



**SARA MANUELA
GOMES MENESES
DUARTE**

**CONTROLO DE DESPERDÍCIOS NUM PROCESSO DE
INJEÇÃO: UMA ABORDAGEM PRÁTICA NA
ECCO'LET PORTUGAL**



**SARA MANUELA
GOMES MENESES
DUARTE**

**CONTROLO DE DESPERDÍCIOS NUM PROCESSO
DE INJEÇÃO: UMA ABORDAGEM PRÁTICA NA
ECCO'LET PORTUGAL**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Leonor da Conceição Teixeira, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro e coorientação da Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel, Professora Auxiliar no Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho aos meus pais e irmão.

o júri

Presidente

Prof. Doutor CarlosManuel dos Santos Ferreira
Professor Associado C/ Agregação da Universidade de Aveiro

Prof.^a Doutora Ângela Maria Esteves da Silva
Professora Auxiliar da Universidade Lusíada – Norte

Prof.^a Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro (coorientadora)

agradecimentos

Agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização deste trabalho.

Aos meus pais e irmão pela paciência e motivação.

À minha orientadora e coorientadora, Leonor Teixeira e Carina Pimentel, pelo apoio e disponibilidade.

À ECCO pela oportunidade que me proporcionou. Ao meu orientador, Ricardo Tavares e ao Diretor de Produção, Alan Searle, por todo o apoio e confiança depositada. A todos os colegas da empresa que me auxiliaram no decorrer do estágio. À Luísa Arantes pelo incentivo.

À Patrícia por fazer parte desta jornada.

Aos amigos que me acompanharam durante o percurso académico.

palavras-chave

Industria Calçado, Injeção de Solas, Controlo de Desperdícios, DMAIC, Seis-Sigma

resumo

O presente trabalho, que decorreu em contexto industrial, no âmbito da ECCO'let Portugal, teve por objetivo a identificação e redução de material desperdiçado no processo de injeção de solas, tendo sido aplicado para o efeito, a metodologia DMAIC. Através dos dados recolhidos foi possível identificar algumas medidas de melhoria para este processo de injeção. Adicionalmente, dada a inexistência de mecanismos de controlo e informação relativa ao desperdício de material durante a injeção, fez também parte do presente projeto a construção de uma ferramenta em Excel que permite armazenar informação e analisar detalhadamente os desperdícios do processo, bem como analisar o próprio processo.

keywords

Footwear Industry, Sole injection, Waste Control, Six-Sigma

abstract

This work, held in an industrial context, within ECCO'let Portugal, aimed at the identification and reduction of material wasted in the sole injection process, having been applied the DMAIC methodology. Through the data collected was possible to identify some improvements for this process. Additionally, because of the absence of control mechanism and information about the material wasted during the injection process, it was also part of the project the construction of an Excel tool that allows to storage the information and analyse the waste of the process, as well as analyse the process itself.

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	ENQUADRAMENTO DO TEMA	1
1.2	OBJETIVOS DO PROJETO	2
1.3	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	2
2	ENQUADRAMENTO TEÓRICO	3
2.1	SEIS-SIGMA	3
2.2	CICLO DMAIC	5
2.3	IMPORTÂNCIA DA INFORMAÇÃO NA ORGANIZAÇÃO	10
2.4	INDÚSTRIA DO CALÇADO	12
3	CARACTERÍSTICAS E ENQUADRAMENTO DO PROJETO	15
3.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA – ECCO'LET PORTUGAL	15
3.2	PROCESSO PRODUTIVO	16
3.3	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	18
3.4	METODOLOGIA USADA NO PROJETO	22
4	CASO PRÁTICO: CONTROLO DE DESPERDÍCIOS NA INJEÇÃO	25
4.1	METODOLOGIA DMAIC	25
4.1.1	FASE 1 – DEFINIR	25
4.1.2	FASE 2 – MEDIR	31
4.1.3	FASE 3 – ANALISAR	34
4.1.4	FASE 4 – MELHORAR	38
4.1.5	FASE 5 – CONTROLAR	47
4.2	FERRAMENTA DE CONTROLO DOS DESPERDÍCIOS	47
4.2.1	DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA	47
4.2.2	DESCRIÇÃO DO OUTPUT DA FERRAMENTA	53
5	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	57
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
7	ANEXOS	61

Índice de Figuras

Figura 1. Etapas do ciclo DMAIC. Adaptado de Hassan (2013).	5
Figura 2. Exemplo de um Fluxograma. Adaptado de Pande et al. (2000).	6
Figura 3. Exemplo de Diagrama de SIPOC. Adaptado de Eckes (2003).	7
Figura 4. Exemplo do Diagrama de Pareto para os defeitos identificados. Adaptado de Pande et al. (2000)	7
Figura 5. Exemplo de Formulário de Recolha de dados para tipos de defeitos. Fonte: elaboração própria.	8
Figura 6. Exemplo de um Diagrama de causa-efeito. Adaptado de Eckes (2003).	9
Figura 7. Principais funções do Sistemas de Informação. Fonte: Wallace (2013).	12
Figura 8. Diferentes níveis dos Sistemas de Informação. Fonte: Laundon e Laundon (2012).	12
Figura 9. Evolução das exportações mundiais entre 2004 e 2014. Fonte: APICCAPS (2015).	13
Figura 10. Organigrama da empresa ECCO'let Portugal.	16
Figura 11. Gáspea	17
Figura 12. Carro tubular com gáspeas e palmilhas de strobrel.	17
Figura 13. Entrada (percurso a azul) e saída (percurso a vermelho) do sapato sem acabamento na máquina de injeção.	18
Figura 14. Exemplo de um grupo (Damara) constituído por diferentes artigos.	18
Figura 15. Percentagem da BOM atribuída aos desperdícios do processo de injeção.	20
Figura 16. Máquina de injeção com 30 estações e um injetor.	20
Figura 17. Ilustração das estações nas máquinas de injeção.	21
Figura 18. Fluxo do abastecimento de material de PU.	21
Figura 19. Fluxograma do processo de injeção de solas.	28
Figura 20. Diagrama SIPOC para o processo de injeção.	29
Figura 21. Ilustração de um sapato com sola exterior.	33
Figura 22. Diagrama de Causa-efeito para os desperdícios do processo de injeção.	38
Figura 23. Exemplificação da diferença entre os formulários criados para o registo do número de purgas utilizadas em cada máquina de injeção.	44
Figura 24. Procedimento para fazer o teste do penómetro.	45
Figura 25. Sugestão de mudança do procedimento para fazer o teste do penómetro.	46
Figura 26. Material utilizado em testes, nos 20 turnos observados.	46
Figura 27. Formulário para o registo diário dos desperdícios.	49
Figura 28. Interface SAP para recolher quantidade de sapatos produzidos.	49
Figura 29. Desenho do modelo para validação.	50
Figura 30. Menu com os diferentes tópicos para inserir os dados.	51
Figura 31. Alerta quando por engano se corre a macro de novo dia, quando se deveria ter corrido a macro de nova semana.	51
Figura 32. Alerta quando por engano se introduz o mesmo material em dois injetores da mesma máquina, ou quando por engano se escolhe um material que não foi utilizado.	51
Figura 33. Interface inicial da ferramenta.	52

- Figura 34. Interface onde é possível identificar o material desperdiçado por tipo em cada máquina, assim como o consumo teórico. 53
- Figura 35. Tabela semanal por máquina que discrimina o material desperdiçado por tipo de desperdício e por dia da semana, assim como o número de sapatos produzidos e consumo teórico. 53
- Figura 36. Tabela semanal que discrimina a quantidade total de material desperdiçado por dia em cada máquina, assim como o número de sapatos produzidos (mini-fábrica 2). 54

Índice de Tabelas

- Tabela 1. Tabela de correspondência entre DPMO e Nível Sigma. Fonte: Eckes (2001) 4
- Tabela 2. Indústria portuguesa do calçado em 2014. Fonte: APICCAPS (2015). 14
- Tabela 3. Cálculo do consumo de PU para os diferentes tamanhos. 19
- Tabela 4. Identificação das variáveis para o cálculo do número de DPMO. 34
- Tabela 5. Disposição das cores das solas durante um turno. 39
- Tabela 6. Sugestão para a disposição das cores nas estações da máquina de injeção. 40
- Tabela 7. Número de purgas utilizadas em diferentes dias, para a mudança de cor. 42
- Tabela 8. Número de purgas utilizadas para a mudança entre cores, nas quatro máquinas de injeção. 43
- Tabela 9. Índices de performance gerados semanalmente. 48

Índice de Gráficos

- Gráfico 1. Média do consumo, real e teórico, de materiais de PU durante três semanas. 26
- Gráfico 2. Diferença entre abastecimento dos tanques e consumo previsto pela BOM (kg) consoante o número de sapatos produzidos na semana. 27
- Gráfico 3. Representatividade dos desperdícios que ocorrem numa semana de produção (aproximação). 32
- Gráfico 4. Diagrama de Pareto com a representatividade dos diferentes desperdícios para uma semana (aproximação). 33
- Gráfico 5. Diferença entre desperdícios contabilizados pela BOM e reais (kg). 35
- Gráfico 6. Desperdício: Solas para laboratório (kg). 36
- Gráfico 7. Desperdício: Purgas (kg). 36
- Gráfico 8. Desperdício: rebarbas e material do canal de injeção (kg). 36
- Gráfico 9. Desperdício: Copos (kg). 36
- Gráfico 10. Desperdício por cada par produzido (kg). 55

Lista de Abreviaturas

BOM – *Bill of Material* (Lista de materiais)

ISO – Isocianato

PSA - Injetor

PU – Poliuretano

SI – Sistema de Informação

1 INTRODUÇÃO

Atualmente as organizações são constantemente desafiadas pelas rápidas mudanças das condições económicas. Estas mudanças obrigam as empresas a adaptarem-se constantemente quer seja pela: forte concorrência, diminuição das margens de lucro, exigência por parte dos clientes pela procura de produtos de alta qualidade, pela grande variedade de produtos que é necessário ter à disposição do cliente ou pela necessidade de diminuir os tempos de abastecimento.

Sendo assim, para as empresas permanecerem no mercado precisam de ter como principais objetivos o alto nível de produtividade para todos os seus processos, o aumento da qualidade dos seus produtos, o aumento da satisfação dos seus clientes e a diminuição dos gastos da organização.

Para alcançar estes objetivos as empresas necessitam de estar dispostas a adotar constantemente novas ferramentas e abordagens capazes de as ajudar a evoluir.

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

O presente projeto foi desenvolvido em ambiente industrial numa empresa de calçado situada em São João de Ver, a ECCO'let Portugal.

Na empresa existem áreas que não possuem as ferramentas necessárias para perceber em detalhe quais os materiais que acrescentam valor ao produto e quais os materiais que não acrescentam valor.

Deste modo, a motivação para o desenvolvimento do presente projeto surge da inexistência de informação relacionada com o material desperdiçado durante o processo de injeção de solas, e da necessidade que a empresa tem de ter esta informação sempre disponível, permitindo assim melhorar e controlar os desperdícios associados a este processo.

Durante o processo de injeção são consumidos diversos materiais, entre os quais polioli, catalisadores e aditivos, que ao reagirem quimicamente com o isocianato (ISO) originam o Poliuretano (PU), material que constitui as solas dos sapatos ECCO. Consoante a cor da sola que se pretende, são também consumidas diferentes pastas de cor.

O controlo consumo de PU e de pastas de cor é de extrema importância para o controlo dos custos dos produtos da empresa e é portanto, essencial que esta informação exista, seja fidedigna e coerente, por forma a potenciar a redução de desperdícios no processo.

Inicialmente o projeto terá apenas impacto na unidade de produção situada em Portugal. Porém, existe a possibilidade de ser aplicada a mesma metodologia nas restantes unidades do grupo, uma vez que estas também não possuem informação quanto à quantidade de material que é desperdiçado durante o processo de injeção.

1.2 OBJETIVOS DO PROJETO

Com o desenvolvimento do projeto pretende-se identificar e quantificar os desperdícios relacionados com o processo de injeção de solas, uma vez que a empresa não possui essa informação.

Para que a informação fique sempre disponível para consulta, é também objetivo do presente projeto criar uma ferramenta que permita armazenar os dados relacionados com os desperdícios, sendo capaz de disponibilizar diversas informações sobre o consumo de materiais e sobre o rendimento global do sistema.

Fará ainda parte dos objetivos do projeto, consciencializar todos os colaboradores que trabalham no processo associado ao consumo e utilização de materiais de PU e pasta de cor, da importância que o controlo do consumo trará, não só para a unidade, mas também para o grupo.

Para alcançar os objetivos propostos será seguida a metodologia DMAIC, da abordagem 6-Sigma, uma vez que se pretende identificar, quantificar e reduzir o material consumido pelos desperdícios. A escolha desta metodologia prende-se com o facto de a mesma explorar uma variedade de ferramentas indicadas para alcançar os objetivos definidos.

1.3 ESTRUTURA DO DOCUMENTO

O presente documento está dividido em quatro capítulos. No primeiro capítulo apresenta-se uma introdução ao tema do projeto e definem-se os principais objetivos propostos a atingir.

No segundo capítulo será apresentada uma breve revisão bibliográfica sobre os principais temas abordados ao longo do documento.

No capítulo três descreve-se a empresa onde foi desenvolvido o projeto, o seu processo produtivo, bem como o problema e a metodologia utilizada para alcançar os objetivos definidos.

Posteriormente, o quarto capítulo, é constituído pelo caso prático estando este dividido em duas partes distintas. Na primeira parte apresenta-se a metodologia DMAIC através da aplicação de diversas ferramentas, e na segunda parte é exposto o desenvolvimento da ferramenta de apoio ao controlo dos desperdícios.

Por último, no quinto capítulo, discute-se as conclusões tiradas sobre os resultados alcançados e propõe-se possíveis trabalhos futuros.

2 ENQUADRAMENTO TEÓRICO

O enquadramento teórico encontra-se dividido em três partes. Inicialmente será apresentada a metodologia 6-Sigma através de uma breve contextualização histórica, seguindo-se uma descrição do processo de melhoria normalmente associado a esta metodologia, o ciclo DMAIC. Posteriormente aborda-se a importância que atualmente a informação tem nas organizações e conclui-se este capítulo com uma resumida descrição da atual indústria do calçado, tanto a nível mundial como nacional.

2.1 SEIS-SIGMA

O conceito 6-Sigma foi introduzido pela Motorola nos anos 80 como uma metodologia para a redução de defeitos na produção (Linderman e Schroeder, 2003). Na altura a empresa estava a perder a sua produtividade através dos custos de não-conformidades e, conseqüentemente, estava a ser ameaçada pela indústria eletrónica japonesa. A metodologia 6-Sigma foi desenvolvida para melhorar a qualidade dos produtos, onde através da melhoria dos processos produtivos seria possível reduzir os defeitos (Kumar *et al.*, 2008). Considerava-se defeito qualquer produto ou processo que falhasse relativamente às exigências do cliente (Pande *et al.*, 2000).

A Motorola definiu a sua meta para a qualidade em 3,4 defeitos por um milhão de oportunidades (DPMO - *defects per million opportunities*), sendo que uma oportunidade de defeito seria uma falha crítica para o cliente (Linderman e Schroeder, 2003).

Sendo assim, a metodologia 6-Sigma pretende que os defeitos sejam identificados e posteriormente eliminados até ser alcançado um valor inferior a 3,4 defeitos por um milhão de oportunidades, sendo este o valor de 6σ , ou seja, 3,4 defeitos por um milhão de oportunidades corresponde ao nível sigma 6. A letra grega Sigma (σ) é utilizada para designar a variação existente num processo (Pyzdek, 2003), que estatisticamente representa o desvio padrão de uma população (Pande *et al.*, 2000).

Segundo Snee (2004) a performance da maior parte dos processos, têm um nível de sigma entre 3 a 4, sendo que um nível de sigma igual a 3 corresponde a 66.807 defeitos por milhão de oportunidades e um nível de sigma igual a 4 corresponde a 6.210 defeitos por milhão de oportunidades.

Para o cálculo do nível de sigma é necessário encontrar o número de defeitos por um milhão de oportunidades (Eckes, 2003):

$$DPMO = \frac{N^{\circ} \text{ de defeitos} \times 1.000.000}{N^{\circ} \text{ de oportunidades de defeitos por unidade} \times N^{\circ} \text{ de unidades}}$$

Na tabela 1 observa-se a relação entre os defeitos por um milhão de oportunidades e o nível Sigma do processo.

DPMO	Nível Sigma
691462	1
308538	2
66807	3
6210	4
233	5
3,4	6

Tabela 1. Tabela de correspondência entre DPMO e Nível Sigma. Fonte: Eckes (2001)

Para Lin *et al.* (2013), 6-Sigma define-se como uma metodologia disciplinada e sistemática, focada no cliente e orientada pela informação, baseando-se na análise estatística da informação com o objetivo de medir e melhorar o desempenho da organização. Sendo assim, a filosofia do 6-Sigma tem como intuito manter o processo dentro dos seus limites, sem a ocorrência de defeitos (Arendt, 2008).

Existem 5 passos definidos por Pyzdek (2003) para a aplicação do 6-Sigma são eles:

1. Observação dos aspetos importantes do mercado ou do negócio no qual se está envolvido;
2. Desenvolvimento de uma explicação ou hipótese consistente com as observações efetuadas;
3. Efetuar previsões, baseando-se na hipótese formulada;
4. Testar as previsões, através da realização de experiências. Registrar as observações, e modificar a hipótese com base nos novos factos. Se existir variação utilizar ferramentas estatísticas para remover o ruído;
5. Repetir os passos 3 e 4 até não existir diferenças entre a hipótese formulada e os resultados obtidos ou observados.

Inicialmente desenvolvida como uma operação estratégica, rapidamente se tornou uma estratégia competitiva, sendo atualmente aplicada por diversas empresas (Kumar *et al.*, 2008).

Para Densai e Shrivastava (2008) as razões para que as empresas utilizem esta metodologia prendem-se com:

- Melhoria da eficiência da organização;
- Melhoria dos lucros da empresa;

- Redução do desperdício;
- Melhoria do serviço prestado ao cliente;
- Ganho de vantagem competitiva.

Na subsecção que se segue as fases do ciclo DMAIC serão apresentadas.

2.2 CICLO DMAIC

A metodologia 6-Sigma utiliza um processo estruturado de melhoria denominado ciclo DMAIC, constituído por 5 fases: Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyse*), Melhorar (*Improve*) e Controlar (*Control*).

A metodologia DMAIC, combinando a utilização de várias ferramentas ao longo das diversas fases do ciclo, permite a identificação das causas do problema em estudo, a procura de soluções e a melhoria dos processos (Parast, 2011). Na figura 1 encontram-se esquematizadas as diferentes fases do ciclo DMAIC, assim como os seus principais objetivos.

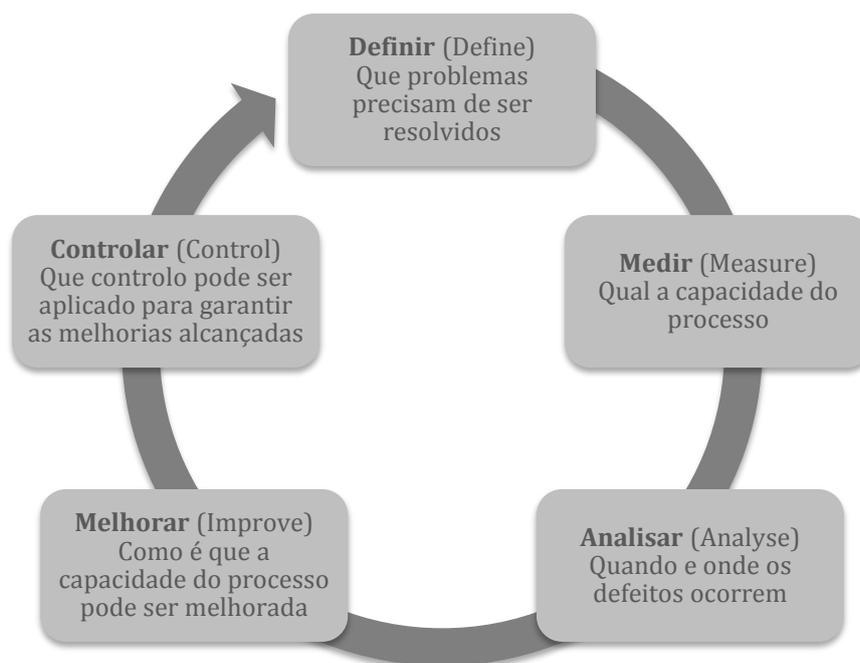


Figura 1. Etapas do ciclo DMAIC. Adaptado de Hassan (2013).

Fase Definir (Define)

A fase Definir é a primeira da metodologia DMAIC. Nesta fase, depois de serem identificados os potenciais projetos de melhoria, estes devem ser avaliados no sentido de selecionar o melhor. Em seguida devem ser definidos os requisitos e as expectativas dos clientes, assim como os limites e os objetivos do projeto, através do desenho do mapa do

processo (Rosa et al., 2014). Para a concretização do trabalho nesta fase, existem várias ferramentas, tais como:

- Fluxogramas;
- Mapas de Processo (SIPOC);
- Diagramas de Pareto;
- Análise Modal de Falhas e Efeitos (AMFE);
- Diagrama de Afinidades;
- Desdobramento da Função Qualidade (QFD).

No texto que se segue serão abordadas as ferramentas que serão utilizadas no presente projeto durante a aplicação da metodologia, sendo que as restantes ferramentas podem ser consultadas em *The Six Sigma Handbook* (Pyzdek, 2003).

O **Fluxograma** é uma ferramenta que permite ilustrar as diversas etapas de um processo, de uma forma ordenada e sequencial. Esta ferramenta pode também facilitar a identificação de possíveis causas para determinados problemas. A figura 2 ilustra um fluxograma com os seus componentes básicos.

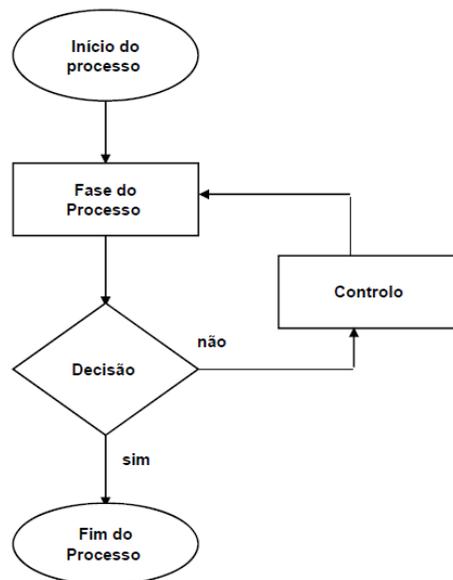


Figura 2. Exemplo de um Fluxograma. Adaptado de Pande et al. (2000).

O **diagrama de SIPOC**, cujo acrónimo significa 'Supplier (Fornecedor), Inputs (Entradas), Process (Processo), Outputs (Saídas) e Customers (Clientes)', é uma ferramenta que permite descrever os elementos do processo em estudo. A figura 3 exemplifica o referido diagrama.

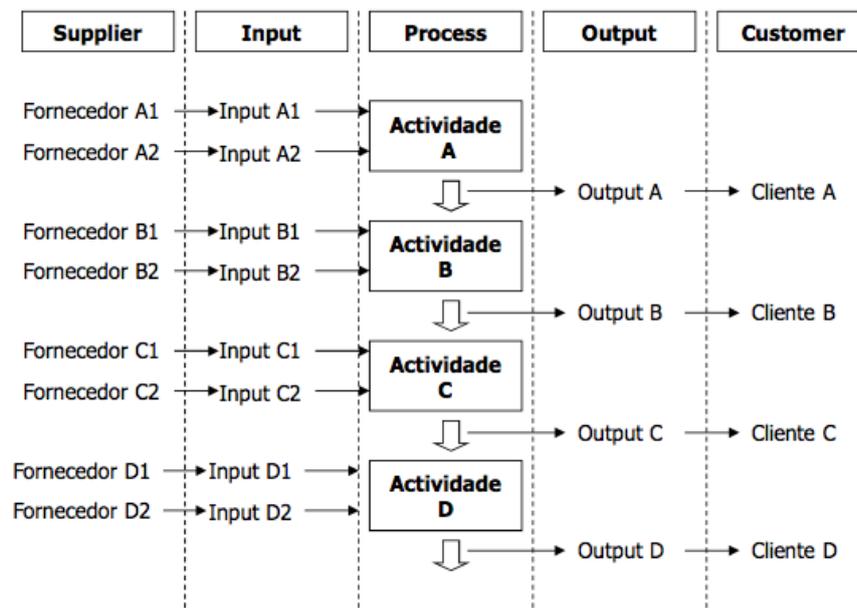


Figura 3. Exemplo de Diagrama de SIPOC. Adaptado de Eckes (2003).

O **diagrama de Pareto**, ferramenta também bastante usada nesta fase da metodologia DMAIC, consiste numa técnica assente no Princípio de Pareto onde se afirma que: 80% dos problemas são causados por 20% das máquinas, materiais ou pessoas, sendo também conhecida como o princípio 80-20 (Pande *et al.*, 2000). Segundo Pareto os esforços de melhoria devem, portanto, concentrar-se em torno dos 20% de máquinas, materiais ou pessoas. Sendo assim, com a construção do diagrama de Pareto é possível identificar por ordem de importância o peso das várias causas para o efeito global. Na figura 4 encontra-se um exemplo de um Diagrama de Pareto para o número de defeitos encontrados para cada tipo de defeito identificado.

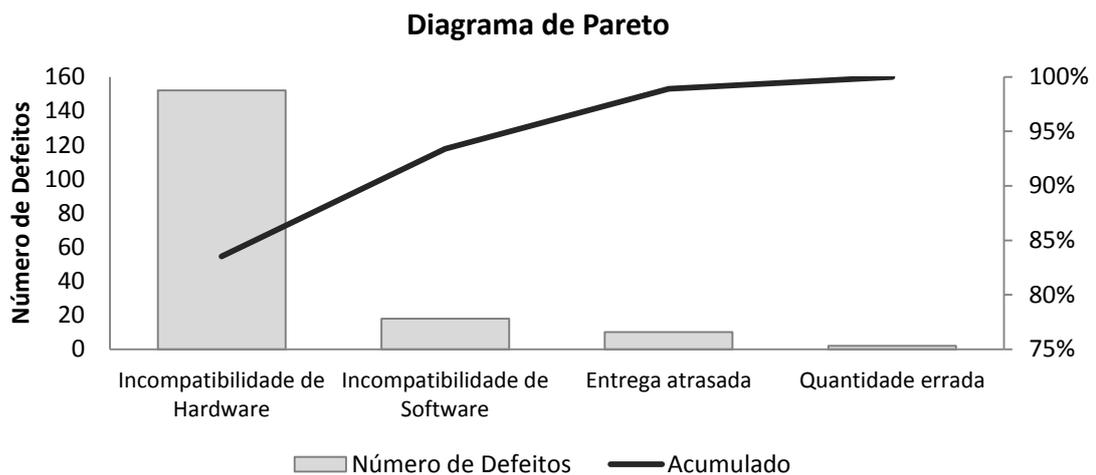


Figura 4. Exemplo do Diagrama de Pareto para os defeitos identificados. Adaptado de Pande *et al.* (2000)

Fase Medir (Measure)

A segunda fase do ciclo DMAIC tem como principal objetivo medir a capacidade do processo atual, através do cálculo do nível de sigma. Este é calculado a partir da recolha de informação e da informação documentada anteriormente. Nesta fase da metodologia, são também identificadas as características críticas para a qualidade do produto e do processo (Priesto-Avalos *et al.*, 2014).

Para esta fase as ferramentas frequentemente utilizadas são:

- Formulários de Recolha de dados;
- Análise de Sistemas de Medição;
- Gráficos de Tendência;
- Histogramas;
- Cartas de Controlo (Rosa *et al.*, 2014).

Seguidamente será apresentado com mais detalhe a ferramenta que irá servir de base ao presente projeto prático. As restantes ferramentas podem ser consultadas em *The Six Sigma Handbook* (Pyzdek, 2003).

A utilização de **formulários de recolha de dados** permite planear e conduzir a recolha de dados de uma forma organizada e estruturada, facilitando, assim, uma interpretação fácil e imediata. A figura 5 exemplifica um formulário de recolha de dados para os diferentes tipos de defeitos encontrados em determinado processo.

Tipo	Defeitos	Sub-total
Defeito 1		12
Defeito 2		11
Defeito 3		19
...		
Total		42
Total inspecionado		1035

Figura 5. Exemplo de Formulário de Recolha de dados para tipos de defeitos. Fonte: elaboração própria.

Fase Analisar (Analyse)

Esta fase do ciclo DMAIC é caracterizada pela identificação e análise pormenorizada das causas-raiz dos defeitos e das fontes de variação, determinando assim as oportunidades

de melhoria capazes de serem implementadas na próxima fase do ciclo (Priesto-Avalos *et al.*, 2014).

Para esta fase as ferramentas normalmente utilizadas são:

- Diagrama de Causa-Efeito;
- Análise 5W;
- Gráficos de Dispersão;
- Análise de Regressão;
- Testes de Hipóteses;
- Planeamento de Experiências (Rosa *et al.*, 2014).

Em seguida é abordada a ferramenta que será utilizada no presente projeto durante a aplicação da metodologia. As restantes ferramentas identificadas podem ser consultadas em *The Six Sigma Handbook* (Pyzdek, 2003).

O **diagrama de causa-efeito** ou **diagrama de Ishikawa** é uma ferramenta gráfica que, de uma forma estruturada, permite determinar as origens do problema em estudo, ou seja, permite identificar e analisar as potenciais causas de um problema, que por norma se encontram nas seguintes categorias: Materiais, Métodos de trabalho, Mão-de-obra, Máquinas e Meio-ambiente. A figura 6 exemplifica como deve ser desenhado o diagrama de causa-efeito.

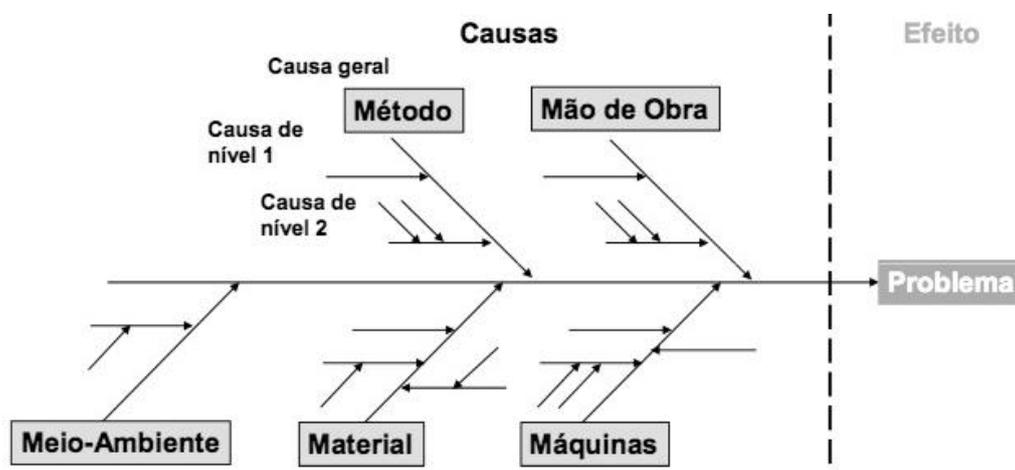


Figura 6. Exemplo de um Diagrama de causa-efeito. Adaptado de Eckes (2003).

Fase Melhorar (Improve)

Tal como o nome indica, na fase melhorar pretende-se que o processo em estudo seja melhorado, eliminando as variações existentes, permitindo assim chegar aos níveis de desempenho definidos numa fase anterior. Para esta fase devem ser definidas

alternativas que serão implementadas com o objetivo de corrigir as causas-raiz identificadas na fase Analisar (Priesto-Avalos *et al.*, 2014).

Para esta fase usualmente utilizam-se as seguintes ferramentas, podendo ser consultadas em *The Six Sigma Handbook* (Pyzdek, 2003):

- Planeamento de Experiências;
- Benchmarking;
- Brainstorming;
- Análise Modal de Falhas e Efeitos (AMFE ou FMEA);
- Matriz de Ações Corretivas. (Rosa *et al.*, 2014).

Fase Controlar (Control)

Na última fase do ciclo ambiciona-se que as melhorias alcançadas sejam documentadas garantindo que as mudanças implementadas sejam mantidas e integradas no processo. Nesta fase é também determinada a capacidade final do processo, sendo possível comparar os resultados antes e depois da implementação das melhorias, quantificar os benefícios financeiros, entre outros (Priesto-Avalos *et al.*, 2014). As ferramentas frequentemente utilizadas, e que podem ser consultadas em *The Six Sigma Handbook* (Pyzdek, 2003)., são:

- 5S;
- Plano de Controlo;
- Análise Modal de Falhas e Efeitos (AMFE ou FMEA) (Rosa *et al.*, 2014).

Sendo assim, e após a aplicação das 5 fases da metodologia DMAIC, espera-se um aumento da produtividade da organização, através da redução da variabilidade dos seus processos e da redução dos produtos não-conformes.

2.3 IMPORTÂNCIA DA INFORMAÇÃO NA ORGANIZAÇÃO

Atualmente a informação assume uma importância crescente, sendo essencial para o sucesso de qualquer organização.

Para Wallace (2013), informação são dados ou factos que depois de reunidos e analisados têm significado e valor para a organização.

Nas empresas, a informação torna-se fundamental para a descoberta e introdução de novas tecnologias, exploração de novas oportunidades e ainda na planificação de toda a atividade industrial.

O acesso à informação e a capacidade de dela extrair e aplicar conhecimento é essencial para que as empresas consigam competir entre si, assim como para o desenvolvimento das atividades comerciais num mercado sem fronteiras (Kaye, 1995).

Sendo assim, o propósito da informação é conseguir proporcionar um uso eficaz e eficiente dos recursos disponíveis, maximizando os resultados obtidos.

Para O'Brien e Marakas (2009) um sistema de informação é a combinação organizada de pessoas, *hardware*, *software*, redes de comunicação, dados, políticas e procedimentos que armazenam, restauram, transformam e disseminam informação na organização.

Laundon e Laundon (2012) afirmam que os sistemas de informação são um conjunto de componentes inter-relacionados que recolhem (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informação para apoiar o controlo e a tomada de decisão da organização. Para além de apoiar a tomada de decisão, coordenar e controlar, os sistemas de informação auxiliam também os gestores e funcionários a analisar problemas, visualizar soluções e também a criar novos produtos e/ou serviços, pois possuem informação relacionada com a organização e com o ambiente envolvente.

A utilização de Sistemas de Informação permite às empresas terem acesso permanente à informação, facilitando a tomada de decisões, otimizando processos que, conseqüentemente, poderão levar à diminuição de tempos, recursos, assim como custos, permitindo ainda criar valor e ao mesmo tempo vantagem competitiva em relação aos concorrentes. Na figura 7 identificam-se, segundo Wallace (2013), as principais funções dos Sistemas de Informação nas organizações.

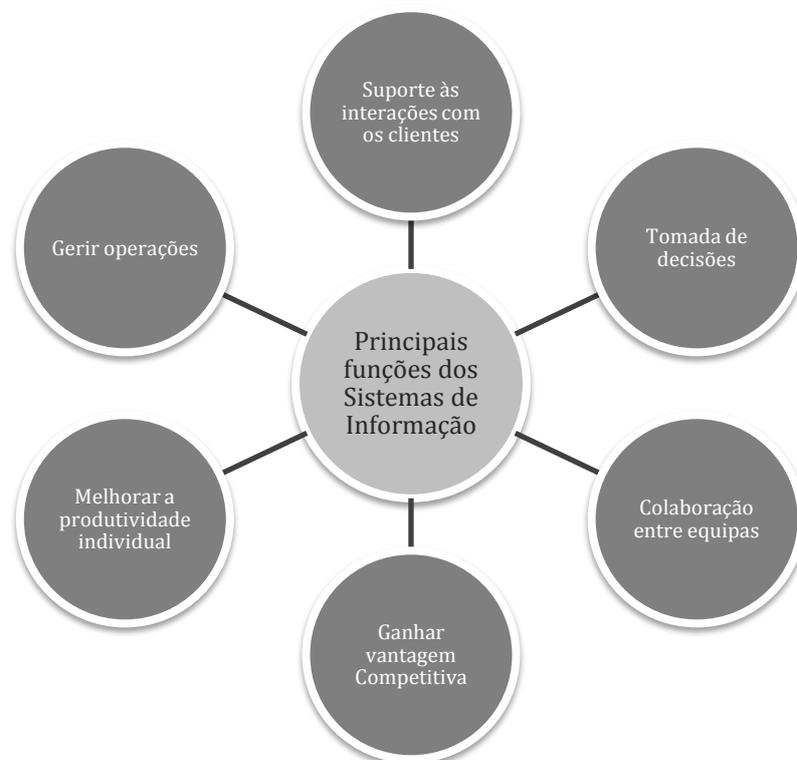


Figura 7. Principais funções do Sistemas de Informação. Fonte: Wallace (2013).

Existem diferentes Sistemas de Informação com diferentes propósitos, consoante a função que desempenham. Sendo assim, podem ser definidos três níveis de atuação dos sistemas de informação: nível operacional, nível tático e nível estratégico (ver figura 8). O primeiro nível caracteriza-se por dar suporte às operações quotidianas da organização, o segundo nível suporta as decisões com impacto no curto prazo, e por fim, o terceiro nível suporta o planeamento de médio e longo prazo (Laundon e Laundon, 2012).



Figura 8. Diferentes níveis dos Sistemas de Informação. Fonte: Laundon e Laundon (2012).

O objetivo principal passa por interligar os três níveis, permitindo que a informação consiga fluir dentro da organização.

O facto de anualmente se investir fortemente em Sistemas de Informação é uma prova da importância que estes têm para as organizações (Kaye, 1995).

2.4 INDÚSTRIA DO CALÇADO

O Yearbook 2015 da APICCAPS (Associação Portuguesa dos Industriais de Calçado, Componentes, Artigos de Pele e seus Sucedâneos) é uma publicação anual que analisa o sector do calçado a nível mundial nas seguintes vertentes: produção, consumo, exportações e importações.

De acordo com o Yearbook 2015 da APICCAPS, estima-se que no ano de 2014, foram produzidos em todo o mundo 24,3 biliões de pares de sapatos, mais 8% do que no ano anterior. O continente Asiático foi o principal produtor, responsável por 87% da produção, devido sobretudo à mão-de-obra barata. O segundo continente com maior produção foi a América do Sul responsável por 5% da produção, seguindo-se a Europa e a África, ambos com um peso de 3%. O top 5 dos países com maior produção é responsável por 83,5% da produção mundial de calçado. Este top é liderado pela China (64,6%), seguindo-se a Índia (8,5%), o Vietnam (3,7%), o Brasil (3,7%) e a Indonésia (3%).

Ao contrário da produção, que está maioritariamente concentrada na Ásia, o consumo encontra-se distribuído pelos 5 continentes. Esta situação não se deve exclusivamente à

quantidade de população existente em cada um dos continentes, deve-se também à distribuição da riqueza. Sendo assim o consumo na Ásia tem um peso de 52%, seguindo-se a Europa (17%), América do Norte (15%), África (8%), América do Sul (7%) e Oceânia (1%).

Devido à grande quantidade produzida, o continente asiático é também o maior exportador de sapatos (86%), só a China exporta 74,1%. Segue-se o continente europeu com 11% das exportações mundiais, sendo que mais nenhum continente exporta mais do que 1%.

Em 2014 foram exportados mais de 16 biliões de sapatos, o equivalente a 133 biliões de dólares americanos (USD). Em termos de quantidade, na última década, assistiu-se a um aumento de 79% das exportações, enquanto em termos de valor monetário o aumento foi de 144%, como se pode observar pela figura 9.



Figura 9. Evolução das exportações mundiais entre 2004 e 2014. Fonte: APICCAPS (2015).

No que diz respeito às importações, o continente europeu lidera com 38%. Contudo o peso das importações na Europa atingiu o seu máximo em 2008 (44%), tendo vindo a decrescer nestes últimos anos.

Relativamente à indústria portuguesa esta está maioritariamente instalada no norte do país, mais especificamente em duas regiões distintas: Felgueiras e Guimarães; Santa Maria da Feira, São João da Madeira e Oliveira de Azeméis. O principal tipo de calçado produzido em Portugal é o calçado em pele.

Em 2014, a produção de calçado em Portugal ficou na 19ª posição do *ranking* mundial, com a produção de 75 milhões de pares de sapatos.

Portugal é um país maioritariamente exportador de sapatos (77 milhões de sapatos exportados contra 54 milhões de sapatos importados), como se pode observar pela tabela 2, e por isso nos últimos 5 anos verificou-se um aumento de 43% das exportações, enquanto as importações apenas cresceram 4%.

	Valor monetário		Quantidade		Preço
	Dólares Americanos (milhões)	Rank Mundial	Pares (milhões)	Rank Mundial	Dólares Americano
Exportação	2 452	12	77	17	\$ 31,88
Importação	597	32	54	37	\$ 11,09
Produção			75	19	
Consumo			52	49	

Tabela 2. Indústria portuguesa do calçado em 2014. Fonte: APICCAPS (2015).

Em termos de exportações os principais mercados são: França, Alemanha, Holanda, Espanha e Reino Unido, enquanto para as importações os principais mercados são: Espanha, Itália, Bélgica, Holanda e França.

A principal razão para este contraste entre as exportações e importações, deve-se à redefinição da estratégia adotada pela indústria portuguesa do calçado, que decidiu apostar na criação de produtos com valor e qualidade.

3 CARACTERÍSTICAS E ENQUADRAMENTO DO PROJETO

Este capítulo inicia-se com a apresentação da empresa onde o estágio foi realizado, a ECCO'let Portugal, segue-se a explicação do processo produtivo em trâmites gerais e a descrição do problema que se propõe estudar. Posteriormente apresenta-se a metodologia adotada que tem como objetivo identificar e quantificar os desperdícios que ocorrem durante o processo de injeção de solas.

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA – ECCO'LET PORTUGAL

A ECCO foi fundada em 1963 na Dinamarca. É uma empresa de origem humilde que começou a produção de sapatos com apenas 40 pessoas. O seu crescimento deveu-se não só à utilização de tecnologia inovadora, e ao *design* europeu dos sapatos, mas também ao facto de os seus colaboradores terem uma profunda compreensão do pé humano. Em 1970, deu-se o primeiro grande avanço com a criação de alguns artigos que ainda hoje são produzidos, sendo também este o ano em que o fundador, Karl Toosbuy, adquiriu a primeira máquina de injeção direta de solas.

A ECCO faz parte do reduzido grupo, dos maiores fabricantes mundiais de calçado a possuir e a gerir cada fase do processo de fabrico, desde o *design*, curtumes de pele até testes de qualidade e vendas. Assim, é possível à empresa garantir a qualidade pela qual é reconhecida, pois para além de os processos serem controlados, os produtos são verificados até ao mais pequeno detalhe, garantindo ao cliente um sapato confortável e com qualidade.

A ECCO tem 5 unidades de produção situadas nos seguintes países: China, Indonésia, Eslováquia, Tailândia e Portugal, dando emprego a 19 800 pessoas. Atualmente é o segundo maior produtor mundial no fabrico de calçado casual e a quarta maior marca em sapatos de golf.

Portugal teve a sua unidade de produção de calçado ECCO em 1984, tornando-se a primeira fábrica do grupo a ser construída fora da Dinamarca. Neste ano o país já tinha uma representatividade importante no que diz respeito à indústria do calçado, o que acabou por facilitar o recrutamento de pessoas especializadas para a nova fábrica. Em 2009 e devido à pressão da concorrência asiática, a produção em grande escala foi encerrada no território nacional, contudo o departamento de Investigação e Desenvolvimento manteve-se. Em 2011, a fábrica da ECCO na Tailândia sofreu uma inundação, e para recuperar a produção perdida, a ECCO Portugal retomou a produção de calçado, reação estratégica que se tornou mais tarde permanente.

Atualmente, a unidade em Portugal conta com a colaboração de quase 1200 funcionários. A fábrica labora 24 horas por dia, em 3 turnos, durante 5 dias por semana, tendo capacidade para fabricar 12 000 pares de sapato por dia, sendo que a empresa tem capacidade para produzir mais de 3 milhões de pares de sapatos anualmente. A unidade produz sapatos de homem, mulher e golf, sendo responsável por 15% da produção total do grupo. Os principais mercados são os Estados Unidos da América, o Japão, a China, a Rússia e o Canadá.

Na empresa existem 8 departamentos como se pode observar pelo organigrama que se segue (figura 10).

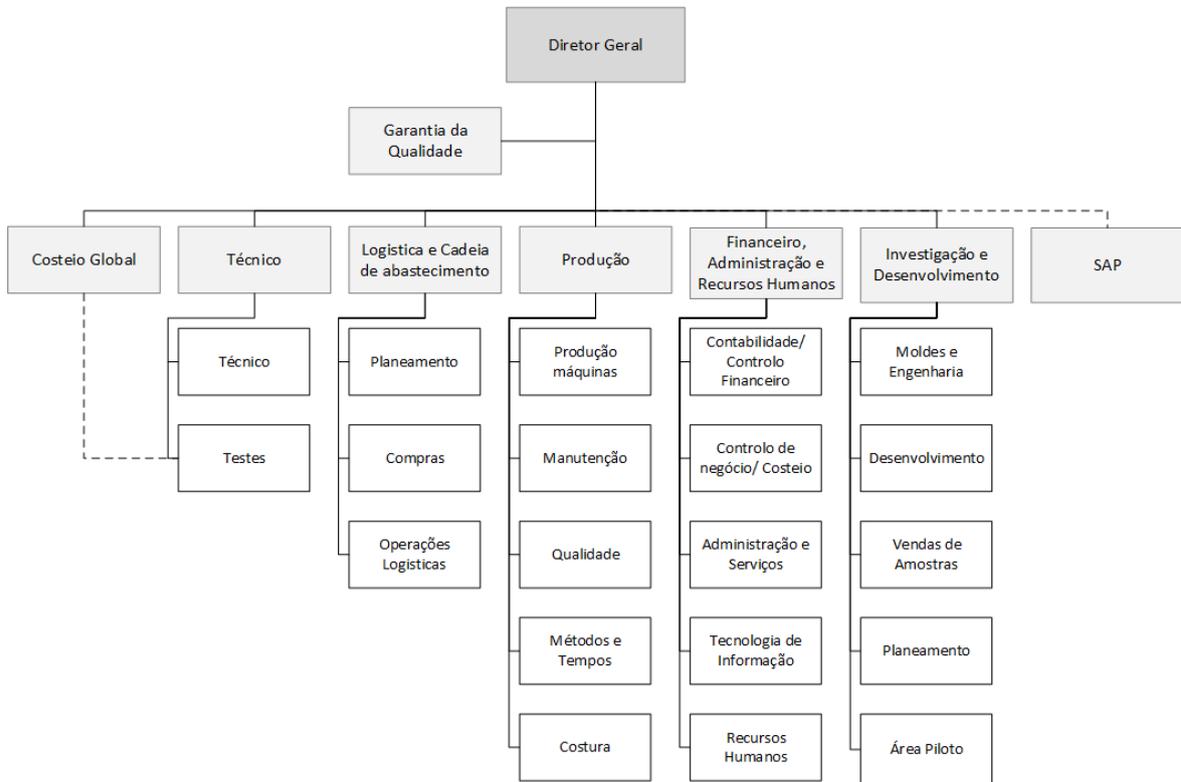


Figura 10. Organigrama da empresa ECCO'let Portugal.

3.2 PROCESSO PRODUTIVO

A produção de um par de sapatos engloba diversos processos. Ao longo de todo o processo o *layout* está organizado em linha nas quatro mini-fábricas existentes na empresa. Cada mini-fábrica está associada a uma linha e conseqüentemente é capaz de produzir um sapato desde a chegada da gáspea (parte superior do sapato que cobre o pé, ver figura 11) até ao produto final, o par de sapato.

Na unidade situada em Portugal, as gáspeas são fornecidas por outras unidades do grupo ou adquiridas a fornecedores externos, previamente treinados e consciencializados com as metodologias, processos e código da ECCO. Conforme o planeamento da produção, acordado previamente com todas as áreas envolvidas, a área dos tubulares abastece as linhas através dos carros tubulares. A construção destes carros determina o sequenciamento dos artigos que serão produzidos. Inicialmente estes carros transportavam 360 pares, mas foram alterados para transportarem 180 pares, pois os anteriores eram de grande dimensão e pouco ergonómicos. Nestes carros tubulares são também transportadas as palmilhas de *strobel* (ver figura 12). Com a chegada dos carros tubulares às linhas de produção, as gáspeas, de forma a serem moldadas para adquirirem a forma pretendida, são sujeitas a calor e depois a frio. Posteriormente, as palmilhas de *strobel* são cosidas às gáspeas.

Numa fase seguinte as gáspeas são colocadas em formas e fazem todo o restante percurso nas mesmas. Esse percurso passa pela fresagem da gáspea (para mais tarde facilitar a adesão da sola que será injetada), por colocar os *shanks* e as espumas (peças que se encontram dentro da sola), se for o caso, e pela queima do excesso de linhas que possa existir.



Figura 11. Gáspea



Figura 12. Carro tubular com gáspeas e palmilhas de strobel.

A etapa seguinte é a injeção da sola. Os moldes das solas dos sapatos já estão colocados na máquina, e assim que a forma com a gáspea entra na máquina dirige-se para o injetor, dando-se a injeção da sola. Após a injeção, a gáspea permanece no molde da máquina permitindo que o material se expanda. A figura 13 mostra o percurso desde a chegada da forma com a gáspea à máquina de injeção até à sua saída.

Em seguida é cortada a rebarba, isto é, excesso de material que fica na sola e que é consequência da injeção.

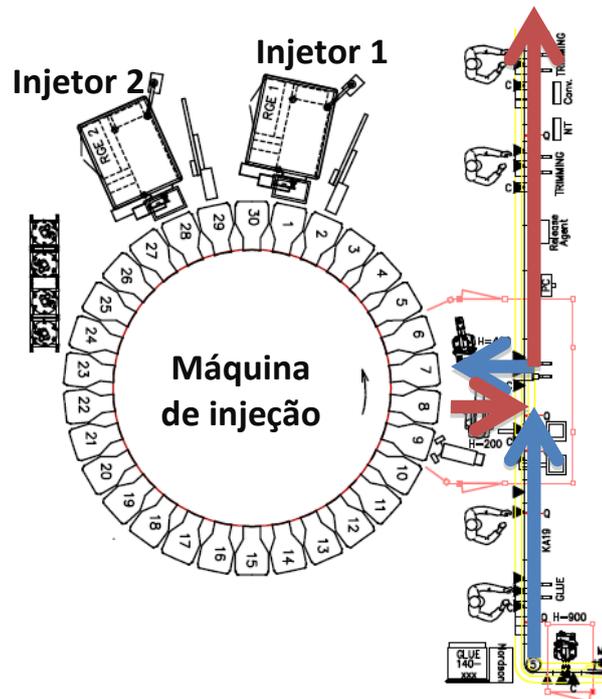


Figura 13. Entrada (percurso a azul) e saída (percurso a vermelho) do sapato sem acabamento na máquina de injeção.

Após esta fase, os sapatos dirigem-se para um transportador aéreo durante um período de uma hora e meia para que a sola estabilize. Quando saem do transportador, os sapatos vão para a linha de acabamento onde, dependendo do artigo em questão, passam por distintas operações de acabamento.

Por fim, e se o par for aprovado pela inspeção final, é empacotado e enviado para o armazém de produto acabado.

3.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

O presente projeto foi desenvolvido no departamento da Produção, mais especificamente na área da injeção de solas.

Antes de começar uma nova estação (Primavera/Verão ou Outono/Inverno) os grupos de artigos que serão produzidos assim, como as quantidades, são definidas para cada uma das unidades de produção do grupo. Cada grupo de sapato é constituído por vários artigos. No mesmo grupo todos os artigos têm a mesma sola, sendo que a cor da sola pode ser diferente assim como o *design* da gáspea (figura 14).



Figura 14. Exemplo de um grupo (Damara) constituído por diferentes artigos.

Cada unidade de produção define quais os artigos que irá produzir em cada uma das suas máquinas de injeção, de acordo com vários fatores: experiência existente caso se trate de

um artigo que já tenha sido produzido, semelhante ou dentro da mesma categoria; maquinaria de apoio a cada máquina; capacidade dos fornecedores e moldes disponíveis. Esta primeira alocação é, tendo em conta a sua data prematura de libertação, propícia a alterações. Com base nas gáspeas fornecidas é definida a produção para 4 semanas, ou seja define-se tanto as quantidades como os grupos que serão produzidos em cada semana nas diferentes máquinas de injeção, sendo este planeamento menos suscetível a alterações. Semanalmente, diferentes áreas reúnem-se com o objetivo de verificar se é necessário fazer alguma alteração ao plano da semana seguinte. Estas alterações podem dever-se a falhas por parte dos fornecedores ou a dificuldades que possam surgir devido à introdução de novos artigos que possam criar problemas inesperados. Em seguida, sabendo o que é necessário produzir e a quantidade de moldes disponíveis, a produção da semana é distribuída por dias.

A BOM (*Bill of Materials*) é um documento técnico que informa sobre o consumo teórico, baseando-se numa avaliação prática e próxima da realidade, de todos os materiais que constituem um sapato, inclusive o consumo de PU e pasta de cor, para o tamanho *standard* de cada artigo. No caso do sapato de homem o tamanho *standard* é o 43 e no caso do sapato de mulher o tamanho *standard* é o 39. Para os restantes tamanhos o cálculo do consumo, relativamente ao PU, faz-se adicionando ou subtraindo 5,5% ao consumo anterior ou posterior, caso se trate de um número maior ou menor, respetivamente. Na tabela 3 está definido o cálculo do consumo para os diferentes tamanhos, tendo por base o tamanho *standard*.

Tamanho	Cálculo do consumo de PU Sapato mulher	Cálculo do consumo de PU Sapato homem
35	$\text{Consumo tamanho } 39 \times (1 - 0,055)^4$	-
36	$\text{Consumo tamanho } 39 \times (1 - 0,055)^3$	-
37	$\text{Consumo tamanho } 39 \times (1 - 0,055)^2$	-
38	$\text{Consumo tamanho } 39 \times (1 - 0,055)^1$	-
39	<i>Standard</i>	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1 - 0,055)^4$
40	$\text{Consumo tamanho } 39 \times (1,055)^1$	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1 - 0,055)^3$
41	$\text{Consumo tamanho } 39 \times (1,055)^2$	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1 - 0,055)^2$
42	$\text{Consumo tamanho } 39 \times (1,055)^3$	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1 - 0,055)^1$
43	$\text{Consumo tamanho } 39 \times (1,055)^4$	<i>Standard</i>
44	-	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1,055)^1$
45	-	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1,055)^2$
46	-	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1,055)^3$
47	-	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1,055)^4$
48	-	$\text{Consumo tamanho } 43 \times (1,055)^5$

Tabela 3. Cálculo do consumo de PU para os diferentes tamanhos.

O consumo de PU refere-se à quantidade de material utilizado para a injeção de um par de solas, onde 10% desse material é destinado a desperdícios, tais como rebarbas, material que fica no canal de injeção e material purgado para limpeza da câmara de injeção durante as sucessivas injeções, como ilustra a figura 15.



Figura 15. Percentagem da BOM atribuída aos desperdícios do processo de injeção.

Na empresa existem 4 mini-fábricas, cada mini-fábrica tem uma máquina de injeção, permitindo que funcionem como linhas independentes, ou seja, cada mini-fábrica é capaz de produzir o produto final desde a chegada da gáspea até ao sapato acabado. Na figura 16 está representada uma das máquinas de injeção da empresa.

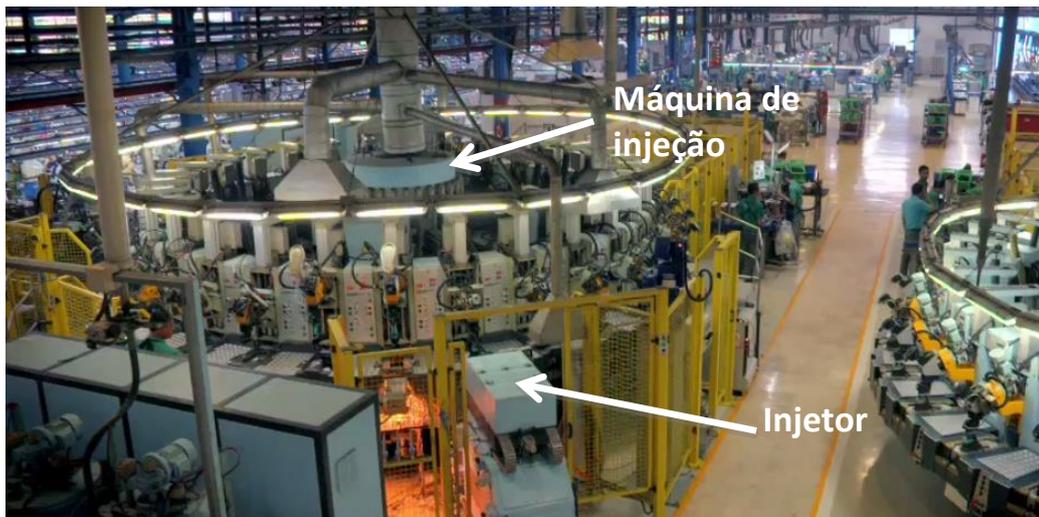


Figura 16. Máquina de injeção com 30 estações e um injetor.

Cada máquina de injeção tem 30 estações (ver figura 17), sendo que cada estação contém um molde. Portanto, cada máquina tem capacidade para 15 pares de moldes, contudo é injetada uma sola de cada vez. O tempo de injeção de uma sola é no mínimo 8 segundos e no máximo 12 segundos, variando de acordo com a quantidade de material injetado.



Figura 17. Ilustração das estações nas máquinas de injeção.

Existem diferenças entre as quatro máquinas de injeção. Enquanto duas das máquinas são constituídas por apenas um injetor, as outras duas possuem dois injetores. Ter dois injetores permite não só trabalhar com diferentes tipos de Polyol, mas também permite trabalhar com mais cores. Cada injetor pode trabalhar no máximo com 4 cores, por isso, as máquinas que têm dois injetores podem injetar até 8 cores de solas diferentes, em simultâneo.

Tanto o material de PU como as pastas de cor estão armazenados em tanques. Para as pastas de cor existe um tanque para cada cor, que está ligado diretamente à máquina de injeção. Para o material de PU existem dois tipos de tanques, um denominado tanque de reserva e o outro tanque de trabalho. Como o nome indica o primeiro serve de reserva ao segundo, e sendo assim é o tanque de trabalho que está diretamente ligado ao injetor. O abastecimento do material de PU é feito manualmente por um operador que abastece os tanques de reserva. Na figura 18 está exemplificado o fluxo do abastecimento dos materiais de PU.

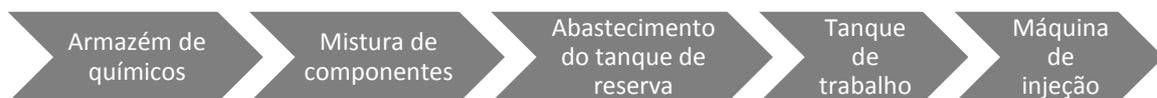


Figura 18. Fluxo do abastecimento de material de PU.

Antes do abastecimento do material é necessário prepará-lo, isto é, fazer a mistura de componentes. Existem diversos tipos de PU que diferem tanto nos componentes como nas quantidades misturadas.

Todas as solas dos sapatos ECCO são compostas por PU. Este tem origem através da reação química entre os seguintes materiais: polioliol, catalisadores, aditivos e isocianato.

Os materiais de PU têm diferentes prazos de validade a partir do momento em que são misturados. Enquanto o poliol tem 48 horas de validade, desde o momento em que a mistura é feita com os catalisadores e aditivos, o ISO tem 1 semana, desde que as condições pré-estabelecidas de temperatura sejam mantidas. Contudo no final da semana existe sempre material nos tanques que não é consumido e que durante 2 dias está nos tanques comprometendo a sua qualidade. Por esta razão o material que não é consumido durante a semana é retirado dos tanques e eliminado, sendo que para o início da nova semana é necessário abastecer os tanques com material novo.

Dada a inexistência de informação que quantifique o material desperdiçado durante a injeção de solas, foi necessária a criação de mecanismos que permitissem identificar e reduzir os desperdícios que ocorrem durante o processo e, conseqüentemente, quantificá-los, vindo este a constituir o principal propósito do presente projeto.

3.4 METODOLOGIA USADA NO PROJETO

A metodologia utilizada para atingir os objetivos propostos está dividida em duas etapas. Numa primeira etapa pretende-se compreender todo o processo de produção assim como identificar e quantificar os desperdícios relativos ao processo de injeção, com a aplicação da metodologia DMAIC. Numa segunda etapa procede-se ao desenvolvimento prático de uma ferramenta para o controlo dos desperdícios do processo de injeção.

Para a primeira etapa, o objetivo inicial passou por compreender todo o processo para a produção de um sapato, e mais tarde perceber em detalhe o processo de injeção, área onde será desenvolvido o projeto.

Para a compreensão do processo de produção foram realizadas *tours* com o gestor da produção, onde todo o processo foi explicado. Em seguida foi efetuado um *follow the shoe*, que consistiu em acompanhar um artigo desde a saída da área dos tubulares até ao empacotamento do mesmo. Todas as operações que o artigo sofreu foram registadas e mais tarde confrontadas com o que estava definido na folha de sequência de operações do artigo.

Depois de concluir a primeira parte desta etapa, seguiu-se para o processo de injeção. Com o intuito de perceber o funcionamento da máquina e o processo de injeção, recorreu-se à observação e a conversas informais com as pessoas que operavam nessa área. Foram também identificados, nesta etapa, os desperdícios que ocorrem durante o processo de injeção. O abastecimento das máquinas de injeção também foi analisado constatando-se que os desperdícios não ocorrem apenas durante a injeção.

Depois de compreender o processo de injeção, realizou-se o estudo prático. O estudo consistiu, numa primeira fase, em recolher e quantificar todos os desperdícios relacionados com o processo de injeção, durante um turno completo, ao longo de 20 dias (5 dias em cada mini-fábrica). Para o estudo optou-se por observar o turno da manhã, das

6h às 14h. Nesta fase do estudo foi aplicada a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*).

Na segunda etapa do estudo prático, foi desenvolvida uma ferramenta para o controlo de desperdícios, isto é, um Sistema de Informação (SI).

Para implementar esta ferramenta recorreu-se ao MS Excel. Este foi escolhido devido não só à sua flexibilidade, mas também pelo facto de servir os objetivos pretendidos e ser uma ferramenta com a qual os futuros utilizadores já estão familiarizados.

Com este sistema, pretende-se que a informação relativamente à quantidade de material desperdiçada por cada máquina de injeção e em cada tipo de desperdício identificado, esteja disponível para consulta e análise, informação que no momento não existe na empresa.

A interface foi uma das maiores preocupações, uma vez que o registo dos dados é diário tentou-se criar uma interface que fosse simples e agradável de usar, por forma a não causar desmotivação por parte de quem tem de inserir os dados. Ao longo do processo de desenvolvimento houve também a preocupação de envolver a pessoa que futuramente irá introduzir os dados, permitindo assim que fossem feitas sugestões de melhoria.

Após a conclusão do desenvolvimento da ferramenta para o controlo de desperdícios, foram realizadas reuniões diárias para explicar o funcionamento do sistema e auxiliar na inserção dos dados.

É de salientar que ao longo de todo o desenvolvimento do projeto, todas as semanas foram realizadas reuniões com o diretor de produção e gestor técnico, garantindo sempre que os objetivos do projeto estavam a ser cumpridos.

4 CASO PRÁTICO: CONTROLO DE DESPERDÍCIOS NA INJEÇÃO

O presente capítulo encontra-se dividido em duas partes. Numa primeira parte irá descrever-se individualmente todas as etapas percorridas da metodologia DMAIC e os resultados obtidos a partir da sua aplicação. Com a aplicação do ciclo DMAIC pretende-se identificar e quantificar o desperdício de materiais de PU e pasta de cor no processo de injeção de solas, assim como sugerir medidas para a redução do desperdício destes materiais. Posteriormente, na segunda parte do capítulo, será descrito o desenvolvimento da ferramenta para o controlo dos desperdícios.

4.1 METODOLOGIA DMAIC

No presente subcapítulo descreve-se a aplicação da metodologia DMAIC a um problema existente ao nível da injeção de solas. Como já foi referido, o projeto foi realizado no departamento da Produção, mais especificamente na área de injeção de solas. Na prática esta metodologia é utilizada maioritariamente para melhorar os processos, através da redução ou minimização das causas de variação existentes.

4.1.1 FASE 1 – DEFINIR

A primeira fase da metodologia DMAIC, Definir, tem como principal objetivo a definição do problema que se irá estudar e os objetivos que se propõe alcançar.

Dada a inexistência de dados sobre o processo de injeção, optou-se por não se escolher apenas um tipo de desperdício para estudo, mas sim todos os tipos de desperdícios relacionados com o processo de injeção.

Inicialmente começou-se por fazer uma análise comparativa entre o consumo teórico de materiais de PU e o abastecimento realizado durante a semana. Pretendia-se com esta comparação perceber se existiam discrepâncias entre o consumo teórico e o real.

Ao longo de diversas semanas foram recolhidos dados relativamente às quantidades produzidas de cada artigo por tamanho e, com essa informação, calculou-se o material que teoricamente seria necessário para a injeção desses mesmos sapatos, de acordo com a BOM. Para o consumo real considerou-se a quantidade abastecida nos tanques.

Ao comparar estas duas quantidades foi possível concluir que no início da semana a discrepância entre o consumo previsto pela BOM e o abastecimento dos tanques era maior do que a diferença que se encontrava nos últimos dias da semana. Na verdade, no final da semana o abastecimento dos tanques era quase sempre inferior ao material indicado pela BOM. No gráfico 1 está representada a média do consumo teórico e real de PU diário, ao longo de três semanas.

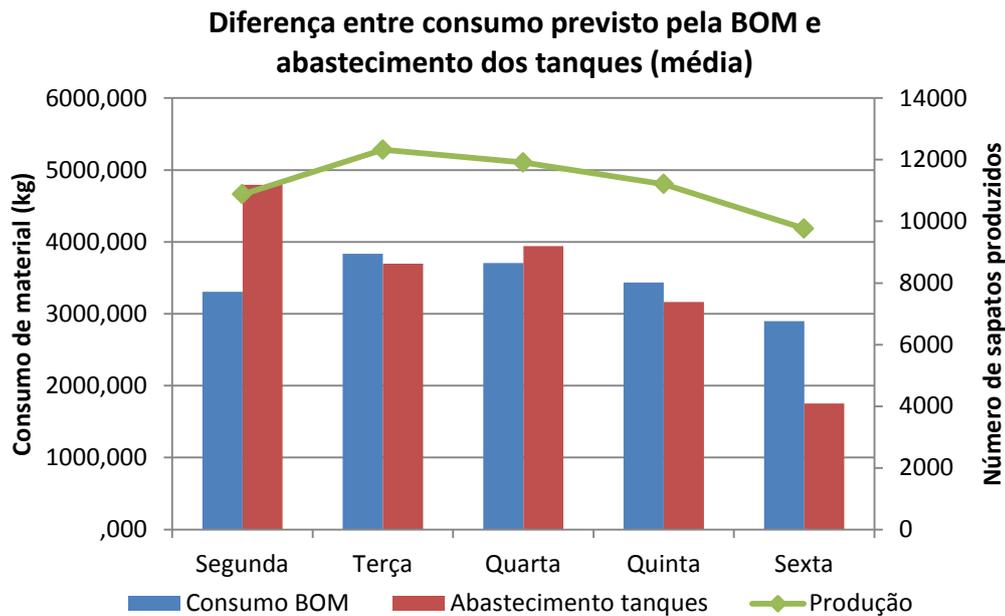


Gráfico 1. Média do consumo, real e teórico, de materiais de PU durante três semanas.

Após a mistura de polioli, catalisadores e aditivos o material fica com o prazo de validade reduzido a 48h, isto é, a mistura de material tem de ser abastecida nos tanques e consumida nesse prazo. Acontece que a empresa ao fim-se-semana não labora, portanto à sexta-feira existe uma maior ponderação quanto à quantidade de material abastecido, pois o material que não é consumido torna-se desperdício. Como no início da semana é possível consumir o material no dia seguinte, o controlo do nível de material nos tanques não é tão rígido.

Devido à diferença encontrada, durante os diferentes dias da semana, optou-se por fazer este tipo de análise com base nos consumos totais da semana. No gráfico 2 encontram-se explícitas as diferenças entre o material que teoricamente seria consumido de acordo com a BOM, e o material que foi abastecido nos tanques para ser utilizado no processo de injeção de solas. Este gráfico refere-se a 11 semanas de produção.

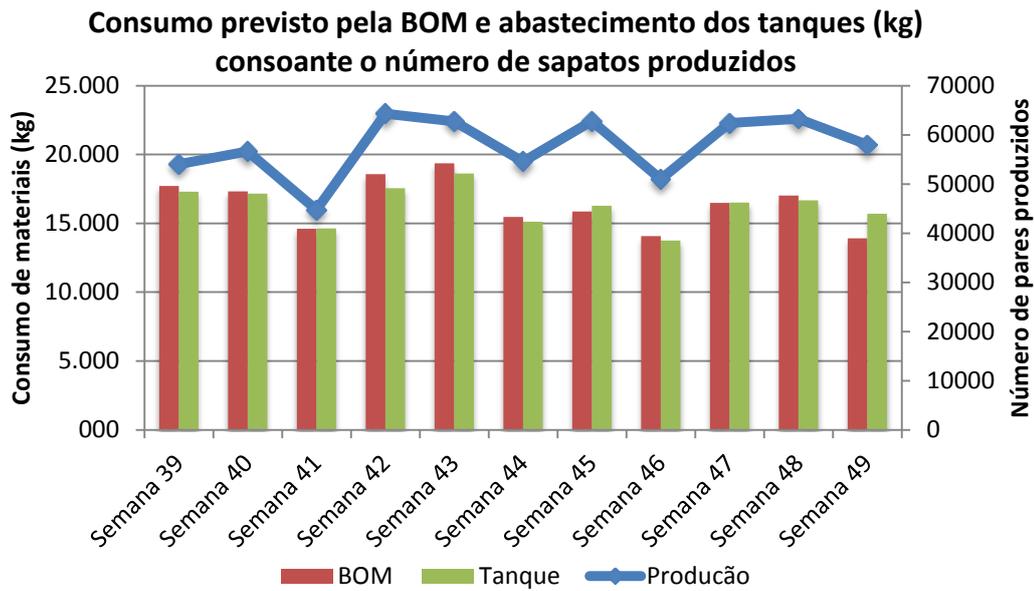


Gráfico 2. Diferença entre abastecimento dos tanques e consumo previsto pela BOM (kg) consoante o número de sapatos produzidos na semana.

Pela análise do gráfico verifica-se que na maior parte das semanas analisadas o consumo de materiais foi inferior ao teórico estipulado pela BOM, mas por outro lado também existem semanas em que o consumo real é superior ou muito próximo do consumo real. A constatação desta situação deve-se ao facto de apesar de existir uma composição teórica para o material necessário para a injeção de um par de solas, esta não é completamente seguida, isto é, as solas são injetadas com menos material do que o indicado pela BOM.

Fluxograma do Processo

O processo de injeção é idêntico para as quatro mini-fábricas da empresa, estando representado na figura 19.

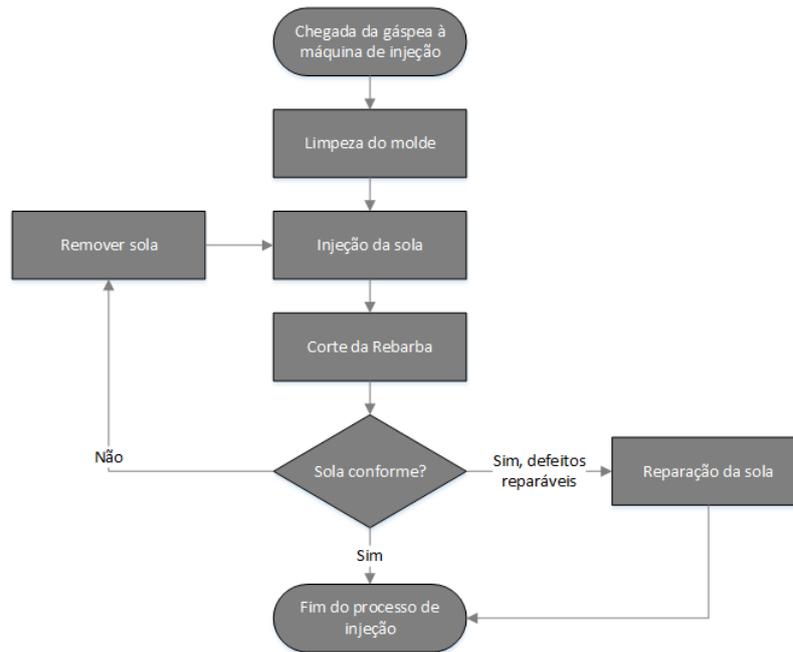


Figura 19. Fluxograma do processo de injeção de solas.

Com a chegada da gáspea, na forma, à máquina de injeção, procede-se à limpeza do molde de injeção, garantindo que os canais de injeção do molde estão desimpedidos, seguindo-se então a injeção da sola. Após o corte da rebarba, existem três hipóteses. Se a sola estiver conforme, segue para o transportador aéreo que terá como destino a linha de acabamento. Por outro lado, se a sola não estiver conforme poderá ter dois tipos de defeitos, o primeiro é possível de ser reparado seguindo posteriormente para o transportador aéreo, o segundo não é possível de ser reparado e, portanto, a sola é removida e injetada novamente.

Diagrama de SIPOC

Para compreender todos os intervenientes no processo de injeção, estes estão descritos através do diagrama de SIPOC (ver figura 20).

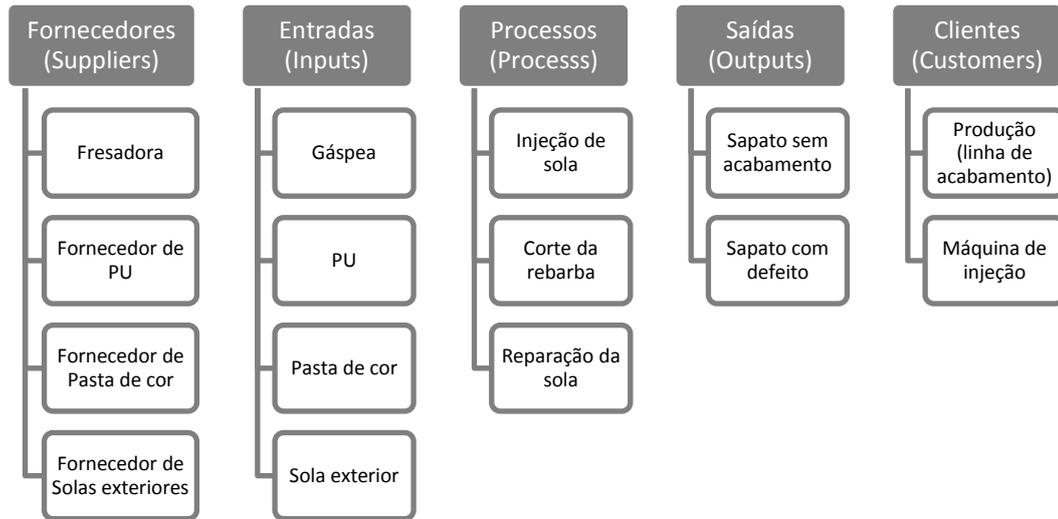


Figura 20. Diagrama SIPOC para o processo de injeção.

Neste caso o processo em estudo é a injeção de solas seguido pelo corte das rebarbas, onde as matérias-primas que entram são o material de PU e a pasta de cor, gáspeas (fornecidas pelo processo anterior, a fresagem) e solas exteriores quando aplicável, e a saída pode ser um sapato sem acabamento ou um sapato com defeito, e portanto para o primeiro caso o cliente do processo é a linha de acabamento para onde o sapato segue depois de ser injetado, enquanto para o segundo caso o cliente é o operador que irá reparar o sapato ou reintroduzir a gáspea, cuja sola foi entretanto removida, no processo.

Tendo por base a observação do processo, foram identificados os seguintes desperdícios sólidos de PU e pasta de cor:

- **Teste ao peso do copo:** de uma hora em uma hora é realizada uma injeção manual, onde o material é injetado para um copo para verificar se o peso do material está dentro dos limites especificados.
- **Teste do penómetro:** tem como objetivo determinar a relação ótima entre o componente A (Poliol) e componente B (ISO). Consiste em 5 injeções, cada uma com diferentes quantidades do componente B. É realizado em todos os injetores de todas as máquinas, uma vez por turno.
- **Pares para laboratório:** em todos os turnos é injetado um par de cada um dos grupos que estão a ser produzidos na mini-fábrica. Os pares de sola injetados vão para laboratório para se fazerem diversos testes.
- **Purgas:** sempre que existe uma mudança de cor de sola é necessário injetar material que não é usado para a sola, garantindo assim, que a cor da próxima injeção está conforme. A quantidade de material purgado depende da cor que se está a injetar e a cor para a qual se quer mudar. Por exemplo, se a cor da última

sola injetada é preta e pretende-se que a próxima sola seja branca, seria purgado mais material do que se a mudança de cor fosse de branco para preto. Constitui também purga o material de limpeza da câmara de injeção. Este desperdício ocorre sempre que se realiza uma injeção, e consiste na expulsão do material que fica na câmara de mistura da máquina de injeção. Estas duas são impossíveis de separar por isso foi quantificado em conjunto durante a recolha dos dados.

- **Material do canal de injeção:** material que fica no canal de injeção do molde sempre que é feita uma injeção.
- **Rebarbas:** material extra que não é necessário para o *design* final da sola e portanto é necessário cortar.
- **Reparação de solas:** injeção manual feita para reparar pequenas falhas que existem na sola.
- **Injeção livre:** usada para testar se as purgas definidas são suficientes para a entrada de uma nova cor, ou para perceber o porquê de estarem a ocorrer injeções não conformes. Consiste em injetar apenas a sola, sem gáspea. Nesta categoria foram também incluídas as solas que são injetadas quando a estação deveria ter sido desligada, mas não o foi por erro humano.
- **Re-injeção de sola:** quando a sola não está conforme e os defeitos são demasiado grandes para ser possível reparar e, por isso, é necessário remover a sola e voltar a injetar.

E relativamente a desperdícios líquidos de PU tem-se:

- **Limpeza dos tanques:** no início da semana os tanques são limpos, isto é, o material que não é consumido e que fica no tanque durante o fim-de-semana é retirado dos tanques e vai para abate, devido ao prazo de validade deste, mencionado anteriormente. A limpeza de tanques também ocorre quando é alterado o material que está no tanque, ou seja, quando é substituído por outro.
- **Limpeza da bomba de abastecimento dos tanques:** como existe apenas uma bomba para abastecer os tanques com os diferentes materiais, é necessário proceder à limpeza da mesma sempre que se abastece os tanques com um material diferente. Esta bomba é apenas usada para ajudar o abastecimento dos tanques de polioli.

Quanto às pastas de cor identificou-se um único desperdício líquido que diz respeito à limpeza dos tanques de pasta quando se pretende alterar a cor da pasta que está no tanque.

É de salientar, que ao contrário dos restantes desperdícios que ocorrem todos os dias em todos os turnos, o desperdício associado ao material usado para a limpeza dos tanques só acontece no início da semana.

Estando esta fase concluída, a próxima consiste em quantificar os desperdícios nas diferentes máquinas de injeção da empresa.

Atualmente, apenas existe informação quanto às solas arrancadas, solas enviadas para laboratório e material utilizado para a limpeza dos tanques. Para todos os restantes desperdícios que ocorrem não existe qualquer registo.

Para definir o projeto de melhoria, e dado que não existe informação quanto à quantidade de material desperdiçado durante o processo de injeção, foi realizado um estudo sobre a ocorrência destes desperdícios.

4.1.2 FASE 2 – MEDIR

A segunda fase da metodologia DMAIC tem como principal objetivo medir a capacidade do processo. Para isso é necessário recolher dados relativamente ao atual desempenho do processo. Os dados relativos aos desperdícios que ocorrem durante o processo de injeção assim como os processos que antecedem a injeção, mas que estão diretamente relacionadas com o mesmo, servirão mais tarde para quantificar as melhorias alcançadas.

Inicialmente a recolha destes dados realizou-se durante uma hora de produção, mas ao analisar apenas uma hora existia a possibilidade de não se verificar todos os tipos de desperdício, e portanto optou-se por fazer a recolha durante o turno da manhã (das 6 horas às 14 horas). O estudo teve a duração de 20 dias, 5 dias em cada máquina de injeção, ou seja, 5 turnos completos em cada máquina.

Sendo assim, foi criado um formulário para uso próprio onde fosse possível identificar todos os desperdícios identificados numa fase anterior, que ocorrem durante um turno (consultar anexo 1).

Para conseguir ter uma noção da representatividade de cada um dos desperdícios numa semana, admitiu-se que a média do desperdício encontrado para cada uma das máquinas de injeção seria a mesma para os três turnos assim como para os cinco dias da semana, pois os artigos injetados diariamente pouco variam consoante o turno, ou seja os turnos da mesma máquina de injeção, injetam os mesmos grupos de artigos e portanto, as diferenças que possam existir são mínimas. Esta simplificação (considerar que o desperdício será o mesmo para os cinco dias da semana) foi efetuada uma vez que o material utilizado para a limpeza dos tanques apenas ocorre no início da semana, ao contrário dos restantes desperdícios que podem ocorrer em todos os turnos.

O gráfico 3, mostra a representatividade de cada um dos desperdícios do processo de injeção numa semana, obtido através das médias dos desperdícios de cada uma das máquinas de injeção.

Representatividade do desperdício numa semana

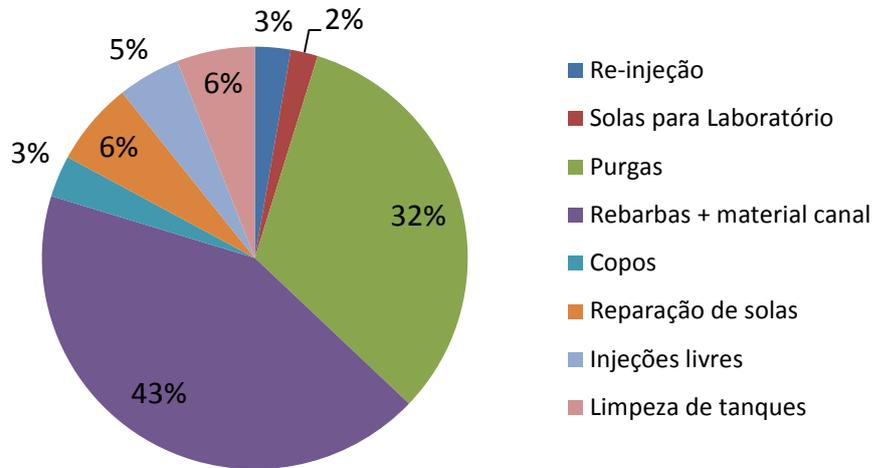


Gráfico 3. Representatividade dos desperdícios que ocorrem numa semana de produção (aproximação).

Durante o estudo realizado foram efetuadas algumas simplificações. A primeira está relacionada com o cálculo do consumo teórico de materiais. Este foi realizado tendo por base o número de sapatos produzidos, em vez do número de solas injetadas pelo turno em estudo, sendo que estes dois diferem. Esta simplificação foi executada por não ser possível saber qual o número de pares injetados por artigo, ou seja, é possível saber quantas injeções foram realizadas mas não é possível saber a quantidade de solas injetadas por artigo e como todos os artigos possuem consumos diferentes, optou-se por usar o número de sapatos produzidos, ou seja os sapatos que são registados no final da linha de acabamento. Esta simplificação levou em média a uma diferença de quase 17 pares injetados a mais do que aqueles que são produzidos durante um turno, o que corresponde, usando a média do consumo de todos os grupos existentes, a 6 kg de material.

Outra simplificação efetuada está associada às rebarbas. Existem sapatos que requerem uma sola exterior (figura 21). Para esses grupos as rebarbas não são apenas de PU, são também compostas pelo material da sola exterior e, naturalmente, para o estudo realizado foi necessário remover esse material. Este cálculo foi efetuado recorrendo a solas enviadas para laboratório, pois estas não possuem a sola exterior e portanto a rebarba é constituída apenas por PU. Para a eliminação do peso da sola exterior recorreu-se à média do peso das rebarbas que não possuíam sola exterior, dos grupos em causa, e admitiu-se que a proporção entre PU e sola exterior seria a mesma para todos os números.



Figura 21. Ilustração de um sapato com sola exterior.

Para perceber em concreto quais os desperdícios que devem ser estudados e nos quais devem ser aplicadas medidas de melhoria, elaborou-se o Diagrama de Pareto, representado no gráfico 4. Deste diagrama observa-se que 20% das fontes de desperdício (rebarbas, material do canal de injeção, purgas e reparação de solas) representam cerca de 80% do total dos desperdícios contabilizados no final de uma semana e portanto os esforços devem concentrar-se nestes tipos de desperdício.

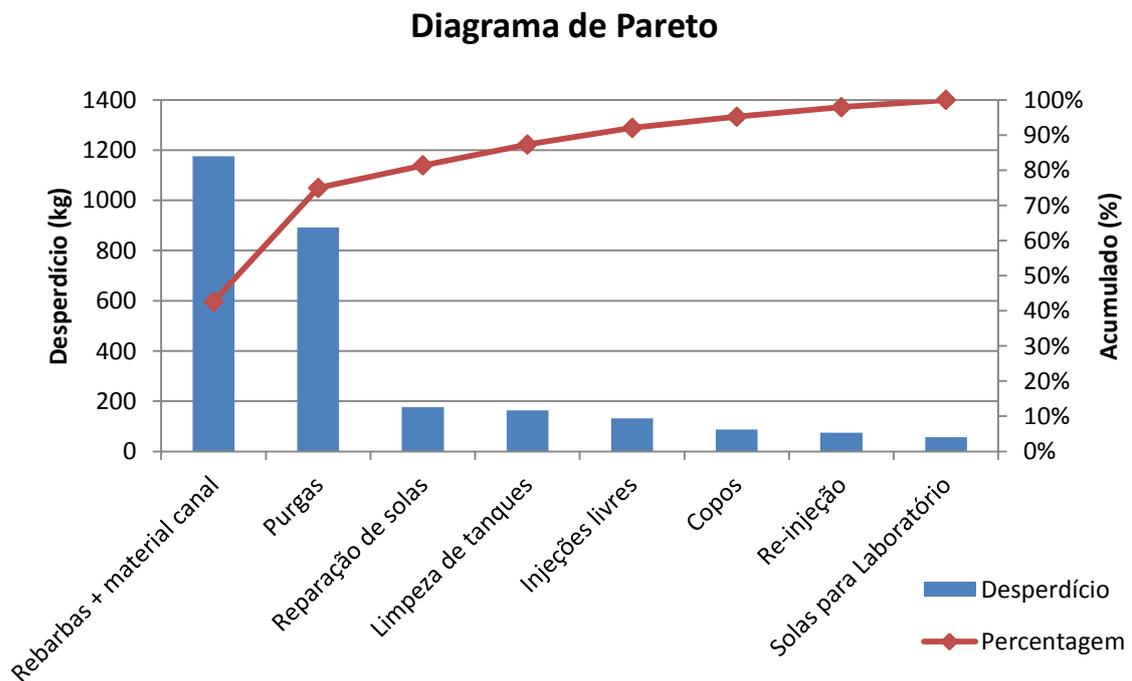


Gráfico 4. Diagrama de Pareto com a representatividade dos diferentes desperdícios para uma semana (aproximação).

Para avaliar o desempenho do processo de injeção nas quatro máquinas será utilizado o nível Sigma.

Para calcular o nível Sigma, considerou-se:

Variáveis para o cálculo do DPMO	
Número de defeitos	kg de material desperdiçado durante o estudo
Número de oportunidades de defeitos por unidade	Número de tipos de desperdícios que podem ocorrer
Número de unidades	kg de material abastecido durante o estudo

Tabela 4. Identificação das variáveis para o cálculo do número de DPMO.

$$DPMO = \frac{N^{\circ} \text{ de defeitos} \times 1.000.000}{N^{\circ} \text{ de oportunidades de defeitos por unidade} \times N^{\circ} \text{ de unidades}}$$

$$DPMO = \frac{874 \times 1.000.000}{7 \times 21.547} = 5.795 \text{ defeitos por milhão de oportunidades}$$

Apesar de existirem 8 tipos de desperdícios, para o cálculo do nível de sigma apenas foram considerados 7 tipos, pois o desperdício associado à limpeza de tanques não ocorre por turnos, mas sim no início da semana, como já foi referido.

Tendo por base a tabela de conversão de DPMO para Nível de Sigma (Anexo 2), verifica-se que para 5.795 defeitos por milhão de oportunidades, o nível sigma do processo é 4.

4.1.3 FASE 3 – ANALISAR

Na fase Analisar pretende-se que as causas-raízes para os desperdícios sejam identificadas, tornando possível a identificação das oportunidades de melhoria. Contudo antes de analisar as causas-raízes, analisou-se a diferença entre o consumo teórico e o real e as diferenças existentes entre máquinas.

DIFERENÇA ENTRE CONSUMO REAL E CONSUMO TEÓRICO

Apenas as rebarbas, o material que fica no canal de injeção e as purgas para limpeza de câmara de injeção são contabilizados na BOM. A verdade é que é impossível injetar um par de sapatos sem que estes desperdícios ocorram. Ao injetar duas solas, haverá sempre duas rebarbas, duas limpezas da câmara de injeção e material que fica no canal de injeção. Contudo durante o processo de injeção ocorrem outros tipos de desperdício, já identificados numa fase anterior.

Apesar de o consumo de materiais ser inferior ao calculado tendo por base a BOM, como se verificou na fase definir, os desperdícios são superiores aos 10% referidos pela BOM.

No gráfico 5 está representada a diferença entre o desperdício teórico esperado e o desperdício contabilizado durante o estudo de observação. O primeiro foi calculado através da percentagem da BOM dedicada aos desperdícios, 10%, o segundo diz respeito apenas a rebarbas, material do canal de injeção e purgas, e finalmente o terceiro refere-se aos restantes desperdícios, contabilizados durante o estudo de 20 dias.

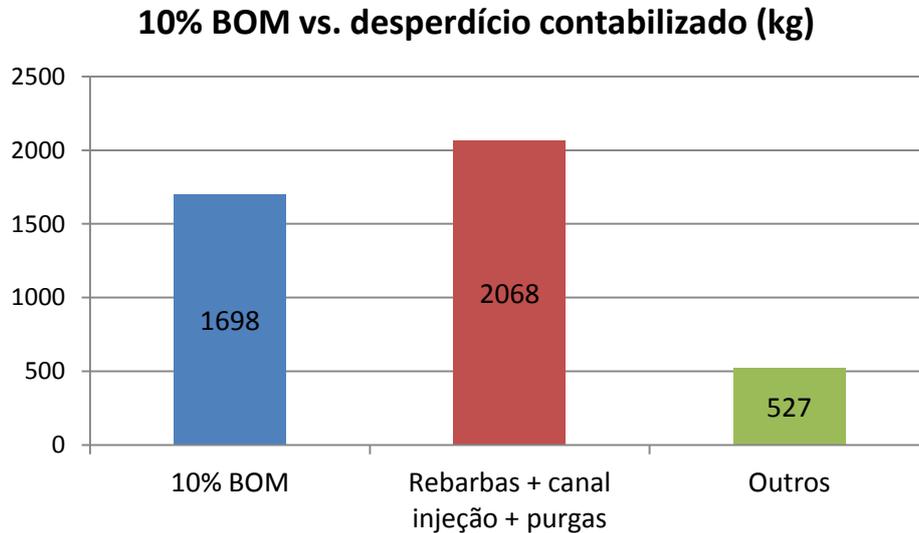


Gráfico 5. Diferença entre desperdícios contabilizados pela BOM e reais (kg).

Pela análise do gráfico constata-se que para os cerca de 60 mil pares de sapatos produzidos durante os dias em que o estudo decorreu, a BOM permite até 1698 kg de desperdício. Contudo se os desperdícios correspondente às rebarbas, material do canal de injeção e purgas (desperdícios contemplados pela BOM) forem somados, verifica-se que a quantidade desperdiçada foi 2068 kg de material. No entanto como já referido, estes não são os únicos desperdícios do processo de injeção. Assim para além da quantidade anteriormente mencionada foi também gasto mais 527 kg de material nos restantes desperdícios.

É de salientar que devido à impossibilidade de separar as purgas que dizem respeito às mudanças de cor e as purgas de limpeza da câmara de injeção, estes dois desperdícios foram considerados em conjunto, apesar de a BOM apenas contemplar o último.

DIFERENÇAS ENTRE MÁQUINAS

Relativamente à análise efetuada para as diferenças observadas entre máquinas, optou-se por fazê-lo ao nível das solas enviadas para laboratório, material gasto com mudanças de cor, rebarbas, material que fica no canal de injeção e copos, como se pode observar pelos gráficos que se seguem (gráfico 6, 7, 8 e 9), onde M1 representa a máquina de injeção da mini-fábrica 1, M2 representa a máquina de injeção da mini-fábrica 2, M3 representa a máquina de injeção da mini-fábrica 3 e M4 representa a máquina de injeção da mini-fábrica 4. Estes desperdícios correspondem à média, por turno, que cada máquina desperdiçou durante o estudo realizado.

Para os restantes desperdícios não foram analisadas as diferenças, uma vez que a existência dos mesmos se deve ao maior ou menor grau de dificuldade do artigo que é injetado.

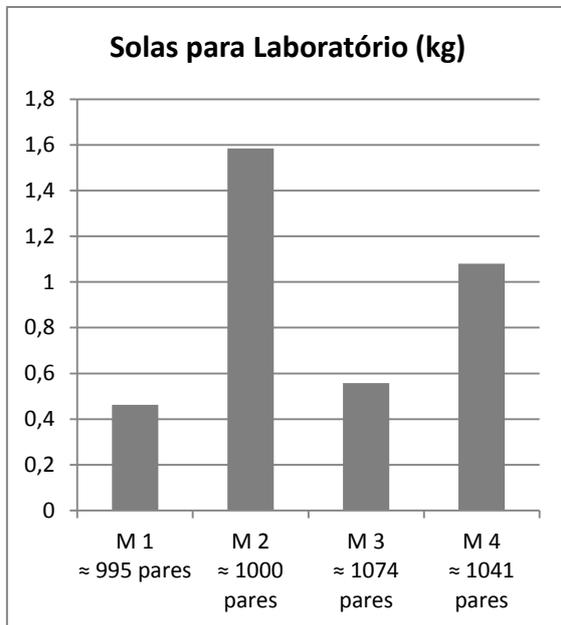


Gráfico 6. Desperdício: Solas para laboratório (kg).

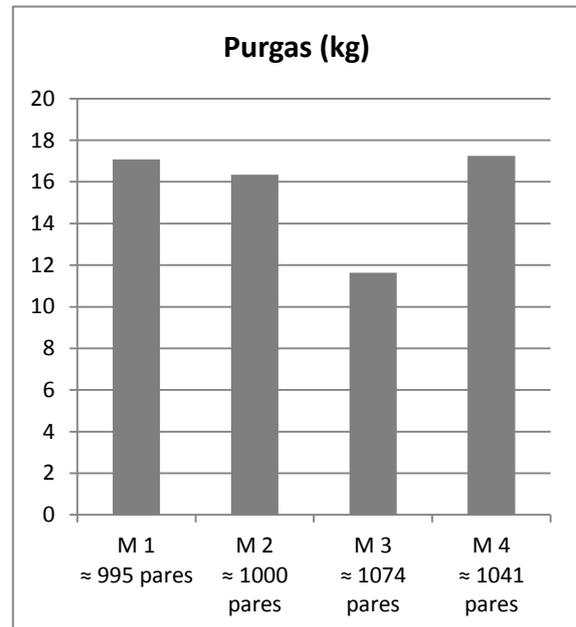


Gráfico 7. Desperdício: Purgas (kg).

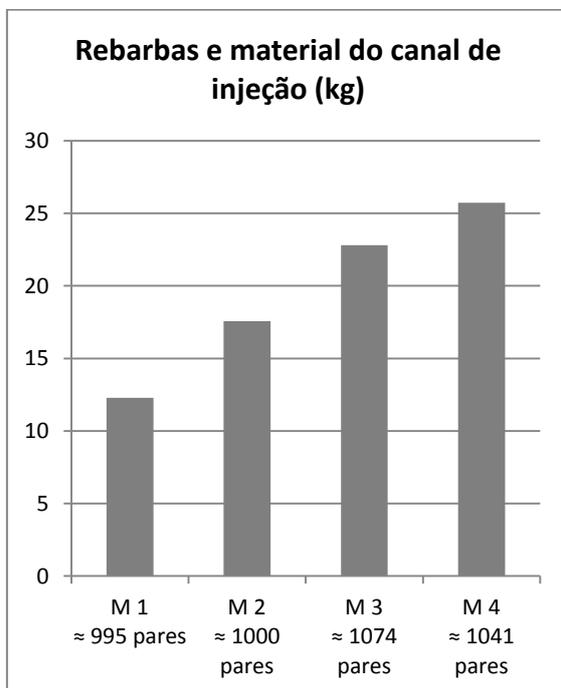


Gráfico 8. Desperdício: rebarbas e material do canal de injeção (kg).

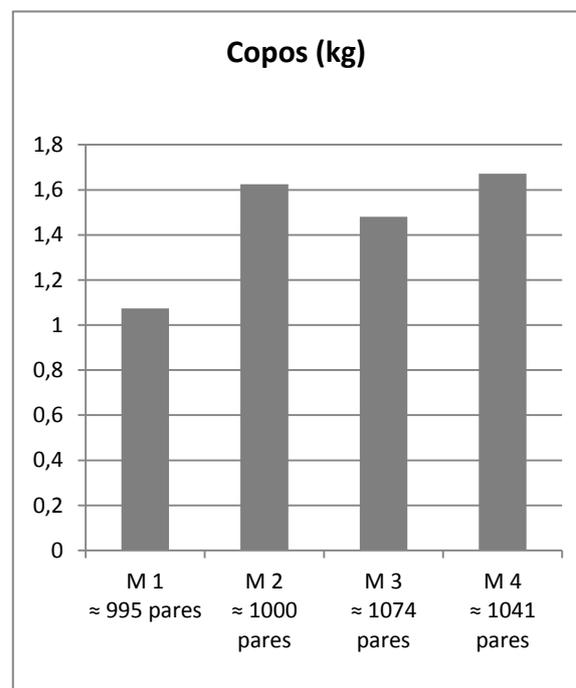


Gráfico 9. Desperdício: Copos (kg).

A nível de solas enviadas para laboratório, observa-se uma alguma diferença entre máquinas, contudo verificando o número de artigos que estava a ser produzidos constata-se que as máquinas que consumiram mais material para este tipo de desperdício, são

também as máquinas que mais grupos diferentes produziram, e como já referido anteriormente todos os turnos enviam um par de cada grupo para o laboratório.

Quanto às purgas, estas dependem não só do número de cores que a máquina está a injetar, mas também da disposição das cores nas estações. Com exceção da máquina 3, as restantes máquinas consumiram aproximadamente a mesma quantidade de material para este desperdício. Esta situação verificou-se pois a máquina 3 teve dias em que apenas foi injetada uma cor, o que significa que não foi necessário desperdiçar material para as mudanças de cor, apenas para limpeza da câmara de injeção.

Relativamente às rebarbas, a quantidade de material gasto foi muito inferior na máquina 1, isto porque grande parte dos sapatos produzidos nesta máquina, durante a recolha de dados, possuía uma sola exterior que não é injetada mas que dava origem a rebarba. Isto quer dizer que para o cálculo do peso das rebarbas apenas cerca de 25% do peso total era efetivamente PU. Para as restantes máquinas as reduzidas diferenças encontradas tem origem no tipo de artigo que estava a ser produzido em cada um das máquinas, ou seja, naturalmente o sapato de mulher origina uma rebarba inferior aos sapatos para homem, mas mesmo entre sapatos de homem ou de mulher existem solas com diferentes quantidades de material, sendo que umas originam mais desperdício em rebarbas do que outras.

Quanto aos copos existe alguma similaridade entre máquinas que não deveria existir. Isto porque as máquinas que têm dois injetores (máquina 1 e máquina 4) deviam fazer o dobro dos testes e portanto deviam gastar mais material. Contudo como os testes não foram todos realizados, estes valores ficaram muito próximos.

Sendo assim conclui-se que apesar de as máquinas produzirem artigos diferentes, existe alguma similaridade entre quantidades desperdiçadas no que diz respeito a estes desperdícios analisados. Para os restantes desperdícios, como injeções livres, reparações de solas e solas arrancadas, as diferenças devem-se essencialmente aos artigos que estão a ser injetados.

IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS-RAÍZES PARA OS DESPERDÍCIOS NO PROCESSO DE INJEÇÃO

Para compreender as causas dos desperdícios identificados no processo de injeção foi elaborado um diagrama de causa-efeito (ou de Ishikawa), como se pode observar pela figura 22.

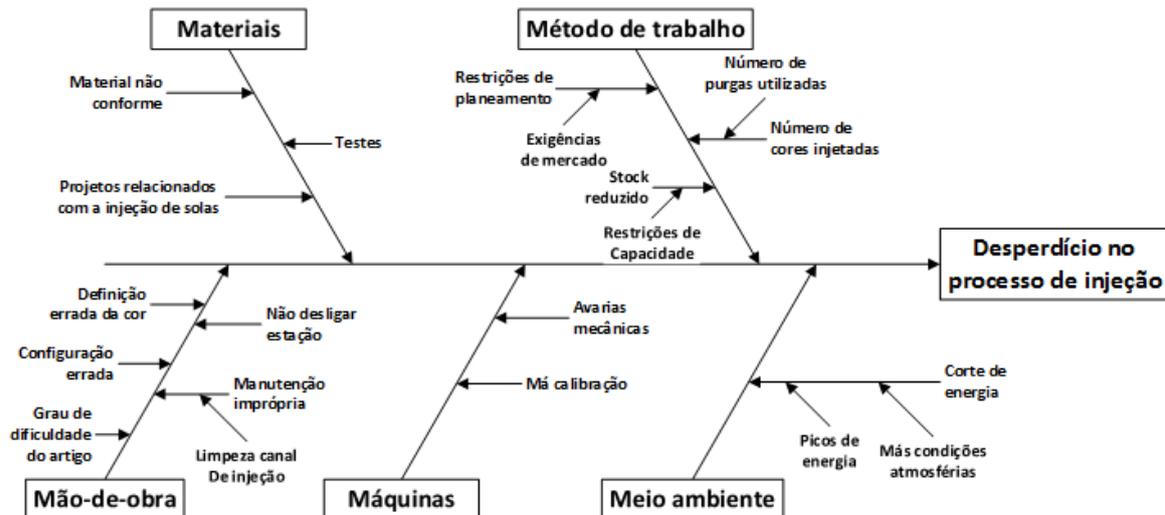


Figura 22. Diagrama de Causa-efeito para os desperdícios do processo de injeção.

4.1.4 FASE 4 – MELHORAR

Como analisado na fase anterior os maiores desperdícios observados correspondem ao material utilizado para as reparações de sola, purgas, rebarba e material que fica no canal de injeção. Estes últimos, rebarbas e material do canal de injeção, não são possíveis de eliminar, uma vez que são consequência da injeção. No entanto é possível diminuir o material desperdiçado com as purgas, nomeadamente as purgas para a mudança de cor.

Em seguida serão apresentadas algumas sugestões, não só para diminuir o material consumido por estes desperdícios, mas também por outros.

SEQUENCIAMENTO PARA AS CORES INJETADAS

Verifica-se que as purgas, material necessário para alterar as cores das solas que serão injetadas, representam grande parte dos desperdícios que ocorrem durante o processo de injeção.

Para reduzir este desperdício, o ideal seria a existência de um planeamento para o sequenciamento das cores, nas estações da máquina de injeção. Contudo, reformular o plano de produção para que o sequenciamento das cores nas estações da máquina de injeção seja considerado, não é viável, como será justificado.

Como já explicado, o processo de planeamento é bastante complexo. Três meses antes de se iniciar a produção de uma nova estação (Primavera/Verão ou Outono/Inverno) é elaborada uma previsão para a produção da próxima estação. Após esta previsão chegar à unidade, é analisada a capacidade das linhas de produção, o produto, e as restrições que possam existir, como por exemplo, a capacidade dos fornecedores, os moldes disponíveis, entre outros. Após a aprovação do plano, a cada linha de produção são alocadas as ordens de produção, assegurando, mais tarde com a área de compras, a data de entrega dos materiais dos fornecedores. Este plano é otimizado para cada linha, garantindo um tempo mínimo para a produção de cada sequência de artigos, minimizando as operações

de limpeza, as alterações de ferramentas e a produção de resíduos. Posteriormente este plano é discutido com a área de produção, métodos e tempos, e ainda com as compras, verificando-se se existe alguma alteração ou ajuste que seja necessário fazer. Este ajuste pode estar relacionado com a otimização de equipas de produção, prevenção de paragens devido à falta de gáspeas ou outras matérias-primas.

Uma das razões para o planeamento da produção ter as cores das solas alternadas durante o processo de injeção, deve-se aos diferentes graus de dificuldade que cada artigo tem durante todo o processo, não apenas durante a injeção de solas. Ao alternar as cores garante-se um fluxo constante em toda a linha, sendo que esta situação leva à otimização de todo o processo.

Com a aplicação de um planeamento de sequenciamento de cores nas estações da máquina de injeção, para que as mesmas cores ficassem juntas e não alternadas como acontece atualmente, originaria uma diminuição de material desperdiçado. Contudo esta alteração iria influenciar bastante o restante processo. O principal processo afetado seria o acabamento, pois como cada artigo sofre diferentes operações de acabamentos, muitas delas que requerem bastante concentração, agilidade e perícia, acabaria por originar um acumular de trabalho na linha. Esta situação poderia levar a um declínio de qualidade do produto final, uma vez que, ao verificar a existência de trabalho acumulado, as operações poderiam ser realizadas em menos tempo mas com menos qualidade.

De forma a clarificar a situação, segue-se o caso representado na tabela 5, onde se pode ver as cores injetadas durante um turno completo.

		Estações da máquina de injeção															
		1/ 2	3/ 4	5/ 6	7/ 8	9/ 10	11/ 12	13/ 14	15/ 16	17/ 18	19/ 20	21/ 22	23/ 24	25/ 26	27/ 28	29/ 30	
Mudanças de cor nas estações		72	01	72	01	72	01	01	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	459	01	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	459	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	459	01	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	01	459	459	01	72	01	01	01	72
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	459	459	459	01	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	459	459	459	01	72	17	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	01	72	17	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	72	72	17	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	72	72	01	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	72	72	17	01	01	72	
		72	01	72	01	72	01	01	459	459	01	72	17	01	01	72	

Tabela 5. Disposição das cores das solas durante um turno.

Cada coluna da tabela representa as cores que foram injetadas nas 30 estações da máquina, enquanto as linhas representam mudanças das cores injetadas, ou seja, da linha 1 para a linha 2 a mudança que se verifica está nas estações 11 e 12, onde estavam a ser injetadas solas da cor 01 e alterou-se para a cor 459.

Como se pode verificar, existe uma alternância entre solas castanhas (cor 72) e solas pretas (cor 01). Para além de o castanho ser uma cor crítica para o acabamento, pois requer a realização de operações de grande perícia, nomeadamente a aplicação de creme na gáspea (ao aplicar o creme é necessário assegurar que todo o sapato fica conforme assim como o seu par) exigindo muito tempo e concentração a quem está a executar a operação, para o artigo em questão é também necessário colocar duas tiras de couro, para efeitos de *design*, em cada molde de sola. Estas tiras são colocadas antes da injeção, e esta é uma tarefa que tem de ser realizada num curto espaço de tempo. Se a pessoa não a concluir é forçada a parar a máquina de injeção para poder completar a tarefa. Ou se a tarefa não for realizada corretamente a sola tem de ser removida e injetada novamente.

Com a sequência de cores apresentadas neste turno, foram gastos 18 kg de material em purgas, que representaram 41,10% de todos os desperdícios observados.

Num novo cenário, ao dispor as mesmas cores agrupadas, como apresentado na tabela 6, seria possível reduzir bastante a quantidade de material desperdiçado em purgas.

Estações na máquina de injeção

	1/ 2	3/ 4	5/ 6	7/ 8	9/ 10	11/ 12	13/ 14	15/ 16	17/ 18	19/ 20	21/ 22	23/ 24	25/ 26	27/ 28	29/ 30
Mudança de cores nas estações	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	01	459	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	459	459	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	01	459	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	459	459	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	01	459	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	459	459	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	01	459	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	01	01	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	01	459	459	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	01	459	459	72
	72	72	72	72	17	01	01	01	01	01	01	459	459	459	72
	72	72	72	72	17	01	01	01	01	01	01	01	459	459	72
	72	72	72	72	17	01	01	01	01	01	01	459	459	72	72
	72	72	72	72	01	01	01	01	01	01	01	459	459	72	72
	72	72	72	72	17	01	01	01	01	01	01	459	459	72	72
	72	72	72	72	17	01	01	01	01	01	01	459	459	01	72

Tabela 6. Sugestão para a disposição das cores nas estações da máquina de injeção.

Tendo em consideração o número de purgas realizadas no primeiro cenário apresentado, e contabilizando o número de purgas que seriam concretizadas com o novo cenário, efetuou-se uma estimativa para o consumo de materiais relativamente a este desperdício.

Para este dia de produção e para este turno, a alteração do sequenciamento de cores resultaria no desperdício de 6,38 kg de material, fazendo com que as purgas representassem 14,48% dos desperdícios do turno.

Apesar de a redução de material desperdiçado em purgas ser elevado, esta alteração acabaria por comprometer a produção, uma vez que a probabilidade de a máquina de injeção ser parada várias vezes para que determinadas operações fossem concluídas é elevada. O turno teria, na maior parte do tempo, 5 pares de solas da cor 72 seguidas, onde seria necessário colocar 2 tiras em cada molde, mais ainda, a linha de acabamento acabaria por acumular muito trabalho em curso de fabrico que poderia levar à precipitação quanto à aplicação de creme, podendo comprometer a política de qualidade da empresa.

Por estes motivos, a reformulação do plano de produção para que o sequenciamento de cores fosse tido em consideração, foi sentenciada como impraticável.

Ainda no mesmo exemplo, verifica-se que foram utilizadas 4 cores (cor 72, cor 01, cor 459 e cor 17) durante o turno. Para não existirem tantas mudanças de cor, poderia ser sugerido adiar a injeção de uma das cores, mas tal não é possível porque essa ação iria causar um atraso na entrega da encomenda ao cliente, e as necessidades dos clientes têm de ser sempre satisfeitas.

Naturalmente o cenário perfeito seria injetar apenas uma cor por máquina, mas tal não é possível. Contudo apesar de não ser possível aplicar a sugestão proposta, é de realçar que são efetuados alguns esforços para reduzir este desperdício, como por exemplo colocar as cores parecidas em sequência na máquina, uma vez que por serem cores próximas necessitam de purgar menos material.

UNIFORMIZAÇÃO DO NÚMERO DE PURGAS UTILIZADAS PARA MUDANÇA DE CORES

Não sendo possível reformular o plano de produção, tentou-se abordar o problema de outra forma, ainda com o objetivo de reduzir o material desperdiçado em purgas.

Enquanto os dados foram recolhidos nas diferentes máquinas de injeção, reparou-se que não existia nenhum documento que explicitasse a quantidade de purgas necessárias para alterar entre cores, ou seja, em cada máquina de acordo com a experiência do chefe de máquina, definiam-se quantas purgas seriam necessárias. Não existindo uma uniformização constatou-se que para as mesmas cores existiam discrepâncias, inclusive na mesma máquina, como se pode verificar na tabela 7.

Cores		dia 1	dia 2	dia 3	dia 4	dia 5	dia 6
		Número de purgas utilizadas para as mudança de cores					
72	17	2	2	2	2	1	2
72	459	3	2	2	2	2	2
72	01	1	1	1	1	1	1

17	72	1	1	1	1	2	1
17	459	2	2	2	2	2	2
17	01	1	2	1	1	1	1
459	72	2	2	2	1	1	1
459	17	1	1	2	2	2	2
459	01	1	1	1	1	1	1
01	72	2	2	2	2	2	2
01	17	3	2	3	3	3	3
01	459	3	2	1	1	1	1

Tabela 7. Número de purgas utilizadas em diferentes dias, para a mudança de cor.

Do mesmo modo que foram detetadas diferenças entre o número de purgas usadas na mesma máquina, também se encontraram diferenças entre máquinas, ou seja, para as mesmas cores, as diferentes máquinas de injeção utilizavam diferentes quantidades de purga para mudar entre cores. Na tabela 8 apresentam-se as diferenças entre purgas utilizadas, para as cores que foram comuns durante o estudo de 20 dias realizado, onde M1 representa a máquina de injeção da mini-fábrica 1, M2 representa a máquina de injeção da mini-fábrica 2, M3 representa a máquina de injeção da mini-fábrica 3 e M4 representa a máquina de injeção da mini-fábrica 4.

		Número de purgas utilizadas para mudar cores					
		01	07	17	72	163	
Número de purgas utilizadas para mudar entre cores	01	-					M 1
		-		1	1		M 2
		-		1		3	M 3
		-		1	0		M 4
	07		-				M 1
			-				M 2
			-				M 3
			-				M 4
	17			-		2	M 1
		2		-	2		M 2
		4		-		1	M 3
		3		-	3		M 4
	72				-		M 1
		2		1	-		M 2
					-		M 3
		0		1	-		M 4

163			2		-	M 1
					-	M 2
	4		1		-	M 3
					-	M 4

Tabela 8. Número de purgas utilizadas para a mudança entre cores, nas quatro máquinas de injeção.

Pela análise da tabela constata-se, a título exemplificativo, que para a mudança da cor 17 para a cor 01, a máquina de injeção da mini-fábrica 2 utilizou duas purgas, enquanto a máquina da mini-fábrica 3 utilizou quatro purgas, e a máquina da mini-fábrica 4 utilizou três purgas.

Em seguida será apresentado um caso para clarificar a sugestão, tendo por base duas máquinas de injeção de mini-fábricas diferentes:

Num dos turnos observados na máquina de injeção da mini-fábrica 4 foram injetadas duas cores, a cor 01 e a cor 72. Nesta máquina não foram utilizadas purgas para mudar da cor 72 para a cor 01, nem para mudar da cor 01 para a cor 72. Por outro lado, na máquina de injeção da mini-fábrica 2, onde estavam a ser injetadas três cores, cor 01, cor 72 e cor 459, foi necessário utilizar uma purga para mudar da cor 72 para a cor 01, e duas purgas para mudar da cor 01 para a cor 72.

Na primeira máquina de injeção foram desperdiçados 9,6 kg de material em purgas, material que diz respeito apenas às purgas de limpeza da câmara de injeção, uma vez que não se verificaram purgas para mudança de cor. Enquanto na segunda máquina foram desperdiçados 15 kg de material em purgas (estimativa efetuada removendo o material que terá sido utilizado para mudar da cor 459 para as restantes e das restantes cores para a cor 459). Neste turno, as purgas para a máquina de injeção da mini-fábrica 2 representaram 35% do desperdício total. Contudo se não tivessem sido utilizadas purgas para mudar entre as duas cores referidas (72 e 01), estima-se que este desperdício seria responsável por 26% dos desperdícios totais.

O facto de não existir uma uniformização quanto ao número de purgas necessárias para alterar entre cores, representou aproximadamente uma diferença de 3,5 kg de material despendido em purgas que poderia ter sido evitado. Sendo que esta diferença diz apenas respeito a este turno, ou seja, a 8 horas de trabalho.

Sendo assim foi sugerido uniformizar esta situação. Inicialmente pensou-se em efetuar testes para cada uma das cores, mas para além de ser necessário muito material, iria também ser necessário despendido muito tempo para concluir todos os testes, uma vez que o método utilizado seria tentativa/erro.

Por estes motivos, optou-se por utilizar o conhecimento daqueles que diariamente lidam com a situação. Através do preenchimento de um formulário criado para o efeito, todos os operadores das máquinas de injeção, em todos os turnos, teriam de preencher o formulário, identificando as cores que estavam a ser injetadas e o número de purgas que estavam a utilizar para cada uma das combinações possíveis. Com a aplicação deste

formulário, seria depois facilmente definido o número de purgas mínimas necessárias para mudar entre cores.

Durante uma estação (primavera/verão ou outono/inverno) usa-se aproximadamente 20 cores, mas existem muitas mais, na ordem das centenas. Por isso o ideal seria fazer esta recolha de informação em todas as estações, de modo a conseguir uniformizar o maior número de purgas possíveis, para as mudanças de cor.

Existem ligeiras diferenças quanto à disposição da informação sobre o número de purgas utilizadas em cada máquina de injeção, e por essa razão os formulários criados foram adaptados à forma como a informação é apresentada no painel de controlo dos parâmetros de injeção para cada uma das máquinas, com o objetivo de evitar possíveis erros no preenchimento dos formulários. A figura que se segue exemplifica as diferenças entre os dois formulários idealizados.

Cores	1	2	3	4
1	-			
2		-		
3			-	
4				-

Cor 1	Cor 2		Nr. purgas
1:	2:	→	
1:	3:	→	
1:	4:	→	
2:	1:	→	
2:	3:	→	
2:	4:	→	
3:	1:	→	
3:	2:	→	
3:	4:	→	
4:	1:	→	
4:	2:	→	
4:	3:	→	

Figura 23. Exemplificação da diferença entre os formulários criados para o registo do número de purgas utilizadas em cada máquina de injeção.

Nestes formulários os número 1, 2, 3 e 4 representam os tanques onde estão as pastas de cor.

Como a implementação dos formulários foi tardia, não foi possível obter resultados para análise durante a implementação do projeto.

REDUÇÃO DO MATERIAL UTILIZADO PARA REPARAÇÃO DE SOLAS

Por vezes após a injeção das solas, estas ficam com pequenos defeitos possíveis de serem reparados. A eliminação destes defeitos ocorre, maioritariamente, durante os intervalos dado que requer a paragem da máquina. Para esta operação é realizada uma injeção manual, cerca de 80 gramas, e esse material é utilizado para preencher as falhas que existem na sola.

Porém, para preencher estas falhas na sola não é necessário injetar manualmente 80 gramas, dado que 10 gramas são suficientes para a operação.

Sendo assim, foi proposto reduzir esta injeção de 80 gramas para 20 gramas. Apesar de 10 gramas ser suficiente para reparar as solas, optou-se por definir a injeção em 20 gramas, uma vez que é necessário garantir que a mistura entre componentes está conforme.

A implementação desta medida é relativamente simples dado que apenas é necessário alterar os parâmetros de injeção no painel de controlo, contudo verificou-se alguma resistência por parte dos operadores.

Durante o estudo de 20 dias, em reparações de solas foram consumidos 12kg. Se esta medida já estivesse em prática teriam sido consumidos 3kg.

Esta medida, sendo simples de implementar, foi aprovada e atualmente é aplicada.

REDUÇÃO DE MATERIAL USADO NO TESTE DO PENÓMETRO

O teste do penómetro consiste em efetuar 5 injeções, cada uma com diferentes quantidades de Polioli e ISO. Este teste tem como objetivo descobrir a melhor relação entre estes dois componentes.

Antes da injeção que será utilizada para o teste, é realizada uma injeção que não é testada, mas que funciona como garantia de que a seguinte injeção tem a quantidade certa de ambos os componentes. De salientar que, para o material mais utilizado para a produção, cada copo pesa aproximadamente 80 gramas, para os restantes materiais o peso do copo varia entre 40 a 60 gramas.

O processo utilizado para realizar o teste do penómetro está descrito na figura 24. Apenas estão representadas as duas primeiras injeções que são efetivamente testadas, contudo para as restantes a lógica mantém-se.

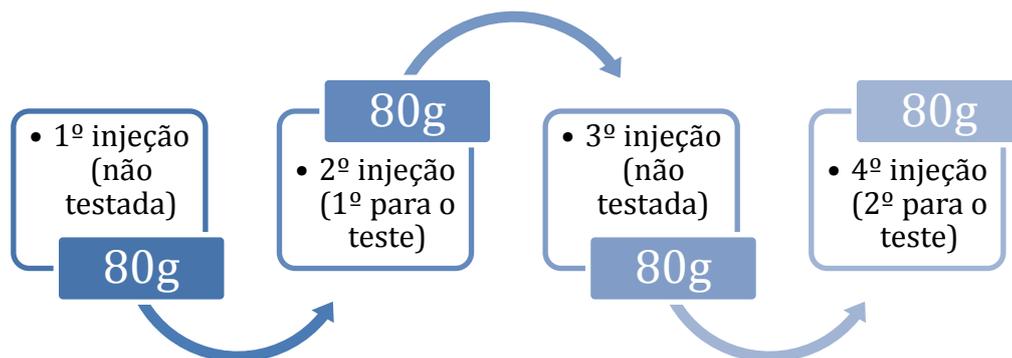


Figura 24. Procedimento para fazer o teste do penómetro.

A proposta para a redução deste desperdício passa por criar um botão on/off no painel de alteração dos parâmetros de injeção. Sempre que este botão estivesse ligado a primeira injeção seria de 20 gramas e a segunda de 80 gramas (ver figura 25). Com esta simples modificação estima-se que seria possível não desperdiçar aproximadamente 30kg de material por semana.

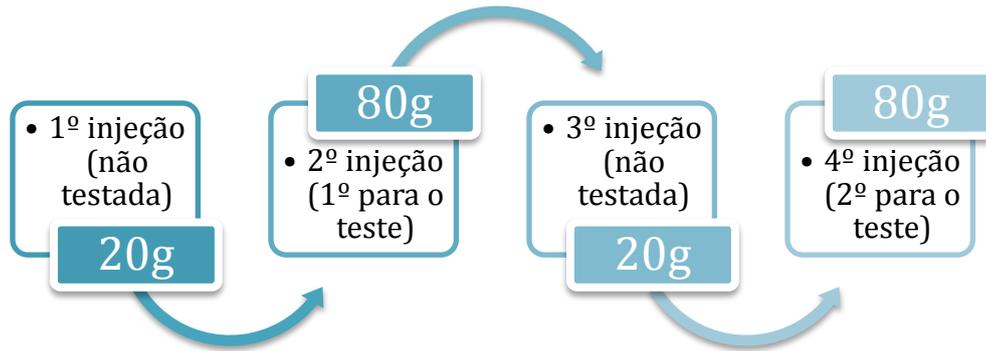


Figura 25. Sugestão de mudança do procedimento para fazer o teste do penómetro.

Para os dias em que se realizou o estudo foram contabilizados 27 kg de material gasto para testes ao peso do copo e para os testes do penómetro (ver figura 26).

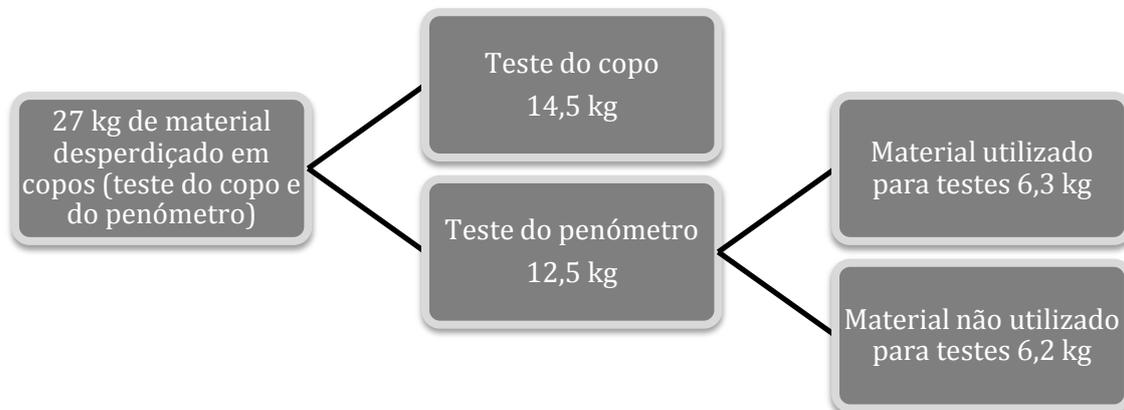


Figura 26. Material utilizado em testes, nos 20 turnos observados.

Se a proposta sugerida fosse implementada, estima-se que teria sido desperdiçado 1,4 kg de material não utilizado no teste do penómetro em vez dos 6,2 kg contabilizados.

Apesar da redução demonstrada, de ser uma proposta também de simples implementação (requer apenas programar um botão no painel de controlo dos parâmetros de injeção) e de ter sido bem recebida, a medida não foi implementada de imediato uma vez que a empresa está a reestruturar alguns procedimentos relacionados com os testes de materiais, incluindo o teste do penómetro. Sendo assim, após terminar as reestruturações quanto aos procedimentos relacionados com estes testes, esta proposta será novamente analisada.

ALTERAÇÃO DA BOM

Após a análise dos dados recolhidos quanto ao consumo de material, concluiu-se que o consumo real de material para a injeção das solas é inferior ao material previsto pela BOM.

Pode-se assim concluir que, se é possível injetar solas com menos material do que aquele que está estipulado pela BOM, talvez fosse necessário alterar este documento. Mas, se o

material que a BOM estipula para a injeção de um par de sapatos fosse reduzido, seria necessário aumentar a margem correspondente aos desperdícios, pois como já mencionado, atualmente a BOM considera o material necessário para a sola mais 10% para desperdícios, que incluem rebarbas, material que fica no canal de injeção e material para a limpeza da câmara de injeção, mas existem mais desperdícios que ocorrem durante o processo de injeção.

A BOM é um documento técnico utilizado por todas as unidades da ECCO, e naturalmente para conseguir alterar este documento é preciso provar que todas as unidades conseguem produzir os sapatos com quantidades mais reduzidas.

Para chegar a esta conclusão seria necessário que as restantes unidades do grupo realizassem o mesmo estudo que se realizou na unidade situada em Portugal. Dos resultados obtidos seria possível retirar uma conclusão sobre a viabilidade ou não de alterar a BOM.

4.1.5 FASE 5 – CONTROLAR

A aplicação da metodologia DMAIC no presente projeto terminou na fase Melhorar, pois a maior parte das medidas propostas estão em fase de análise, dado que a empresa está a passar por uma fase de reestruturação de áreas e processos relacionados com a injeção de solas. Como tal, a fase 'Controlar' da metodologia DMAIC não será abordada no presente projeto.

4.2 FERRAMENTA DE CONTROLO DOS DESPERDÍCIOS

Neste subcapítulo pretende-se apresentar uma ferramenta, desenvolvida durante o presente projeto, para auxiliar o controlo dos desperdícios, realçando as suas principais funcionalidades em torno da interface de utilizador.

Atualmente a empresa não tem informação sobre a quantidade de material que é desperdiçada durante o processo de injeção, informação que é crucial para o controlo dos custos dos seus produtos. Assim, um dos objetivos passou por criar uma ferramenta que permitisse armazenar essa informação. Para isso foi desenvolvida uma ferramenta com o auxílio do MS Excel, que disponibiliza informação quanto ao material que cada máquina gasta em cada tipo de desperdício por dia. Estes dados são armazenados, dando origem a informação que é gerada com base em tabelas semanais.

4.2.1 DESENVOLVIMENTO DA FERRAMENTA

O desenvolvimento de um Sistema de Informação engloba a concretização de várias fases, são elas: Estudo preliminar e/ou de viabilidade; Identificação dos requisitos; Desenho do Sistema; Programação; Testes e implementação; Manutenção e por último Formação de colaboradores.

A primeira fase a ser completada durante o desenvolvimento de um SI é o estudo preliminar e/ou de viabilidade. Esta é uma fase crítica para o desenvolvimento de

qualquer sistema, uma vez que são identificadas as necessidades do utilizador, normalmente conhecidos como os requisitos do utilizador. Pretende-se que o sistema desenvolvido armazene os dados diários relativos ao consumo teórico e quantidade de material consumido pelos desperdícios do processo de injeção, bem como processe esses dados a fim de gerar alguns índices de performance. Os índices de performance gerados serão:

Índice de performance	Descrição
Consumo previsto (kg)	Consumo de material previsto segundo o planeamento da produção
Consumo teórico (kg)	Consumo de material de acordo com o número de sapatos produzidos, tendo por base o consumo estipulado pela BOM
Consumo real (kg)	Consumo real de acordo com o material abastecido nos tanques
Desperdício real (kg)	Desperdício real de material
Taxa de desperdício (%)	$= \frac{\textit{Desperdício real}}{\textit{Material abastecido}} \times 100$
Desperdício por par produzido (kg)	$= \frac{\textit{Desperdício real}}{\textit{Quantidade de pares produzidos}}$
Impacto financeiro (€)	Cálculo do valor monetário resultante da diferença entre o consumo teórico e o real

Tabela 9. Índices de performance gerados semanalmente.

Tendo por base o estudo realizado no terreno durante 20 turnos, 5 turnos em cada uma das máquinas da empresa, definiu-se quais os dados que seriam necessários recolher relativos aos desperdícios durante o processo de injeção. Para isso identificou-se os documentos que já continham informação que seria essencial para preencher o ficheiro e elaborou-se um formulário de registo para os restantes dados necessários, ilustrado na figura 27.

ecco
Folha de registo diário os desperdícios

Máquina: Data:

Injeções livres:

Turno	Designação do Grupo	Número de injeções livres
A		
A		
A		
B		
B		
B		
C		
C		
C		

Reparações / pingar Solas (20g ou 30 segundos)			Turno	Rebarbas + banana (kg)		
Turno	Material usado (g ou segundos)	Número de reparações (pingar material)	A			
A			A			
A			A			
B			B			
B			B			
B			B			
C			C			
C			C			
C			C			

	PSA 1 (Peso = _____ g)						PSA 2 (Peso = _____ g)					
	Usados			Não usados			Usados			Não usados		
	Manh	Tarde	Noite	Manh	Tarde	Noite	Manh	Tarde	Noite	Manh	Tarde	Noite
Teste do Copo												
Teste do Penometro												
Total												

Turno	Purgas (kg)	
	PSA 1: _____	PSA 2: _____
A		
A		
B		
B		
B		
C		
C		
C		

Figura 27. Formulário para o registo diário dos desperdícios.

Para além desta informação é necessário ainda recolher dados quanto ao número de pares produzidos, através de uma transação SAP, que se apresenta na figura 28, onde é indispensável preencher os campos: *Plant* (identifica a unidade de produção), *Confirm Date* (identifica o dia para o qual se pretende os resultados) e *Work center* (identifica a mini-fábrica).

Figura 28. Interface SAP para recolher quantidade de sapatos produzidos.

Para esta transação foi criada uma variante para otimizar a informação e a sua disposição, facilitando a recolha da mesma para o utilizador.

Após esta fase, desenhou-se o modelo com base nos requisitos do sistema encontrados e validou-se o mesmo (figura 29).



Figura 29. Desenho do modelo para validação.

Neste modelo a área delimitada a azul destina-se à inserção da quantidade de sapatos produzidos diariamente, por grupo e por máquina de injeção; na área delimitada a laranja identifica-se o material que está a ser utilizado em cada máquina de injeção; e as restantes áreas (roxa, verde, vermelha e castanha) são para introdução das quantidades de material desperdiçado por cada tipo de desperdício, isto é, número de reparações de

solas efetuadas, número de re-injeções, quantidade de solas para laboratório, quantidade de injeções livres realizadas, número de copos, quantidade de purgas, quantidade de rebarbas e material do canal de injeção desperdiçado.

Depois da validação inicializou-se a implementação do sistema onde se deu bastante importância à interface de utilizador. Para a elaboração das folhas recorreu-se a macros e inclusive à programação em *Visual Basic Application* (VBA).

Decidiu-se criar uma interface para cada um dos desperdícios e, por isso, criou-se um menu que facilitasse o acesso a estas interfaces (figura 30).

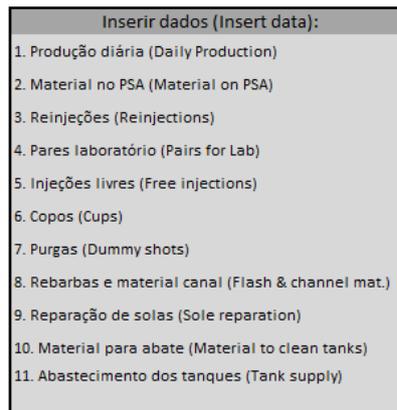


Figura 30. Menu com os diferentes tópicos para inserir os dados.

Optou-se também por colocar instruções sempre visíveis, para o preenchimento do sistema, pois numa fase inicial poderiam existir dúvidas quanto aos passos a seguir. No entanto, se o utilizador cometer algum erro durante a utilização da ferramenta, o painel das instruções apresentará esses erros, tal como se exemplifica na figura 31 e na figura 32.

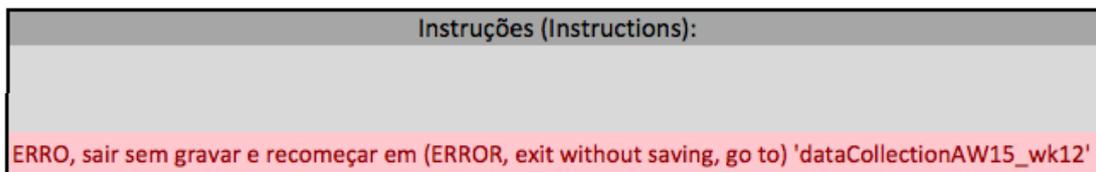


Figura 31. Alerta quando por engano se corre a macro de novo dia, quando se deveria ter corrido a macro de nova semana.

2. Material on PSA					
SD 27 B	MS 27	SD 27 B	SD 27 B	SD 27 B	SD 27 B
PSA 1 PSA 2 Minifactory 1		PSA 1 Minifactory 2	PSA 1 Minifactory 3		PSA 1 PSA 2 Minifactory 4
To avoid data duplication, change one of the PSA (M4) for 'not working'					
Minifactory 1: Some shoes need MS 48					

Figura 32. Alerta quando por engano se introduz o mesmo material em dois injetores da mesma máquina, ou quando por engano se escolhe um material que não foi utilizado.

Na figura 33 apresenta-se a interface inicial do sistema, onde se identifica o menu do lado esquerdo, seguido pelas instruções e pelos botões para correr as seguintes macros: 'Atualizar data', 'Adicionar novo dia' e 'Adicionar nova semana'.

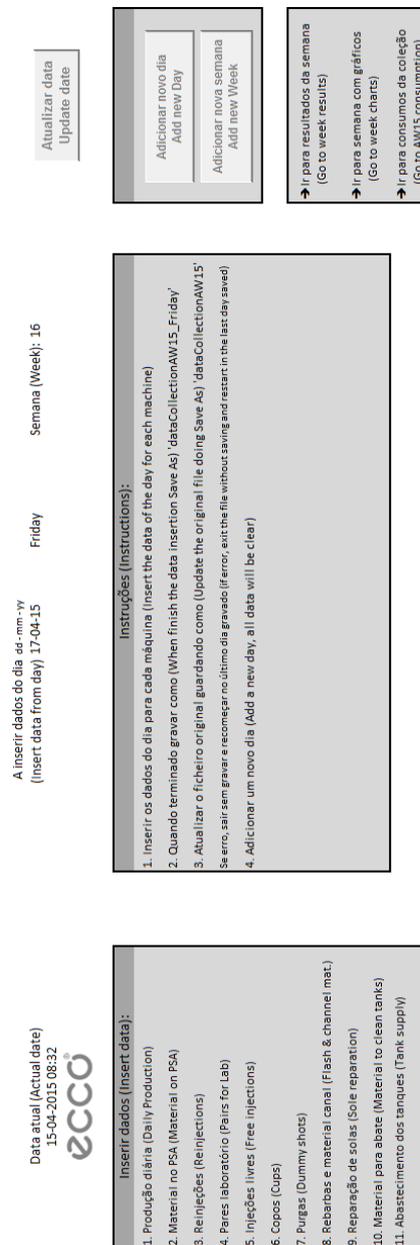


Figura 33. Interface inicial da ferramenta.

De realçar que todas as interfaces possuem um mecanismo que permite ao utilizador regressar à interface inicial.

Posteriormente foram realizados diversos testes, corrigindo pequenos erros, tanto de sintaxe, como de programação, seguindo-se a fase da formação do futuro utilizador da ferramenta. A formação consistiu em explicar detalhadamente todos os objetivos da ferramenta e, posteriormente, acompanhar a inserção dos dados, para deteção de dificuldades e respetivo melhoramento da interface. Nesta fase deu-se por concluído o

desenvolvimento da ferramenta. Contudo já foram realizadas algumas operações de manutenção da ferramenta, nomeadamente a melhoria de certas características e a adição de artigos que entretanto começaram a ser produzidos.

4.2.2 DESCRIÇÃO DO OUTPUT DA FERRAMENTA

Semanalmente são gerados três tipos de relatórios. Estes diferem entre si, na informação disponível e na sua apresentação.

Contudo, aquando a inserção dos dados diários é possível observar a distribuição dos mesmos de acordo com os tipos de desperdícios identificados e por máquina, como se pode observar pela representação da figura 34.

kg		Desperdício Real - Real Waste (kg)									
	BDM	Reinjeções (Reinjections)	Pares Lab (Pairs for lab)	Purgas (Dummy shot) PSA1	Purgas (Dummy shot) PSA2	Flash + channel material	Copos (Cups)	Reparação solas (Sole reparation)	Injeção livre (Free injection)	Mat. abate (for cleaning)	Total (Polyol + ISO)
M 1	-	0	0	0	0	0,00	0	0	0	159,99	-
	Polyol SD 27 B	389,111	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,791
	Polyol MS 48	35,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	12,830
	ISO	413,114	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M 2	-	0	0	0	0	0,00	0	0	0	159,99	-
	Polyol SD 27 B	484,270	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,791
	ISO	449,899	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Polyol SD 27 B	512,367	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,791
M 3	-	0	0	0	0	0,00	0	0	0	159,99	-
	Polyol SD 27 B	476,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	ISO	476,016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Polyol SD 27 B	523,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
M 4	-	0	0	0	0	0,00	0	0	0	159,99	-
	Not working	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	Polyol SD 27 B	563,953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,791
	ISO	523,939	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Figura 34. Interface onde é possível identificar o material desperdiçado por tipo em cada máquina, assim como o consumo teórico.

Posteriormente esta informação é armazenada em tabelas semanais, após correr a macro de 'Novo dia'. Nestas tabelas semanais, a informação é armazenada por máquina sendo possível identificar as diferenças que ocorrem entre os dias da semana, como se pode observar pela figura 35. No final da semana esta informação é automaticamente exportada para um relatório.

Mini fábrica (Minifactory) 3				Desperdício Real / Real Waste (kg)									
Data (Date) dd-mm-yy	Dia semana (Weekday)	Prod diária (Daily Prod)	PU Material	Reinjeções (Reinjections)	Pares Lab (Pairs lab)	Purgas PSA 1 (Dummy shot)	Purgas PSA 2 (Dummy shot)	Rebarbas + canal (Flash + channel mat)	Copos (Cups)	Reparação solas (Soles reparation)	Injeção livre (Free injection)	Mat. abate (for cleaning)	Real (total)
27/04/15	Monday	2914	Polyol SD 27 B	4,257	0,946	14,715	0,000	26,292	1,491	0,177	0,099	0,000	47,977
			ISO	3,955	0,879	13,725	0,000	24,521	1,391	0,165	0,092	0,000	0,000
28/04/15	Tuesday	3141	Polyol SD 27 B	3,463	1,053	27,871	0,000	39,094	1,373	0,039	0,397	0,000	73,290
			ISO	3,217	0,978	25,994	0,000	36,462	1,281	0,037	0,369	0,000	0,000
29/04/15	Wednesday	3197	Polyol SD 27 B	2,951	1,266	29,411	0,000	21,534	1,295	0,098	1,790	0,000	58,345
			ISO	2,742	1,176	27,431	0,000	20,084	1,208	0,088	1,663	0,000	0,000
30/04/15	Thursday	2837	Polyol SD 27 B	1,899	1,462	15,226	0,000	32,257	1,452	0,000	0,410	0,000	52,705
			ISO	1,764	1,358	14,200	0,000	31,018	1,354	0,000	0,380	0,000	0,000
01/05/15	Friday	0	Polyol SD 27 B	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	36,791
			ISO	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12089			Polyol	12,569	4,726	87,223	0,000	119,177	5,612	0,314	2,696	36,791	269,107
			ISO	11,677	4,391	81,350	0,000	112,085	5,233	0,290	2,505	0,000	217,531
			Total	24,246	9,117	168,573	0,000	231,262	10,845	0,604	5,200	36,791	486,638

Figura 35. Tabela semanal por máquina que discrimina o material desperdiçado por tipo de desperdício e por dia da semana, assim como o número de sapatos produzidos e consumo teórico.

Semanalmente é também criado um relatório com a quantidade de material desperdiçada por dia de acordo com os sapatos produzidos nesse mesmo dia, sendo que

os desperdícios não se encontram discriminados por tipo, como se pode observar pela figura 36, onde está representada apenas o desperdício de uma máquina de injeção, mas o relatório é igualmente criado para as restantes.

Minifactory 2			Polyol + ISO
Data (Date) dd/mm/yy	Dia semana (Weekday)	Prod diária (Daily Prod)	Real waste (total) [kg]
11-05-15	Monday	3043	106,8
12-05-15	Tuesday	2769	96,7
13-05-15	Wednesday	3379	119,9
14-05-15	Thursday	3366	111,2
15-05-15	Friday	3406	158,3
		15963	592,928

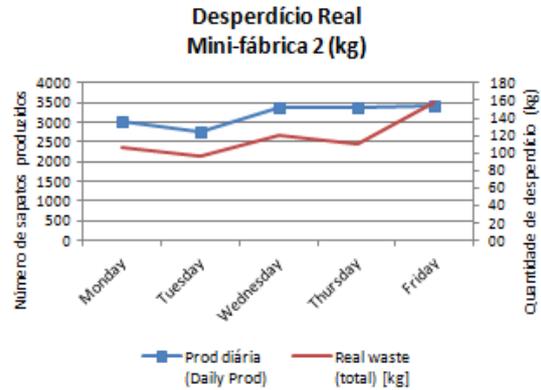


Figura 36. Tabela semanal que discrimina a quantidade total de material desperdiçado por dia em cada máquina, assim como o número de sapatos produzidos (mini-fábrica 2).

Com os dados da semana inseridos, corre-se a macro de 'Nova Semana'. Esta macro é responsável por criar, automaticamente, um relatório com os valores para os seguintes índices:

- ◆ Consumo previsto segundo o planeamento;
- ◆ Consumo teórico segundo a BOM;
- ◆ Consumo real segundo o abastecimento dos tanques;
- ◆ Material desperdiçado;
- ◆ Taxa de desperício;
- ◆ Desperdício por cada par produzido;
- ◆ Impacto financeiro (caso o consumo real seja superior ao previsto pela BOM calcula-se o impacto financeira que esta diferença provoca).

No gráfico que se segue está exemplificado o output do desperdício por cada par produzido.

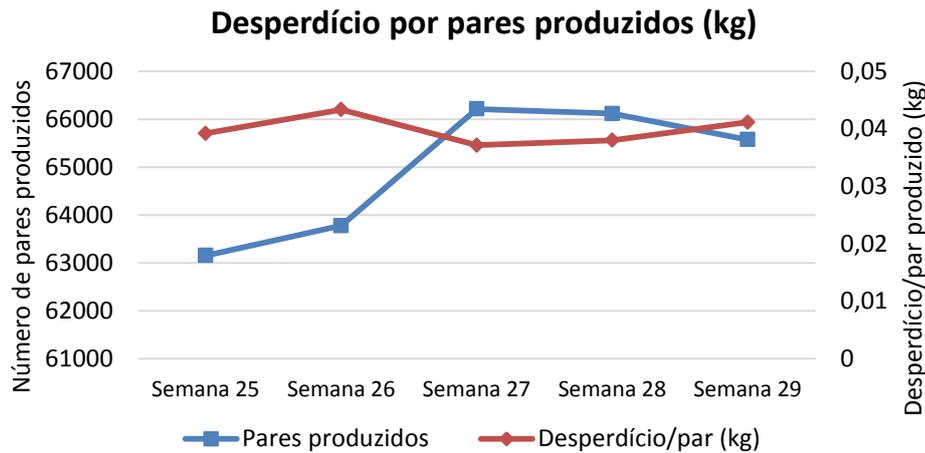


Gráfico 10. Desperdício por cada par produzido (kg).

Quanto mais pares forem produzidos, menos desperdício é associado a cada par. Verifica-se esta situação pois existem desperdícios que ocorrem independentemente da quantidade produzida, isto é, desperdícios como copos, solas enviadas para laboratório e limpeza de tanques, ocorrem sempre, independentemente do número de sapatos produzidos, tratam-se de desperdícios fixos. Contudo, esta relação não é completamente linear, isto é, consoante os diferentes tipos de material de PU que está a ser injetado, ou os grupos que estão a ser produzidos, podem ocorrer mais ou menos desperdícios, influenciando assim a relação entre desperdício e pares produzidos. Por isso se observa, no gráfico 10, que apesar de na semana 26 terem sido produzidos, aproximadamente, mais 500 pares do que na semana anterior, o desperdício por par aumentou. Enquanto na semana 26 foram utilizados 3 tipos diferentes de PU, na semana 25 apenas se utilizou 2 tipos de PU, o que significa que no início da semana 26 foi necessário proceder à limpeza de um tanque (originando material para abate) para o novo tipo de PU ser injetado.

Antes da implementação desta ferramenta não existia informação quanto ao material desperdiçado durante o processo de injeção, isto é, não se conseguia relativizar o material desperdiçado face ao material abastecido ou face ao material previsto segundo a BOM.

Com esta ferramenta a empresa ficou habilitada a controlar os seus gastos diários de material, no que diz respeito ao processo de injeção de solas.

Através da análise dos dados a empresa pode retirar diversas conclusões, sempre que os parâmetros de entrada são modificados, isto é, sempre que determinado processo é alterado, ou é testado um novo material, entre outras modificações.

É também possível saber se se está perante uma semana em que o consumo de materiais foi superior à BOM, isto é, se o material que foi comprado para a semana foi suficiente para a produção ou se foi necessário utilizar material extra que não foi considerado.

Mais ainda, após a implementação desta ferramenta é possível definir intervalos para os índices semanais, e sempre que estes estiverem fora de especificação poder-se-á analisar a razão da ocorrência dessa situação e determinar medidas para combater as causas dos problemas.

Dada a constante disponibilidade desta informação, será também possível medir o desempenho do sistema antes e depois de implementar medidas para a redução de desperdícios.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho foi desenvolvido devido à inexistência de informação quanto ao desperdício de material relacionado com o processo de injeção de solas. O consumo destes materiais é relevante para o controlo dos custos dos produtos da empresa.

Após a conclusão do projeto percebe-se que apesar de o material previsto para a injeção das solas ser superior ao material consumido, os desperdícios contabilizados são maiores do que os 10% definidos pelo grupo. Esta situação acontece pois quando esta margem foi definida, os únicos desperdícios que se verificavam eram: rebarbas, purgas de limpeza de câmara e material que fica no canal de injeção, sendo que estes desperdícios são consequência do processo. Porém, atualmente durante o processo de injeção ocorrem mais desperdícios para além destes três mencionados, como é o caso do material consumido para testes, material utilizado para reparar defeitos que por vezes ocorrem, entre outros.

Para a identificação, quantificação e controlo dos desperdícios deste processo, foi aplicada a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*).

Na primeira fase deste ciclo, optou-se por não focar num único desperdício, dado que não existia informação, como já referido. Portanto, na fase Medir realizou-se um estudo para quantificar os desperdícios do processo nas diferentes máquinas de injeção da empresa, sendo assim possível determinar a capacidade do processo.

Na fase seguinte analisou-se as diferenças entre o consumo teórico calculado com base na BOM e o consumo real. Analisou-se também as diferenças entre máquinas, chegando-se à conclusão que os desperdícios são semelhantes entre máquinas, havendo apenas alguma variação relacionada com o artigo que está a ser produzido e as cores que estão a ser injetadas. Em seguida analisou-se também as causas-raízes para os desperdícios relacionados com a injeção, para que na fase seguinte as propostas de melhoria fossem de encontro às variações encontradas.

A última fase a ser aplicada foi a quarta fase do ciclo, Melhorar. Foram feitas algumas propostas para a redução dos desperdícios, sendo que algumas foram implementadas e as restantes serão analisadas numa fase posterior. Esta situação verificou-se pois atualmente diversos processos e procedimentos relacionados com a injeção de solas estão a ser reestruturados, como é o caso da sala onde se realiza a mistura dos materiais, o procedimento do abastecimento dos materiais aos tanques, assim como determinados testes realizados ao material de PU. Desta forma, ficou determinado que após a conclusão destes projetos, as medidas propostas seriam novamente analisadas e implementadas caso sejam aprovadas e, portanto, este é o motivo para que esta tenha sido a última fase do ciclo a ser implementada.

Por último, para que a empresa disponha de informação relativa ao desperdício de material durante a injeção de solas, foi criada uma ferramenta em MS Excel. Esta ferramenta tem como objetivo disponibilizar a quantidade de material consumida por cada tipo de desperdício diariamente e por máquina. No final da semana é possível

analisar os relatórios que contêm essa informação e índices de performance do processo de injeção.

Relativamente, às restantes unidades do grupo, estas também não possuem informação quanto à quantidade de material desperdiçado no processo de injeção. Atualmente à unidade de produção situada na China já foi explicado o processo de recolha de dados assim como o funcionamento da ferramenta desenvolvida para o controlo dos desperdícios.

Quanto a trabalhos futuros, ficaram por analisar algumas das medidas apresentadas para redução dos desperdícios do processo de injeção e implementação das mesmas, caso sejam aceites.

Dado que a empresa possui informação constante quanto à quantidade de material desperdiçado, esta deve continuar à procura de medidas para a redução dos seus desperdícios, assim como medir as melhorias alcançadas. Após a implementação destas medidas sugere-se que seja implementada a última fase do ciclo DMAIC, a fase controlar. Com a implementação desta fase a empresa consegue garantir que os ganhos adquiridos se mantêm.

Concluindo, a aplicação da metodologia DMAIC revelou-se proveitosa para a resolução do problema em estudo, uma vez que esta se revelou eficaz na identificação de possibilidades de redução dos desperdícios no processo de injeção de solas da empresa ECCO'let Portugal.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APICCAPS (2015), Yearbook 2015 World Footwear.

Arendt, M. (2008). Six Sigma and Knowledge Management. *Economics and Organization of Enterprise*, 2(2), 14–20.

Desai, T., e Shrivastava, R. (2008). Six Sigma - A New Direction to Quality and Productivity Management. *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2008*, (2004).

Eckes, G. (2003). Six Sigma for everyone, John Wiley & Sons, Inc.

Eckes, G. (2001). The Six Sigma Revolution-How General Electric and Others Turned Process Into Profits. John Wiley & Sons, Inc.

Hassan, M. K. (2013). Applying Lean Six Sigma for Waste Reduction in a Manufacturing Environment, *American Journal of Industrial Engineering*, 1(2), 28–35.

Kaye, D. (1995). The importance of information, *Management Decision*, 33(5), 5–12.

Kumar, U. D., Nowicki, D., Ramírez-Márquez, J. E., e Verma, D. (2008). On the optimal selection of process alternatives in a Six Sigma implementation. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 456–467.

Laudon, K., e Laudon, J. (2012). Management Information Systems -Managing the Digital Firm (12th ed.), Prentice Hall International, Inc.

Lin, C., Frank Chen, F., Wan, H., Min Chen, Y., e Kuriger, G. (2013). Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(3), 95–103.

Linderman, K., e Schroeder, R. (2003). Six Sigma: a goal-theoretic perspective. *Journal of Operations Management*, 21, 193–203.

O'Brien, J.A., e Marakas, G.M. (2007). Management Information Systems (10th ed.), McGraw-Hill

Pande, P.S., Neuman, R.P., e Cavanagh, R.R. (2000). The Six Sigma Way-How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance, McGraw-Hill.

Parast, M. M. (2011). The effect of Six Sigma projects on innovation and firm performance. *International Journal of Project Management*, 29(1), 45–55.

Prieto-Avalos, M. C., Navarro-González, C. R., González-Angeles, A., e Medina-León, S. V. (2014). Reduction waste by combining lean manufacturing and six sigma in an

electronics industry. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 8(13), 1558–1562.

Pyzdek, T. (2003). *The Six Sigma Handbook*, McGraw-Hill.

Rosa, M.J., Moura e Sá, P., e Sarrico, C.S. (2014). *Qualidade em Ação*. Edições Sílabo, Lda.

Snee, R. D. (2004). Six-Sigma: the evolution of 100 years of business improvement methodology. *International Journal Six Sigma and Competitive Advantage*, 1(1), 4-20.

Wallace, P. (2013). *Introduction to Information Systems* (2nd ed.), Johns Hopkins University.

Anexo 2 – Tabela de Conversão entre DPMO e Nível Sigma

Process Sigma	Defects per 1,000,000
6	3
5.9	5
5.8	9
5.7	13
5.6	21
5.5	32
5.4	48
5.3	72
5.2	108
5.1	159
5	233
4.9	337
4.8	483
4.7	687
4.6	968
4.5	1,350
4.4	1,866
4.3	2,555
4.2	3,467
4.1	4,661
4	6,210
3.9	8,198
3.8	10,724
3.7	13,903
3.6	17,864
3.5	22,750
3.4	28,716
3.3	35,930
3.2	44,565
3.1	54,799
3	66,807
2.9	80,757
2.8	96,801
2.7	115,070
2.6	135,666
2.5	158,655
2.4	184,060
2.3	211,855
2.2	241,964
2.1	274,253
2	308,538
1.9	344,578
1.8	382,089
1.7	420,740
1.6	460,172
1.5	500,000
1.4	539,828
1.3	579,260
1.2	617,911
1.1	655,422
1	691,462
0.9	725,747
0.8	758,036
0.7	788,145
0.6	815,940
0.5	841,345
0.4	864,334
0.3	884,930
0.2	903,199
0.1	919,243
0	933,193