implementação coincidirem no tempo.

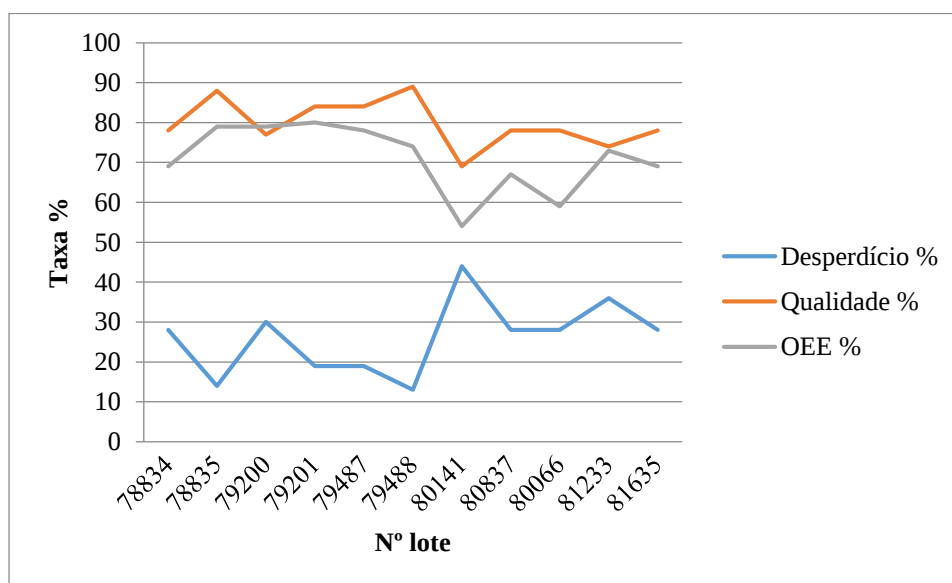


Figura 34 – Gráfico das PCG sem nenhuma intervenção

7.2.4. I – Implementar

Nesta fase, partindo das oportunidades de melhoria identificadas na fase anterior, determinaram-se e implementaram-se as ações de melhoria que se indicam na matriz da AMFE, tabela 16.

Destacam-se as principais ações implementadas, tais como a formação dos operadores da máquina e das escolhedoras, a embalagem tornou-se independente do operador da máquina e a etapa da escolha deixou de ser realizada ao pé do operador.

Foi mudada a roda de borracha da etapa de moldagem da borda e efetuadas algumas intervenções da manutenção noutros constituintes da máquina. Uma alteração também digna de nota foi a maior atenção dada ao desempenho do processo por parte das equipas de qualidade, produção e manutenção.

O plano de manutenção preventiva à máquina foi implementado parcialmente assim como a criação de critérios para avaliar aptidão da máquina.

Tabela 16 – AMFE intermédia ao processo de fabrico PCG

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL			AÇÕES DE MELHORIA PROPOSTAS
			G	F	R	
Quebras, sedas e lascas na borda	Manuseamento das pipetas	Perigo de ferimento no utilizador Contaminação do produto farmacêutico	5	3	15	Embalagem intermédia
	Frequência de lubrificação inadequada					Alertar operadores para evitar lascas nas pipetas
	Posição dos maçaricos					Aumento do número de aplicações de lubrificante
	Falta fita Tygaflor					Controlo rigoroso de afinação
Furo deformado	Agulha torta	Pipetas com a especificação do furo fora das tolerâncias	3	3	9	Renovação da agulha periodicamente
	Corte do tubo de vidro imperfeito					
Sujidade	Degradação rodas de borracha	Contaminação do produto farmacêutico	5	3	15	Periodicidade na mudança das rodas de borracha
	Poeiras no ar					Mudar local de escolha para zona limpa
	Falta de um plano manutenção à máquina					Plano manutenção da máquina
Espessura da borda	Desgaste das ferramentas	Produto não funciona	5	5	25	Mudança das ferramentas
	Corte do tubo de vidro imperfeito					Mudança periódica do rodízio
	Degradação roda de borracha					Mudança da roda de borracha
	Afinação incorreta da chama do maçarico					Controlo rigoroso da afinação

Tabela 16 (cont.)

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL			AÇÕES DE MELHORIA PROPOSTAS
			G	F	R	
Resultados por variáveis nem sempre são coerentes	Credibilidade dos resultados inseridos	Expedir produto não conforme para o cliente	4	2	8	Formação dos operadores Validação sistema medição
Incumprimento da frequência especificada para CQ	Operador não tem consciência da importância dos resultados	Produto fora das especificações	5	3	15	Formação dos operadores
Escolha sem critérios objetivos	Falta formação das escolhedoras	Enviar produto não conforme para o cliente Rejeitar produto conforme	5	2	10	Formação das escolhedoras – Clara – Manuela Obs: Não é evidente que toda escolha seja feita pelas escolhedoras treinadas
Perda de concentração/ produtividade do operador	Operador está próximo da escolhedora	Causa distração, não estando concentrado em manter afinação ideal da máquina – aumento de defeituosos	4	3	12	Mudar local de escolha para zona limpa

Tabela 16 (cont.)

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL			AÇÕES DE MELHORIA PROPOSTAS
			G	F	R	
Escolha ineficaz	Interferência do operador no processo de escolha (por exemplo, distração, deturpação, distração de critérios de escolha)	Produto não conforme enviado ao cliente	5	4	20	Mudar local de escolha para zona limpa
	Calor em demasia					Implementação de um sistema com visão artificial à saída da máquina
	Trabalho monótono					
Embalagem efetuada pelo operador da máquina	Intervenção do OM no processo da escolha	Produto não conforme a ser enviado para o cliente	5	5	25	Embalagem deve ser independente do operador da máquina
Avárias na máquina	Incumprimento do plano manutenção da máquina	Redução OEE Aumento do desperdício	3	5	15	Máquina tem componentes que devem ser substituídos periodicamente
Pipetas com espessura da borda fora da especificação	Degradação roda de borracha	Produto defeituoso à saída máquina	5	4	20	Alteração do PIE Correção do parâmetro espessura da borda de defeito primário para defeito crítico

Tabela 16 (cont.)

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL			AÇÕES DE MELHORIA PROPOSTAS
			G	F	R	
Processo funciona sem validação da capacidade	Falha na afinação da máquina	Produto defeituoso à saída máquina Aumento taxa desperdício	4	5	20	Critério para parar ou arrancar máquina
	Incumprimento do plano manutenção da máquina					Plano de manutenção preventiva à máquina
	Não existe critério objetivo para validar a aptidão da máquina					Criação de critérios para validar aptidão da máquina

7.2.5. C – Controlar

Esta é a fase mais longa do ciclo DMAIC, pois requer níveis consideráveis de empenho e de comprometimento por parte da equipa envolvida no projeto. Nesta fase, requer-se a implementação do controlo dos novos parâmetros associados aos processos, por exemplo, as melhorias implementadas, assegurando que as mesmas continuam a ser praticadas. Como tal, é necessário um acompanhamento contínuo dos processos.

Na fase de controlo pretende-se que as soluções implementadas sejam tomadas pela equipa como parte da rotina diária do processo. Só assim, as melhorias serão sustentáveis e perdurarão no tempo mesmo depois do projeto ter terminado. Neste projeto, a fase de controlo decorreu durante o tempo necessário para produzir três lotes.

A matriz AMFE apresentada na tabela 17 evidencia as melhorias implementadas e o respetivo impacto no risco de produção de produto não conforme.

Tabela 17 – AMFE final ao processo de fabrico PCG

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL			AÇÕES DE MELHORIA PROPOSTAS	CONTROLO	RISCO ATUAL		
			G	F	R			G	F	R
Quebras, sedas e lascas na borda	Manuseamento das pipetas	Perigo de ferimento no utilizador Contaminação do produto farmacêutico	5	3	15	Embalagem intermédia Alertar operadores para evitar lascas nas pipetas	Implementado	5	2	10
	Frequência de lubrificação inadequada					Aumento do número de aplicações de lubrificante	Implementado			
	Posição dos maçaricos					Controlo rigoroso de afinação	Implementado			
	Falta fita Tygaflor					Plano de manutenção preventiva	Implementado parcialmente			
Furo deformado	Agulha torta	Pipetas com a especificação do furo fora das tolerâncias	3	3	9	Renovação da agulha periodicamente	Implementado	3	1	4
	Corte do tubo de vidro imperfeito									
Sujidade	Degradação rodas de borracha	Contaminação do produto farmacêutico	5	3	15	Periodicidade na mudança das rodas de borracha	Implementado	5	2	10
	Poeiras no ar					Mudar local de escolha para zona limpa	Implementado			
	Falta de um plano manutenção à máquina					Plano manutenção da máquina	Não Implementado			
Espessura da borda	Desgaste das ferramentas	Produto não funciona	5	5	25	Mudança das ferramentas	Implementado parcialmente	5	1	5
	Corte do tubo de vidro imperfeito					Mudança periódica do rodízio	Implementado parcialmente			
	Degradação roda de borracha					Mudança da roda de borracha	Implementado			
	Afinação incorreta da chama do maçarico					Controlo rigoroso da afinação	Implementado			

Tabela 17 (cont.)

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL			AÇÕES DE MELHORIA PROPOSTAS	CONTROLE	RISCO ATUAL		
			G	F	R			G	F	R
Resultados por variáveis nem sempre são coerentes	Credibilidade dos resultados inseridos	Expedir produto não conforme para o cliente	4	2	8	Formação dos operadores Validação sistema medição	Implementado parcialmente	4	1	4
Incumprimento da frequência especificada para CQ	Operador não tem consciência da importância dos resultados	Produto fora das especificações	5	3	15	Formação dos operadores	Implementado	5	1	5
Escolha sem critérios objetivos	Falta formação das escolhedoras	Enviar produto não conforme para o cliente Colocar produto conforme no casco	5	2	10	Formação das escolhedoras – Clara – Manuela Obs: Não é evidente que toda escolha seja feita pelas escolhedoras treinadas	Implementado	5	1	5
Perda de concentração/ produtividade do operador	Operador está próximo da escolhedora	Causa distração não estando concentrado em manter a afinação ideal da máquina – aumento de defeituosos	4	3	12	Mudar local de escolha para zona limpa	Implementado	4	1	4
	Operador muitas vezes virado de costas para a máquina									

Tabela 17 (cont.)

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL			AÇÕES DE MELHORIA PROPOSTAS	CONTROLE	RISCO ATUAL		
			G	F	R			G	F	R
Escolha ineficaz	Interferência do operador no processo de escolha (por exemplo, distração, deturpação, distração de critérios de escolha)	Produto não conforme enviado ao cliente	5	4	20	Mudar local de escolha para zona limpa	Implementado	5	2	10
	Calor em demasia					Implementação de um sistema com visão artificial à saída da máquina	Não Implementado			
	Trabalho monótono									
Embalagem efetuada pelo operador da máquina	Intervenção do OM no processo da escolha	Produto não conforme a ser enviado para o cliente	5	5	25	Embalagem deve ser independente do operador da máquina	Implementado	5	1	5
Avarias na máquina	Incumprimento do plano manutenção da máquina	Redução OEE Aumento do desperdício	3	5	15	Máquina tem componentes que devem ser substituídos periodicamente	Implementado parcialmente	3	3	9
Pipetas com espessura da borda fora da especificação	Degradação roda de borracha	Produto defeituoso à saída máquina	5	4	20	Alteração do PIE Correção do parâmetro espessura da borda de defeito primário para defeito crítico	Implementado	5	1	5

Tabela 17 (cont.)

FALHA	CAUSAS	EFEITO	RISCO INICIAL			AÇÕES DE MELHORIA PROPOSTAS	CONTROLO	RISCO ATUAL		
			G	F	R			G	F	R
Processo funciona sem validação da capacidade	Falha na afinação da máquina	Produto defeituoso à saída máquina Aumento taxa desperdício	4	5	20	Critério para parar ou arrancar máquina	Não Implementado	4	3	12
	Incumprimento do plano manutenção da máquina					Plano de manutenção preventiva à máquina	Implementado parcialmente			
	Não existe critério objetivo para validar a aptidão da máquina					Criação de critérios para validar aptidão da máquina	Implementado parcialmente			
			Soma	209				Soma	88	
			Média	16				Média	7	

Na tabela 18 e na figura 35 (página seguinte) comparam-se os defeitos que as pipetas apresentavam à saída da máquina antes e depois da implementação das ações de melhoria.

No início do projeto numa amostra de 832 pipetas, 210 apresentavam defeitos. No final do projeto na mesma quantidade de pipetas foram detetadas apenas 12 pipetas com defeitos, o que significa que a taxa de defeitos à saída da máquina era de cerca de 25% e passou a ser cerca de 1,4%, um resultado muito positivo.

Tabela 18 – Defeitos das PCG à saída da máquina antes e depois da implementação das ações de melhoria

Resultados antes da intervenção				Resultados depois da intervenção			
Defeitos	fa	fr %	fr ac %	Defeitos	fa	fr %	fr ac %
Q.S.L. Borda	68	32%	32%	Q.S.L. Outros	12	100%	100%
Esp. borda	41	20%	52%	Sujidade	0	0%	100%
Ø furo	32	15%	67%	Q.S.L. Borda	0	0%	100%
Def. af. Fun. Outros	16	8%	75%	Ø furo	0	0%	100%
Def. af. Fun. Borda	14	7%	81%	Esp. borda	0	0%	100%
Sujidade	14	7%	88%	Def. af. Fun. Borda	0	0%	100%
Q.S.L. Outros	11	5%	93%	Def. af. Fun. Bico	0	0%	100%
Def. ñ af. Fun. Borda	10	5%	98%	Def. ñ af. Fun. Borda	0	0%	100%
Def. af. Fun. Bico	2	1%	99%	Q.S.L. Bico	0	0%	100%
Ø borda	2	1%	100%	Def. af. Fun. Outros	0	0%	100%
Q.S.L. Bico	0	0%	100%	Def. ñ af. Fun. Bico	0	0%	100%
Def. ñ af. Fun. Bico	0	0%	100%	Def. ñ af. Fun. Outros	0	0%	100%
Def. ñ af. Fun. Outros	0	0%	100%	Partículas	0	0%	100%
Partículas	0	0%	100%	Comprimento	0	0%	100%
Comprimento	0	0%	100%	Ø borda	0	0%	100%
Total	210			Total	12		

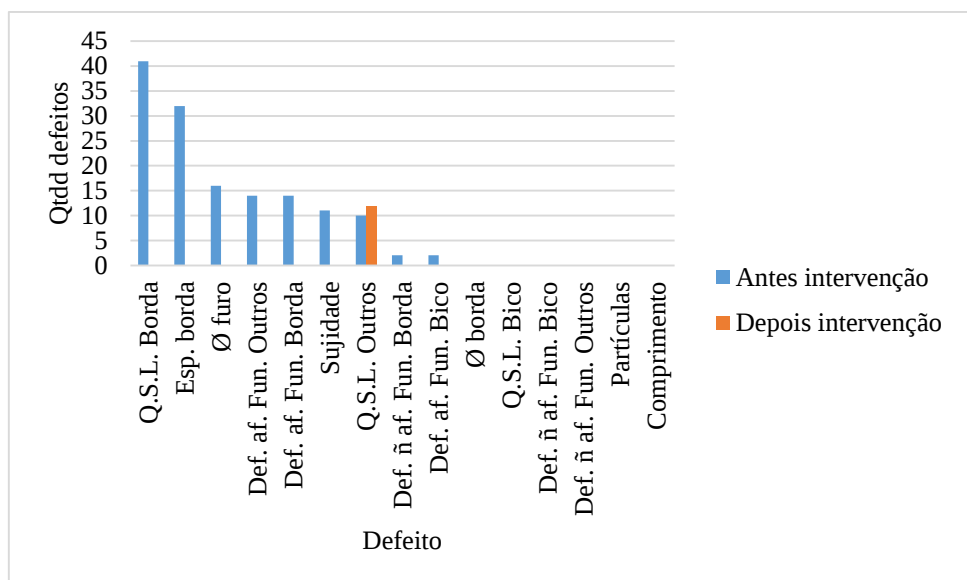


Figura 35 – Gráfico de PCG à saída da máquina antes e depois da implementação das ações de melhoria

Para o cálculo do nível Sigma final do projeto, apresentado na tabela 19, utilizaram-se as equações descritas anteriormente no subcapítulo 7.2.2.3.

Tabela 19 – Cálculo nível Sigma final

	Número de unidades em estudo (N)	Número de oportunidades de defeito (O)	Total de defeitos (D)	DPMO	Nível Sigma
Antes intervenção	832	15	210	16827	3,6
Depois intervenção	832	15	12	962	4,6

O número de Defeitos por Milhão de Oportunidades decresceu de 16 827 para 962, o que significa que o nível Sigma passou de 3,6 para 4,6.

Na tabela 20 é apresentada a classificação das organizações de acordo com o seu nível Sigma. Assim, podemos verificar que a Normax se enquadra na categoria Média Industrial com 4,6 σ .

Tabela 20 – Classificação de uma organização usando o nível Sigma

[Fonte: <https://www.iSeisSigma.com/>]

Nível Sigma	DPMO	Categoria
6	3.4	Classe mundial
5	230	Média Industrial
4	6 200	
3	67 000	
2	310 000	Não competitivo
1	700 000	

As tabelas 21 e 22 e os gráficos das figuras 36 e 37 mostram a evolução muito positiva da aptidão do processo da escolha após a intervenção efetuada. A rejeição de produto conforme teve um decréscimo muito significativo, apesar da monotonia do processo que é um fator limitador das ações de melhoria como é do conhecimento geral.

Tabela 21 – Avaliação da escolha/embalagem depois da formação às escolhedora

Resultados antes da intervenção				Resultados depois da intervenção			
Defeitos	fa	fr %	fr ac %	Defeitos	fa	fr %	fr ac %
Q.S.L. Borda	122	41%	41%	Q.S.L. Borda	149	47%	47%
Esp. borda	106	36%	77%	Esp. borda	135	43%	90%
Def. af. Fun. Outros	25	8%	85%	Ø borda	13	4%	95%
Ø furo	17	6%	91%	Def. af. Fun. Bico	6	2%	96%
Def. af. Fun. Borda	12	4%	95%	Q.S.L. Outros	5	2%	98%
Sujidade	7	2%	98%	Def. af. Fun. Outros	5	2%	100%
Def. af. Fun. Bico	6	2%	100%	Sujidade	1	0%	100%
Q.S.L. Outros	1	0%	100%	Q.S.L. Bico	0	0%	100%
Q.S.L. Bico	0	0%	100%	Def. af. Fun. Borda	0	0%	100%
Ø borda	0	0%	100%	Partículas	0	0%	100%
Partículas	0	0%	100%	Comprimento	0	0%	100%
Comprimento	0	0%	100%	Ø furo	0	0%	100%
Total de defeitos	296			Total de defeitos	314		

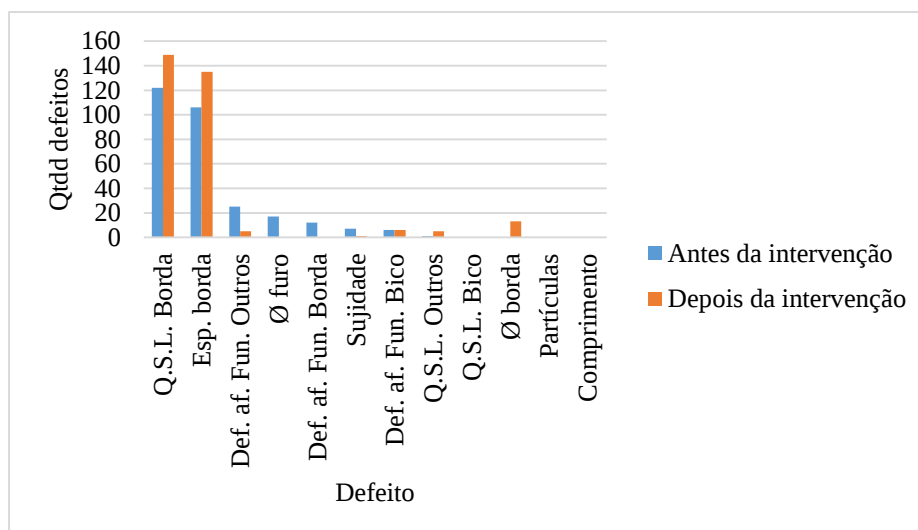


Figura 36 – Gráfico de PCG na escolha/embalagem antes e depois da implementação das ações de melhoria

Tabela 22 – Avaliação da escolha/embalagem depois da formação às escolhedora

Resultados antes da intervenção				Resultados depois da intervenção			
Conformes e Defeitos secundários	fa	fr %	fr ac %	Conformes e Defeitos secundários	fa	fr %	fr ac %
Conformes	9	38%	38%	Conformes	3	50%	50%
Def. ã af. Fun. Bico	9	38%	75%	Def. ã af. Fun. Bico	3	50%	100%
Def. ã af. Fun. Borda	6	25%	100%	—	—	—	—
Total	24			Total	6		

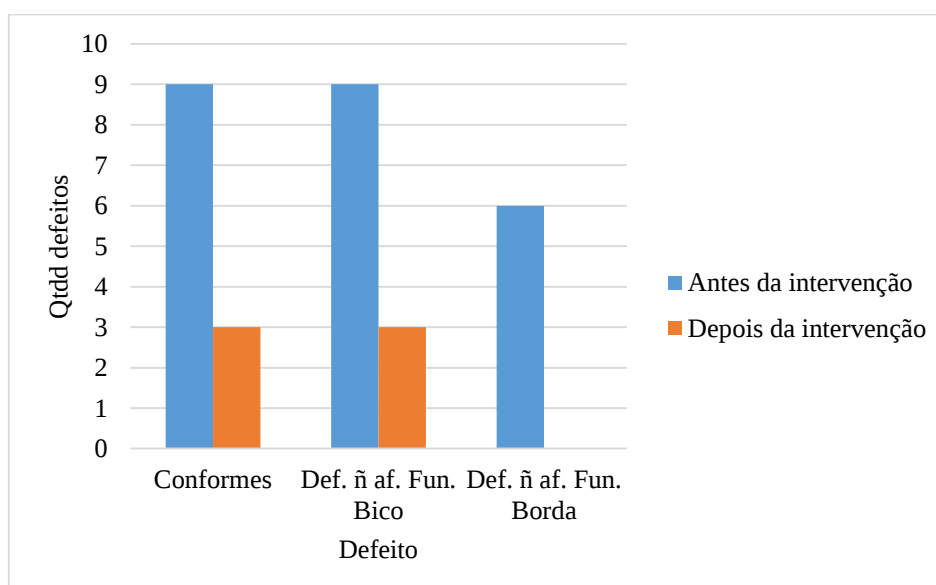


Figura 37 – Comparação da rejeição inadequada antes e depois da intervenção

A tabela 23 e o gráfico da figura 38 mostram que o processo de produção de pipetas conta-gotas melhorou significativamente o seu desempenho. O índice Qualidade subiu de 80% para 85%, com a redução do desperdício de 26% para 18%.

Tabela 23 – Análise final OEE

Fase	Estado	Nº Lote	Desperdício %	Média Desperdício %	Qualidade %	Média Qualidade %	OEE %
Definição Medição	Antes da intervenção	78834	28	26	78	80	69
		78835	14		88		79
		79200	30		77		79
		79201	19		84		80
		79487	19		84		78
		79488	13		89		74
		80141	44		69		54
		80837	28		78		67
		80066	28		78		59
		81233	36		74		73
Implementação	–	81635	28	–	78	–	69
Análise							
Controlo	Depois da intervenção	81602	19	18	84	85	83
		81802	19		84		86
		82390	15		87		82

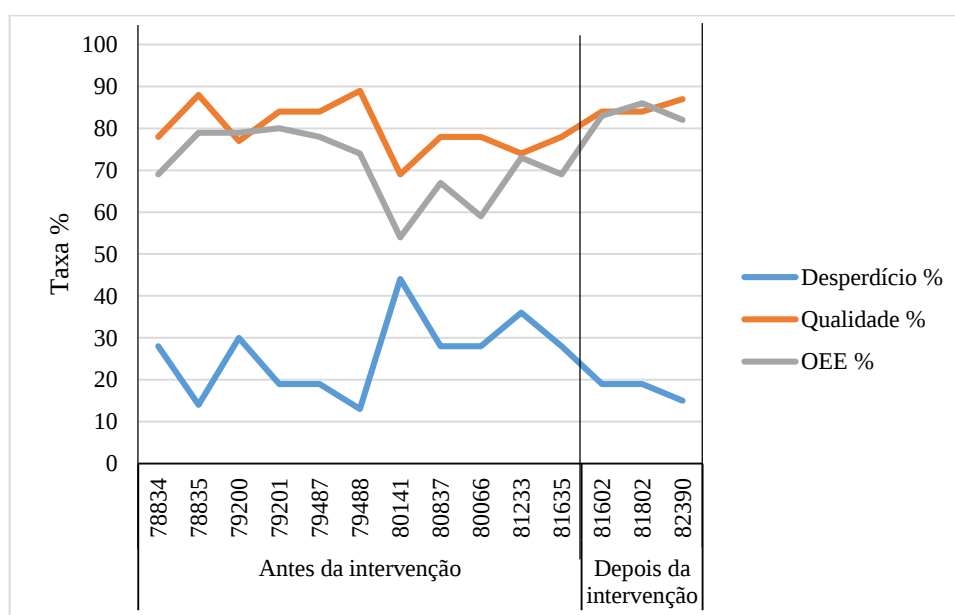


Figura 38 – Gráfico do OEE antes e depois intervenção

Fazendo-se um balanço pode dizer-se que o risco médio de produção de produto defeituoso foi reduzido de 16 para 7. Estima-se que as poupanças diretas por lote produzido, sejam de 400€ o que supera largamente o inicialmente previsto de 250€.

Para além das ações de melhoria implementadas, a matriz AMFE (tabela 17) mostra ainda as propostas de melhoria a implementar no futuro e que se prevê venham a melhorar ainda mais o desempenho do processo.

Este projeto Seis Sigma foi encerrado no momento em que se tinha atingido uma melhoria do índice Sigma de 1 σ , superando a meta inicialmente estabelecida de 0,7 σ .

Destaca-se ainda que este projeto incidiu sobre a produção de PCG da referência 4.5400536 e que no momento do fecho do projeto Seis Sigma, as melhorias implementadas neste estavam já a ser implementadas numa outra linha de produção semelhante à intervencionada o que faz com que os ganhos reais do projeto sejam muito maiores que os aqui enunciados.

7.3. Aplicação do Gemba Kaizen no processo de fabrico Pipetas de Pasteur

Os conceitos da filosofia Gemba Kaizen foram implementados nos processos de fabrico de pipetas de Pasteur. O Kaizen é a melhoria contínua e consequentemente a contínua procura de oportunidades de melhoria e eliminação de desperdícios (“*muda*”).

O reconhecimento do modelo dos desperdícios é fundamental para a melhoria. A estratégia para avançar com uma solução para esta problemática divide-se em três passos: perceber o que é valor acrescentado para consumidores e clientes, eliminar o que não interessa a consumidores e clientes (*muda*) e reforçar o valor acrescentado. Daí advirá um conjunto de vantagens como aumento de produtividade – produzir apenas o que é necessário – redução do *lead time* (é o período entre o início de uma atividade, produtiva ou não, e a sua terminação) dos processos, de custos, de movimentações, do tempo de pesquisa/procura e do espaço ocupado.

O processo de produção de pipetas de Pasteur era inspecionado pelo Controlador de Qualidade duas vezes por dia, com amostras 10 pipetas por cada inspeção. Foi detetado que a inspeção diária a este produto consumia demasiado tempo de um dia de trabalho do CQ.

Este *muda* foi resolvido com a atualização do plano de inspeção e ensaio PIE II.6.3.B (ver anexo VI) em que amostra a inspecionar passou de 10 para 6 pipetas, sem perda de fiabilidade.

Para agilizar o processo de inspeção criou-se uma bitola (figura 39) para a verificação dos seguintes parâmetros: comprimento, comprimento do topo ao estrangulamento e comprimento do tubo de sucção. Estes parâmetros eram medidos por variáveis e começou-se a medir por atributos. Também se fez a alteração da classificação do tipo defeito do parâmetro diâmetro exterior da ponta de escoamento de secundário para primário, o que está mais correto tendo em conta as necessidades dos clientes.



Figura 39 – Bitola criada para inspeção pipetas de Pasteur

Inicialmente, foi necessário contabilizar o tempo gasto na inspeção diária das pipetas de Pasteur sem alteração do PIE II.6.3.B (ver anexo VI).

Nas inspeções diárias gastavam-se cerca de 5 minutos para inspecionar cada 10 pipetas, ou seja, despendiam-se 10 minutos a fazer o controlo deste processo. Com a alteração no PIE cada inspeção passou a demorar apenas 3 minutos, ou seja, num dia gastavam-se 6 minutos. Ao fim de uma semana gastavam-se 30 minutos a realizar esta inspeção e anteriormente gastavam-se numa semana 50 minutos, reduziram-se 20 minutos por semana no tempo de inspeção. Admitindo 48 semanas por ano, num ano gastam-se menos 24 horas, ou seja, três dias de trabalho a realizar esta inspeção. Este tempo pode ser alocado a tarefas mais focadas na melhoria da eficiência operacional dos processos.

Na produção de pipetas de Pasteur os defeitos não estavam padronizados, o que conduzia os operadores à rejeição indevida de produto conforme, aumentando a taxa de desperdício deste processo e os custos associados, era imprescindível a eliminação deste “grande” *muda*.

No sentido de melhorar esta situação e de modo a compreender melhor as dúvidas dos operadores criou-se uma amostra de 210 pipetas com vários tipos de defeitos, como por exemplo, sujidade não removível, deformação no topo estrangulamento, corte imperfeito, seda, topo mal queimado e nesta amostra também existiam pipetas conformes. Deu-se a escolher estas pipetas (foram identificadas individualmente) aos operadores no seu local de trabalho habitual com as condições de iluminação e de equipamento que utilizavam diariamente. Analisou-se a escolha realizada por 2 operadores distintos e confirmou-se que existia rejeição excessiva inadequada.

Desta análise concluiu-se que os operadores não tinham condições de iluminação suficientes para visualizar a sujidade não removível (figura 40), assim como, a mesa utilizada para o corte das pipetas tinha de ser substituída, pois já apresentava deterioração o que dificultava a visualização deste defeito. Foi também detetado que os operadores rejeitavam muitas pipetas devido ao mau corte do tubo de vidro que originava deformações no topo do estrangulamento (figura 41), em muitas tratava-se apenas de um defeito estético sem importância para o funcionamento do produto.

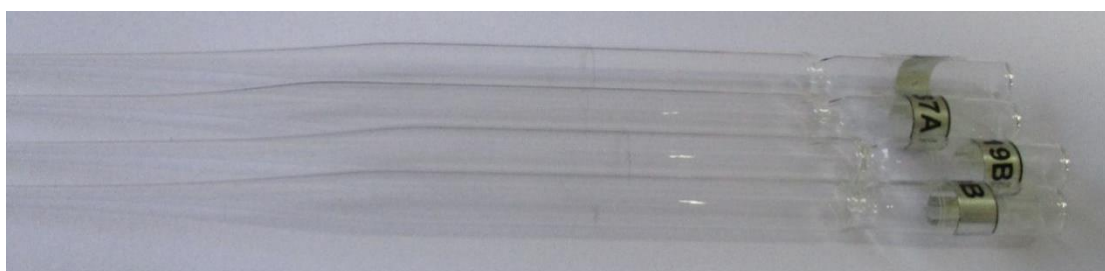


Figura 40 – Pipetas de Pasteur com sujidade não removível



Figura 41 – Pipetas de Pasteur com deformações no topo

Foi fácil perceber que a falta de conhecimento sobre a utilização do produto em fabrico levava os operadores a uma rejeição excessiva na escolha à saída da máquina. Foi preciso dar formação, em que se explicou a utilidade do produto, as definições de defeito crítico, primário e secundário e o AQL. Depois da formação deu-se a escolher novamente algumas das pipetas com defeito. De acordo com a tabela 24 é possível verificar que um dos operadores continua a rejeitar em demasia, este não opera apenas no fabrico de pipetas de Pasteur, exerce outras funções e, como tal, não esteve presente em todas as etapas da formação, ainda assim, são bastante significativas as melhorias no seu desempenho. A formação deste operador prosseguirá até este atingir os resultados desejados.

Tabela 24 – Resultados da avaliação da eficácia da formação

			Operador F	Operador F	Operador S	Operador S
Defeito	Classificação do defeito	Identificação pipeta	Decisão antes da intervenção	Decisão depois da intervenção	Decisão antes da intervenção	Decisão depois da intervenção
Deformação no topo	S	1	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada
Sujidade não removível	P	4	Aceite	Aceite	Rejeitada	Aceite
Deformação no topo	S	13	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Sujidade não removível	P	25	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	27	Aceite	Aceite	Aceite	Rejeitada
Deformação no topo	S	32	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Conformes	0	35	Aceite	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	40	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Corte imperfeito	P	41	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Sujidade não removível	P	47	Aceite	Aceite	Rejeitada	Aceite
Deformação no topo	S	51	Aceite	Aceite	Aceite	Rejeitada
Deformação no topo	S	62	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	63	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	64	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada
Conformes	0	66	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Conformes	0	68	Aceite	Aceite	Rejeitada	Aceite
Deformação no topo	S	3A	Aceite	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	23A	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	24A	Rejeitada	Aceite	Aceite	Rejeitada
Deformação no topo	S	25A	Aceite	Aceite	Rejeitada	Aceite
Sujidade não removível	P	27A	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Conformes	0	29A	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Sujidade não removível	P	36A	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Sujidade não removível	P	37A	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Deformação no topo	S	38A	Aceite	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	40A	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada

Sujidade não removível	P	48A	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Conformes	0	50A	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Conformes	0	68A	Aceite	Aceite	Aceite	Rejeitada
Conformes	0	4B	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Corte imperfeito	P	5B	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	7B	Rejeitada	Aceite	Aceite	Rejeitada
Conformes	0	11B	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Deformação no topo	S	15B	Aceite	Aceite	Rejeitada	Aceite
Sujidade não removível	P	19B	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Conformes	0	20B	Aceite	Aceite	Rejeitada	Aceite
Sujidade não removível	P	21B	Aceite	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	34B	Aceite	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	35B	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Sujidade não removível	P	38B	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Deformação no topo	S	43B	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Conformes	0	47B	Aceite	Aceite	Aceite	Aceite
Deformação no topo	S	52B	Aceite	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	53B	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Partida	C	62B	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	64B	Rejeitada	Aceite	Rejeitada	Rejeitada
Deformação no topo	S	65B	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada
Sujidade não removível	S	68B	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada	Rejeitada

Legenda da tabela 24:

C – Crítico;

P – Primário;

S – Secundário.

Na etapa da escolha sugeriu-se a implementação de um sistema *laser* com visão artificial, assim, a escolha seria realizada de forma automática.

Outro *muda* facilmente detetado o que está relacionado com os movimentos desnecessários dos operadores a colocarem o vidro manualmente na máquina, isto porque o

corte do tubo de vidro é realizado numa outra secção e armazenado temporariamente até ser transformado. Uma das ações de melhoria a implementar é o corte de vidro ser acoplado na máquina automaticamente.

Outro *muda* era o tempo desnecessário gasto na embalagem. Os operadores desperdiçavam longos períodos de tempo na formação das caixas de cartão. Uma outra ação de melhoria proposta é a automatização da embalagem.

Durante a intervenção neste processo de fabrico, surgiram reclamações de clientes de pipetas de Pasteur, as reclamações prendiam-se com a abertura das caixas das pipetas porque observavam-se de imediato pipetas quebradas a seguir ao estrangulamento (figura 42).



Figura 42 – Pipeta de Pasteur defeituosa

Foi necessário perceber a causa deste defeito que perturbava os clientes da Normax e consequentemente a sua satisfação. Analisaram-se as pipetas reclamadas e verificou-se que a quebra era uniforme. Ou seja, a pipeta era embalada com uma seda e o operador durante o processo da escolha não conseguia detetar essa seda, o produto era classificado como conforme e enviado para o cliente indevidamente.

A análise de causas mostrou que existia um contacto da pipeta imediatamente a seguir à moldação com o tabuleiro de saída muito mais frio, essa parte do tabuleiro foi revestida com fita Tygaflor para minimizar o choque térmico e assim reduzir os defeitos. Verificou-se que este procedimento não é totalmente eficaz na prevenção do choque térmico dado que existe um sistema de ventilação que sujeita o produto a uma variação muito brusca de temperatura bastante superior à resistência daquele tipo de vidro. Foi emitido um documento chamado de Alerta da Qualidade (ver anexo VII) com uma proposta de melhoria para a máquina.

Na figura 43 é possível observar a máquina com alteração parcial (perfuração), na figura 44 é a mesma máquina com implementação de todas as ações de melhoria.



Figura 43 – Máquina antes da proposta



Figura 44 – Máquina com melhoria implementada

A tabela 25 e o gráfico da figura 45 evidenciam a melhoria alcançada com esta intervenção.

Tabela 25 – Análise OEE na produção pipetas de Pasteur

Estado	Nº Lote	Desperdício %	Média Desperdício %	Qualidade %	Média Qualidade %	OEE %
Antes da intervenção	78375	16	16	86	87	74
	78525	31		77		68
	79082	10		91		80
	79393	18		85		74
	79980	10		91		87
	80604	11		90		77
	78934	19		84		78
	81884	11		90		81
Depois da intervenção	81634	3	3	97	97	81
	81548	3		98		76
	82018	3		97		75
	82734	2		98		88

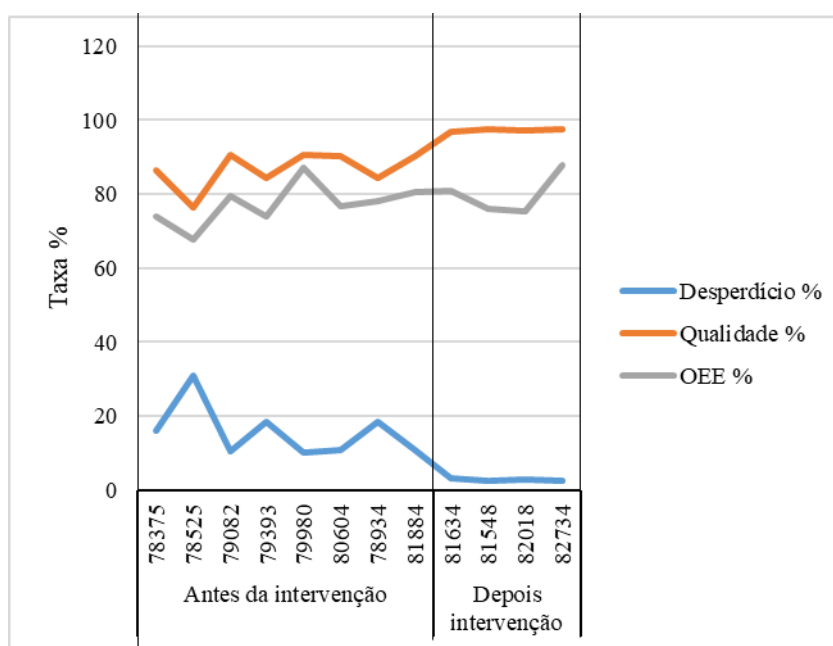


Figura 45 – Análise OEE das pipetas de Pasteur

O desperdício passou de 16% para 3% o que implica uma redução de custos diretos só com a redução do produto rejeitado de mais de 700€ para um lote de tamanho médio (a média de unidades de pipetas por lote é 300 000). Este caso mostra bem o impacto da filosofia Kaizen em que várias pequenas melhorias têm um efeito cumulativo muito apreciável, o índice de Qualidade subiu de 87% para 97%.

Foi muito gratificante verificar no final deste projeto, que a gerência da Normax aprovou um projeto de automatização de várias etapas deste processo, incluindo os sistemas de corte e a triagem automática dos defeitos por visão artificial.

8. Conclusões

A realização do estágio na Normax permitiu obter um conhecimento profundo sobre os processos de fabrico de material de vidro científico e sobre diversas ferramentas de Gestão da Qualidade.

Um dos objetivos estabelecidos pela empresa era a criação do *Balanced Scorecard* (BSC) da Direção da Qualidade, foi este o primeiro projeto desenvolvido no estágio e realizado com sucesso. De acordo com a orientação estratégica da empresa estabeleceram-se indicadores de desempenho apropriados à Direção da Qualidade, novos objetivos e iniciativas estratégicas adequados/as à área da Qualidade.

Uma das propostas ambiciosas colocadas pela empresa era a redução da taxa de desperdício no fabrico de pipetas conta-gotas, este projeto foi realizado durante todo o período de estágio, por se tratar de uma linha de produção de elevada complexidade no fabrico do produto e por apresentar um desperdício exagerado. Com a implementação da metodologia Seis Sigma em que se aplicaram ao processo as cinco fases do método DMAIC, fez-se uma ficha de projeto e construiu-se ao longo das fases a Análise Modal de Falhas e seus Efeitos conseguindo-se assim reduzir o desperdício de 26% para 18% e aumentando o índice Qualidade de 80% para 85%. Nesta parte do estágio, com a utilização da AMFE foi possível verificar que o risco médio de produção de produto defeituoso à saída da máquina sofreu uma diminuição de 16 para 7. O número de Defeitos por Milhão de Oportunidades decresceu de 16 827 para 962, o que significa que o nível Sigma passou de 3,6 para 4,6. O objetivo estabelecido era conseguir elevar o nível Sigma em, pelo menos, 0,7 σ mas conseguiu alcançar-se um incremento de 1 σ . As poupanças atingidas com estas ações de melhoria são de aproximadamente 400€/lote o que supera consideravelmente o valor inicialmente previsto de 250€. A Normax tem duas linhas de produção para o fabrico de pipetas conta-gotas, a implementação desta metodologia apenas ocorreu numa das linhas (nº24) e uma das recomendações deixadas à empresa foi a futura implementação do Seis Sigma na outra linha, (nº183), o que está a acontecer neste momento. Com os conhecimentos adquiridos e analisando os resultados deste projeto verificou-se que é necessário proceder a melhoria da manutenção preventiva que é um fator determinante para manter o processo sob controlo e a produtividade elevada.

Outro processo em que foi detetada a necessidade de melhoria foi o fabrico de pipetas de Pasteur onde se implementaram melhorias, neste caso utilizou-se como ferramenta a

filosofia Gemba Kaizen. Verificou-se que os operadores estavam a fazer rejeição excessiva, o que provocava um aumento da taxa de desperdício sendo que para diminuir este *muda* foi dada a formação adequada aos operadores. Após a formação analisou-se a análise da taxa de desperdício e verificou-se uma significativa redução, a taxa de rejeição passou de 16% para 3%. Com a mesma formação, o índice de Qualidade subiu de 87% para 97%. Através da análise dos custos observou-se que com a redução do produto rejeitado se obtém uma poupança de mais de 700€ para um lote de tamanho médio de pipetas de Pasteur.

Os conhecimentos adquiridos ao longo do estágio permitiram alcançar novas funções na conceção e desenvolvimento de novos produtos de laboratório, contribuindo para a melhoria da qualidade de novos produtos e sua adequação ao uso.

A realização deste estágio contribuiu para uma melhoria assinalável da qualidade dos produtos fornecidos pela Normax a laboratórios de 65 países.

9. Bibliografia

Blaga, P., & Boer, J. (2012). *The Influence of Quality Tools in Human Resources Management. Procedia Economics and Finance*, 3(12), 672–680. Retrieved 7 de março de 2019 from [http://doi.org/10.1016/S2212-5671\(12\)00213-4](http://doi.org/10.1016/S2212-5671(12)00213-4)

Breyfogle III, F.W. (1999). Implementing Seis Sigma. Smarter Solutions Using Statistical Methods. pp. 74-152

Breyfogle III, F.W. (2004). *Enhanced Business Goal Setting Template*. Retrieved 16 de janeiro de 2019 from https://www.smartersolutions.com/business-goal-setting-worksheet-examples-improved.html?fbclid=IwAR1TN5_EQAoFjo7K2u6KbfwN8cjx-mKwbGrgVt46pqSynuxONtIP2Kkb7p8

Catálogo Normax (2019).

Cruz, C.P. (2005). *Balanced Scorecard – Concentrar uma organização no que é essencial* (1.ª Edição). Porto: Editor Vida Económica

Faria, I. (2019). Academia Normax. Tipos de vidros e suas aplicações. Béjaia, Argélia.

Ferraz, B.E.S. (2011). Aplicação da metodologia Kaizen aos processos de produção e logística da Polisport. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia Porto. Porto, Portugal. Retrieved 7 de fevereiro de 2019 from <https://core.ac.uk/download/pdf/47137665.pdf>

Ferreira, T.C. (2013). *O Balanced Scorecard como Sistema de Gestão Estratégica: O Caso ISA*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal. Retrieved 16 de janeiro de 2019 from https://eg.uc.pt/bitstream/10316/24772/1/Tatiana_Ferreira_Relatório%20de%20Estágio_FEUC-2013.pdf

Fonseca, A.C.R. (2017). OEE – Aplicação transversal do indicador de gestão a empresa multinacional de componentes automóveis. Dissertação de Mestrado, Faculdade de

Engenharia - Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, Portugal.
Retrieved 25 de abril de 2019 https://sigarra.up.pt/up/pt/web_page.inicial

Guerra, H.C. (2010). A Filosofia Kaizen como metodologia de Gestão baseada na Melhoria Contínua. Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior. Covilhã, Portugal. Retrieved 16 de janeiro de 2019 <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/2991/1/Dissertação%20Filosofia%20Kaizen.pdf>

Instituto Kaizen, (2015). Introdução ao "Kaizen Diário": *Kaizen Change Management*. Disponível em <https://pt.kaizen.com/home.html>

ISO 9000:2015. *Quality Management systems – Fundamentals and vocabular*.

Juran, J.M. (1992). Controle da Qualidade. Ciclo dos Produtos: Do Marketing à Assistência Técnica.(4ª Edição). Brasil: Makron Books. pp.165-170

Kaplan, R. & Norton, D. (1992) – *The Balanced Scorecard* – Measures That Drive Performance, Havard Business Review.

Lopes, J.C.C.L. (2014). Gestão da Qualidade: Decisão ou Constrangimento Estratégica. Dissertação de Mestrado, Universidade Europeia. Lisboa, Portugal. Retrieved 28 de junho de 2019 <https://core.ac.uk/download/pdf/62705662.pdf>

Manual Gestão da Normax (2007).

Nakajima, S. (1988). *"Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. (Translation)." Productivity Press, Inc., 1988: 129.

NP EN ISO 13485:2017. Dispositivos médicos. Sistemas de Gestão da Qualidade. Requisitos para fins regulamentares (ISO 13485:2016).

NP EN ISO 9001:2015. Sistemas de Gestão de Qualidade. Requisitos (ISO 9001:2015).

Pedrosa, B. M. M. (2014). A Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) aplicada a um Secador Industrial. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia

de Lisboa. Lisboa, Portugal. Retrieved 25 de junho de 2019
<https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4151/1/Dissertação.pdf>

Pinto, E.C.V.P. (2015). Kaizen como filosofia de Melhoria Contínua na Direção de Serviços Administrativos da SONAE. Dissertação de Mestrado, Instituto Politécnico do Porto. Porto, Portugal. Retrieved 16 de janeiro de 2019
https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/7796/1/Emilia_Pinto_MA_2015.pdf

Pyzdek, T. (2000). A revolução Seis Sigma. Traduzido por: Marisa Souza. Revista Banas Qualidade.Nº 96. Ano IX. Maio, 2004.

Regulamento (UE) 2017/746 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril de 2017, relativo aos dispositivos médicos para diagnóstico *in vitro* e que revoga a Diretiva 98/79/CE e a Decisão 2010/227/UE da Comissão.

Santos, A.C. (2011). Análise dos modos de falhas no desenvolvimento de novos produtos de SVA: Uma abordagem para a indústria de telecomunicações. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Economia Universidade de Coimbra. Coimbra, Portugal. Retrieved 25 de junho de 2019
https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/18123/1/Aline_Tese_impressao.pdf

Scatolin, A.C. (2005). Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução das Perdas de um Processo de Manufatura. Dissertação de Pós-Graduação, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, Brasil. Retrieved 25 de abril de 2019
http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265608/1/Scatolin_AndreCelso_M.pdf

Werkema, M.C.C. (2002). *Criando a cultura seis sigma* (Vol. 1, Série Seis Sigma). Rio de Janeiro: Qualitymark.

10. Anexos

10.1. Anexo I – PIE II.6.1.A

MANUAL DE ESPECIFICAÇÕES E MÉTODOS PIPETAS CONTA GOTAS Inspeção em produção	Edição 2 Revisão 2 Página 1/2	PIE II.6.1.A 2019.02.10 «numero»
	Elaborado por: I. Faria R. Almeida	Aprovado por: I. Faria

Quem?	O quê?	Tipo	Quando?	Como?	Amostra	Ac/Re	Registo
OM	Diâmetro exterior vidro	C	Recepção da paleta	Rótulos da paleta	100 %	C 0/1	Setup AT (só no setup) Inspeção horária sem registo
	Espessura vidro	C				P 0/1	
	Quebras, sedas, lascas	C	Início (setup) + 1 por hora (mínimo)	Visual	6	S 1/2	
	Tinta mal vitificada	C				(Obs. 4)	
	Impressão errada ou ilegível	C					
	Sujidade	C					
	Partículas de vidro soltas	C					
	Deformação afectando funcionamento	C					
	Vidro colado na ponta de escoamento	C					
	Impressão defeituosa legível	S					
Deformação não afectando funcionamento	S						
Gama 61AIDCGO							
Quem?	O quê?	Tipo	Quando?	Como?	Amostra	Ac/Re	Registo
OM	Altura da impressão	P	Início (setup) + Cada 4 horas (mínimo)	Bitola	6	C 0/1 P 0/1 S 1/2 (obs. 4)	AT
	Curvatura do bico	S		Paquímetro		Cp≥1,33 Cpk≥1	XR
	Diâmetro da bola	S					
	Comprimento	C					
	Diâmetro da borda	C					
	Espessura da borda	P					
	Diâmetro do furo	P					

Obs.

1. Antes de efectuar medições, o operador deve certificar-se de que os instrumentos utilizados estão aptos ao uso.
2. O paquímetro utilizado deve ter divisão de 0,01 mm.
3. Os registos de AT e XR são efectuados no programa de controlo estatístico do processo, usualmente designado "CQ".

Abreviaturas

Critério de aceitação	Inspector	Defeitos	AQL	Registos
Ac - Aceitar	OM - Operador	C - Críticos	1 %	XR - Gráfico por variáveis
Re - Rejeitar		P - Primários	4 %	AT - Gráfico por atributos
		S - Secundários	10 %	

Não são válidas as fotocópias deste documento

Mod. DQ. 050, rev. 2

10.2. Anexo II – PIE II.6.1.C

MANUAL DE ESPECIFICAÇÕES E MÉTODOS PIPETAS CONTA GOTAS Inspecção em produção	Edição 2 Revisão 2 Página 1/1	PIE II.6.1.C 2019.02.10 «numero»
	Elaborado por: I. Faria R. Almeida	Aprovado por: I. Faria

Gama 61CIDCGIC - Máquina							
Quem?	O quê?	Tipo	Quando?	Como?	Amostra	Ac/Re	Registo
CQ	Impressão errada ou ilegível	C	Cada 4 horas	Visual	12	C 0/1 P 0/1 S 1/2	AT
	Impressão defeituosa legível	S	(mínimo)				
Quem?	O quê?	Tipo	Quando?	Como?	Amostra	Ac/Re	Registo
CQ	Comprimento	C	Cada 4 horas (mínimo)	Registos efectuados pelos operadores AT e XR	20 pipetas seguidas	Cp $\geq$ 1,33 Cpk $\geq$ 1 LIC LSC AQL	CA
	Diâmetro da borda	C					
	Espessura da borda	C					
	Sujidade	C					
	Deformações	C					
	Diâmetro do furo	P					
	Altura da impressão	P					
	Diâmetro da bola	S					
	Curvatura do bico	S				C 0/1 P 0/1 S 1/2	
Gama 61CIDCGCC							
Quem?	O quê?	Tipo	Quando?	Como?	Amostra	Ac/Re	Registo
CQ	Volume da gota (Se requerido pelo cliente)	P	Cada 4 horas (mínimo)	IT III10.7	6	0/1	XR
Gama 61CIDCGC – Produto na escolha							
Quem?	O quê?	Tipo	Quando?	Como?	Amostra	Ac/Re	Registo
CQ	Quebras, sedas, lascas	C	Cada 4 horas (mínimo)	Visual	12	C 0/1 P 0/1 S 1/2	AT
	Tinta mal vitificada	C					
	Sujidade	C					
	Partículas de vidro soltas	C					
	Deformação afectando funcionamento	C					
	Deformação não afectando funcionamento	S					
	Tensões	C		Polariscópio			

Obs.

1. Antes de efectuar medições, o controlador deve certificar-se de que os instrumentos utilizados estão aptos ao uso.
2. O paquímetro utilizado deve ter divisão de 0,01 mm.
3. Os registos de CA, AT e XR são efectuados no programa de controlo estatístico do processo, usualmente designado "CQ".
4. As não conformidades encontradas devem ser prontamente comunicadas ao chefe da secção.
5. O plano de inspecção definido neste documento pode ser complementado para satisfazer requisitos específicos de uma ou mais referências e/ou clientes.

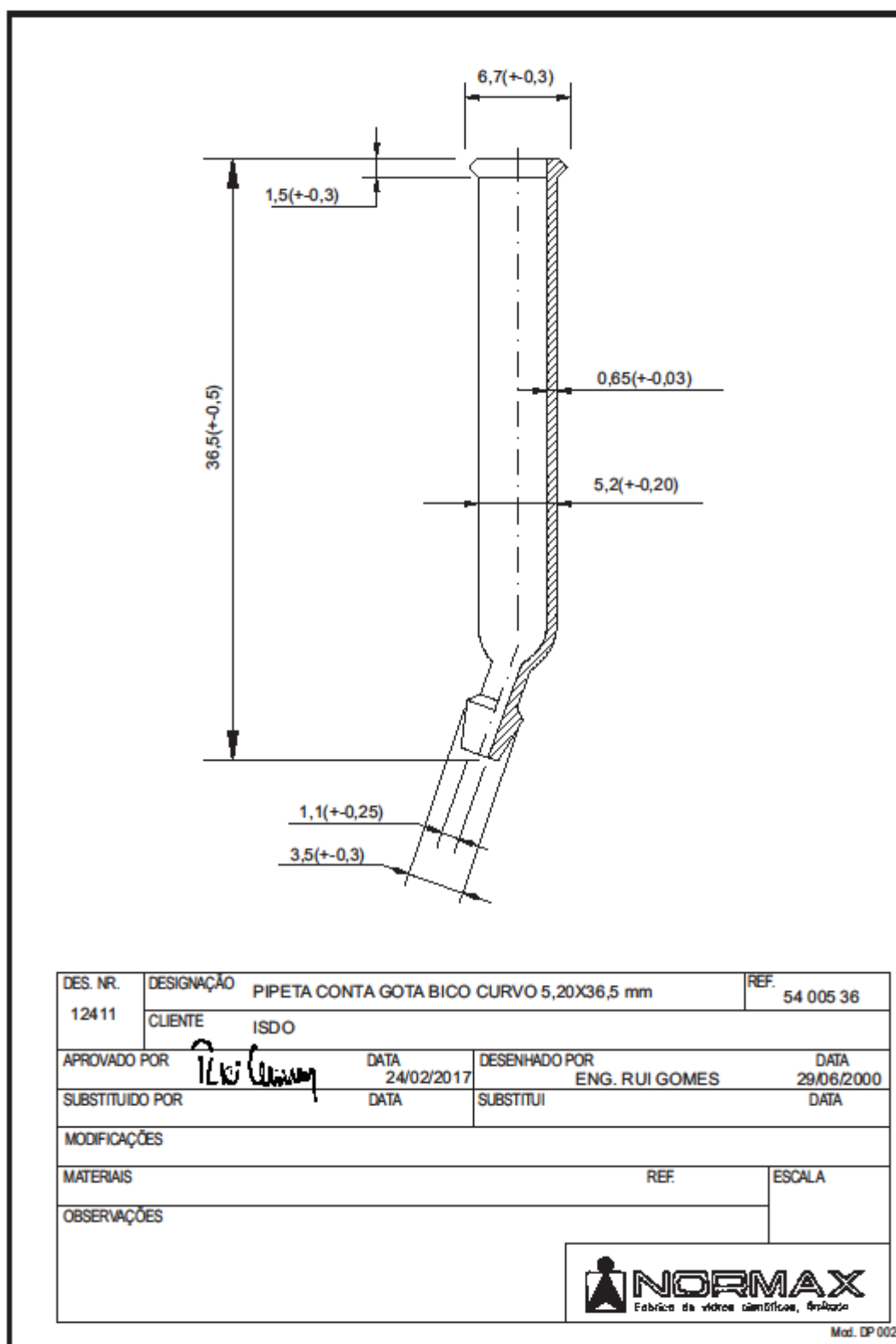
Abreviaturas

Critério de aceitação	Inspector	Defeitos	AQL	Registos
Ac - Aceltar	CQ - Controlador	C - Críticos	1%	CA - Constatações adicionais
Re - Rejeitar		P - Primários	4%	XR - Gráfico por variáveis
		S - Secundários	10%	AT - Gráfico por atributos

Não são válidas as fotocópias deste documento

Mod. DQ. 050, rev. 2

10.3. Anexo III – Desenho técnico da pipeta conta-gotas



10.4. Anexo IV – IT III.10.2

NORMAX, LDA

MANUAL DE ESPECIFICAÇÕES E MÉTODOS

PIPETAS CONTA-GOTAS - ESCOLHA E EMBALAGEM

IT III.10.2.

Edição 3

Revisão 0

«numero»

Página 1/1

Elaborado por:

R. Gomes

I. Farfa

Aprovado por:

R. Gomes

14-07-2008

1. OPERAÇÃO

Recolher as pipetas à saída do forno, quando produzidas na máquina 24.

Manter a identificação e separação das pipetas produzidas em condições diferentes (exemplo: duas máquinas).

As pipetas que aguardam escolha devem ser mantidas ao abrigo da sujidade e em condições que evitem as quebras.

Escolher as pipetas, em pequenos grupos de cerca de 10, observando se ocorrem os defeitos definidos no plano de inspecção e ensaio II.6.1.

Manter o condutor da máquina informado sobre os defeitos encontrados;

Colocar as pipetas defeituosas no recipiente próprio;

Colocar as pipetas boas dentro de um saco até que este atinja o mesmo peso do saco padrão que é feito de acordo com a instrução de trabalho III.10.3.;

Colocar os sacos dentro da caixa exterior (ver Nota de Fabricação);

Agrafar a caixa exterior;

Colocar rótulo identificativo.

2. HIGIENE E SEGURANÇA

Manter o local de trabalho nas melhores condições de arrumação e limpeza.

Utilize tampões de protecção auricular.

Se não possuir equipamento de protecção individual requisiite-o.

10.5. Anexo V – IT III.10.3

NORMAX, LDA **MANUAL DE ESPECIFICAÇÕES E MÉTODOS** **PIPETAS CONTA-GOTAS - CONTAGEM**

IT III.10.3.
Edição 3
Revisão 0
«numero»
Página 1/1
Elaborado por:
I. Faria
Aprovado por:
R. Gomes
14-07-2006

1. OPERAÇÃO

- a) Limpar o prato da balança e fazer o zero;
- b) Colocar num saco, contando uma a uma ou na balança contadora, o número de pipetas indicado na Nota de Fabricação;
- c) Pesar esse saco na balança;
- d) Registrar o peso no saco, que será usado como padrão até final do fabrico em curso, desde que não seja feita nenhuma alteração significativa (por exemplo mudança de lote de sacos);
- e) Fechar o saco padrão com um atilho;
- f) Colocar em cada saco uma quantidade de pipetas até o saco estar quase cheio;
- g) Adicionar ou retirar as pipetas necessárias para que seja atingido o peso indicado no saco padrão;
- h) Como não é possível repetir exactamente o peso do saco padrão em todas as pesagens, o desvio admitido em cada pesagem é o que corresponde ao peso aproximado à grama de uma pipeta;
- i) Quando o saco tiver a quantidade correcta, fechar com atilho.

2. HIGIENE E SEGURANÇA

Manter o local de trabalho nas melhores condições de arrumação e limpeza.

Utilize tampões de protecção auricular.

10.6. Anexo VI – PIE II.6.3.B

MANUAL DE ESPECIFICAÇÕES E MÉTODOS PIPETAS DE PASTEUR Inspecção diária (CQ)	Edição 2 Revisão 3 Página 1/1	PIE II.6.3.B. 2019.02.28 «numero»
	Elaborado por: I. Faria R. Almeida	Aprovado por: I. Faria

Gama 63BIDPPC							
Quem?	O quê?	Tipo	Quando?	Como?	Amostra	Ac/Re	Registo
CQ	Quebras, sedas, lascas	C	Cada 4 horas (mínimo)	Visual	6	P 0/1 S 1/2 (Obs.3)	AT
	Sujidade não removível	P					
	Topo mal queimado	P					
	Corte imperfeito	P					
	Sujidade removível	S		Bitola (Obs. 4) Bitola (DP01)			
	Diâmetro interior do estrangulamento	C					
	Comprimento do topo ao estrangulamento	P					
	Comprimento do tubo de sucção	S					
	Comprimento	P					
	Diâmetro exterior da ponta de escoamento	P		Paquímetro (Obs. 2)		Cp≥1,33 Cpk≥1	XR

Obs.

1. Antes de efectuar medições, deve certificar-se de que os instrumentos utilizados estão aptos ao uso.
2. O paquímetro utilizado deve ter divisão de 0,05 mm ou inferior.
3. Se o limite de aceitação for excedido, o operador deve efectuar as afinações necessárias para que o processo regresse à normalidade.
4. O diâmetro interior do estrangulamento só é medido quando o cliente o especificar.
5. Os registos de CA, AT e XR são efectuados no programa de controlo estatístico do processo, usualmente designado "GP Normax".
6. A inspecção final não é obrigatória. Efectua-se apenas quando a Directora da Qualidade o determine ou seja uma exigência do contrato com o cliente.
7. Quando a inspecção final for determinada em consequência de anomalias durante a produção, esta pode incidir apenas sobre os parâmetros sobre os quais há dúvidas.
8. O tamanho da amostra para inspecção final e os respectivos números de aceitação são obtidos consultando o Mod. DQ 055 para nível I (inspecção visual) e nível S₄ (inspecção dimensional)
9. Se o cliente o solicitar, efectua-se o ensaio de resistência à esterilização, de acordo com a IT III.14.10.
10. O plano de inspecção definido neste documento pode ser complementado para satisfazer requisitos específicos de uma ou mais referências e/ou clientes

Abreviaturas				
Critério de aceitação	Inspector	Defeitos	AQL	Registos
Ac - Aceitar	CQ - Controlador	C - Críticos	1 %	CA - Constatações adicionais
Re - Rejeitar	OM - Operador	P - Primários	4 %	XR - Gráfico por variáveis
	E - Embalador	S - Secundários	10 %	AT - Gráfico por atributos

Não são válidas as fotocópias deste documento

Mod. DQ. 050, rev. 2

10.7. Anexo VII – Alerta da Qualidade Pipetas de Pasteur



ALERTA DA QUALIDADE

Assunto Pipetas Pasteur – projeto de melhoria do rendimento 1- Redução de quebras por choque térmico BNC 52421 e outros	
Problema Alguns clientes reportaram <u>quebras nas pipetas Pasteur</u> e o defeito veio também a ser detectado em produto acabado na Normax. O tipo de quebra observada é característica de choque térmico. O arrefecimento súbito na zona de chegada ao tabuleiro favorece a quebra.	
Como evitar Afastar o sistema de ventilação de arrefecimento o mais possível para lado do operador. Reduzir a superfície de contacto das pipetas com o tabuleiro, por exemplo, usando chapa perfurada. Seria desejável que as pipetas pudessem permanecer mais tempo no tabuleiro para arrefecerem lentamente.	
Emitido por Rute Almeida Aprovado por Isabel Faria	Data 12-09-2018

