



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Estudo de Melhoria de Desempenho na Produção de Solas - Indústria de Calçado

Nuno Miguel Mendes Ramos Catarino

Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Maria Odete Monteiro Lopes

Dezembro de 2024



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Estudo de Melhoria de Desempenho na Produção de Solas - Indústria de Calçado

Nuno Miguel Mendes Ramos Catarino

Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professora Doutora Maria Odete Monteiro Lopes

Dezembro de 2024

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus filhos, Margarida e Mateus, são os meus pilares.

Um agradecimento à minha família, todos de alguma forma foram importantes para a concretização de mais uma etapa na minha vida.

Faço também um agradecimento aos meus amigos Valda, Phil e Renato por todos os conselhos e disponibilidade na partilha do seu conhecimento.

Quero também fazer um agradecimento muito especial para com a minha orientadora da Tese, Professora Dra. Maria Odete Monteiro Lopes, sem a dedicação e acompanhamento dela todo este trabalho não seria possível.

Resumo

Quando um processo depende de máquinas para obtenção de um determinado tipo de produto, a eficiência de uma secção ou empresa pode ser avaliada recorrendo ao cálculo do indicador da Eficiência Global dos Equipamentos (*Overall Equipment Effectiveness* ou OEE). A aplicação da Manutenção Produtiva total (*Total Productive Maintenance* ou TPM) incide e melhora nas três grandezas (desempenho, disponibilidade e qualidade) relativas ao cálculo do OEE, que permitem ser usadas como referência para possíveis melhorias futuras.

Este estágio surgiu no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. O estágio foi desenvolvido em ambiente industrial na empresa Ara Shoes Portuguesa, mais concretamente na secção de injeção ao corte.

O principal objetivo do trabalho foi implementar o estudo do O.E.E e com o auxílio das ferramentas *Lean*, como o diagrama de Ishikawa e ciclo PDCA, iniciar um processo de melhoria contínua naquela secção e, conseqüentemente, aumentar a produtividade.

O principal foco foi a observação de processos, organização do espaço de trabalho, introdução de documentação para análise do O.E.E. e formação dos colaboradores. O cálculo do OEE permitiu perceber qual a influência de cada um dos seus indicadores no desempenho do processo produtivo.

Após a conclusão do trabalho é possível afirmar que os objetivos e trabalhos propostos à empresa foram concretizados com sucesso, existindo, no entanto, ainda muita margem para progressão.

Palavras-Chave: Eficiência Global dos Equipamentos, ciclo PDCA e melhoria contínua

Abstract

When a process relies on machinery to obtain a specific type of product, the efficiency of a section or company can be evaluated by calculating the Overall Equipment Effectiveness (OEE). The implementation of Total Productive Maintenance (TPM) focuses on improving the three main components of OEE—performance, availability, and quality—which serve as benchmarks for potential future improvements.

This internship was carried out as part of the Master's program in Mechanical Engineering and Industrial Management. The project took place in an industrial environment at Ara Shoes Portuguesa, specifically in the injection-to-cutting section.

The main objective of the work was to implement an OEE study and, with the support of Lean tools such as the Ishikawa diagram and the PDCA cycle, initiate a process of continuous improvement in this section and consequently increase productivity.

The primary focus was on observing processes, organizing the workspace, introducing documentation for OEE analysis, and training employees. The calculation of OEE allowed for the identification of the influence of each of its indicators on the performance of the production process.

Upon completion of the project, it is possible to state that the objectives and tasks proposed to the company were successfully achieved. However, there remains significant room for further progress.

Key words: Overall Equipment Effectiveness, PDCA cycle and continues improvement.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.2. ESTRUTURA DO RELATÓRIO E METODOLOGIA UTILIZADA	2
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	4
2.1. DIAGRAMA DE ISHIKAWA	4
2.2. CICLO PDCA	8
2.3. JUST IN TIME – JIT	10
2.4. <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS - O.E.E.</i>	12
2.5. CADEIA DE ABASTECIMENTO	13
2.6. PRODUTIVIDADE	15
2.7. PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO	17
3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO	20
3.1. A EMPRESA ARA SHOES	20
3.2. ESTRUTURA DA EMPRESA	21
3.3. PROCESSO PRODUTIVO	23
3.3.1. <i>Montagem de sapatos por injeção</i>	24
3.3.2. <i>Produção de solas TR</i>	26
3.3.3. <i>Montagem tradicional de sapatos</i>	27
3.4. <i>Produtos produzidos</i>	28
3.5. <i>Modelos da montagem tradicional</i>	28
3.5.1. <i>Construção Strobel</i>	28
3.5.2. <i>Construção Plana</i>	28
3.5.3. <i>Construção meio-strobel</i>	29
3.6. <i>Modelos de injeção ao corte</i>	29
3.6.1. <i>Injeção PU</i>	30
3.6.2. <i>Injeção PU + Sola TPU</i>	30
4. CASO DE ESTUDO	31
4.1. REGISTO DE OCORRÊNCIAS E SOLUÇÕES APRESENTADAS	32
4.2. RESULTADOS OBTIDOS	36
4.3. CÁLCULO E RESULTADOS DO O.E.E.	36
5. CONCLUSÕES E REFLEXÕES	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

Índice de figuras

FIGURA 1 - MODELO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA	5
FIGURA 2 – MODELO DO CICLO PDCA	8
FIGURA 3 -LOCALIZAÇÃO DA LOJA OUTLET E UNIDADE DE PRODUÇÃO DA EMPRESA ARA SHOES PORTUGUESA	20
FIGURA 4 - ORGANIGRAMA DA EMPRESA	22
FIGURA 5 - PLANTA DA UNIDADE DE PRODUÇÃO DA EMPRESA ARA SHOES PORTUGUESA.....	23
FIGURA 6 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE MONTAGEM DE INJEÇÃO AO CORTE.....	25
FIGURA 7 - EXEMPLO DE UMA MÁQUINA DE INJEÇÃO AO CORTE.....	25
FIGURA 8 - PROCESSO DE PRODUÇÃO DE SOLAS EM MATERIAL TERMOPLÁSTICO TR	26
FIGURA 9 - PROCESSO DE MONTAGEM TRADICIONAL	27
FIGURA 10 - MODELO DE CONSTRUÇÃO POR STROBEL.....	28
FIGURA 11 – MODELO ONDE É USADA A CONSTRUÇÃO AGO.....	29
FIGURA 12 - MODELO ONDE É USADA A CONSTRUÇÃO DE MEIO STROBEL	29
FIGURA 13 – MODELO INJETADO COM SOLA EM PU	30
FIGURA 14 -MODELO COM INJEÇÃO DE SOLA EM PU E COM SOLA TPU	30
FIGURA 15 – QUADRO PARA REGISTO DE OCORRÊNCIAS.....	32
FIGURA 16 - OCORRÊNCIAS OBSERVADAS QUE FORAM CORRIGIDAS DE IMEDIATO.....	34
FIGURA 17 - RESULTADO DA APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	34
FIGURA 18 - RESULTADO DA APLICAÇÃO DO CICLO PDCA	35
FIGURA 19 - 1º VALOR CALCULADO PARA O O.E.E. DA MÁQUINA 1	36
FIGURA 20 - RESULTADO OBTIDO DA DISPONIBILIDADE ENTRE NOVEMBRO DE 2021 E JULHO DE 2022.....	37
FIGURA 21 - RESULTADO DA PERFORMANCE ENTRE NOVEMBRO DE 2021 E JULHO DE 2022	39
FIGURA 22 - RESULTADO DA QUALIDADE ENTRE NOVEMBRO DE 2021 E JULHO DE 2022	40
FIGURA 23 – RESULTADO DA O.E.E. ENTRE NOVEMBRO DE 2021 E JULHO DE 2022.....	41

1. Introdução

Em Portugal, das muitas áreas industriais, a área do calçado destaca-se por ser uma das áreas com um desenvolvimento mais significativo.

O setor do calçado sofreu um processo de expansão gradual a partir da década de 70, na sequência da integração de Portugal no espaço económico europeu. Esta situação sofreu um revés quando a produção industrial começou a ser orientada para a produção em massa de baixo custo e com a liberalização do comércio internacional. À data, no final da década de 80, as empresas a operar em Portugal começaram a deslocalizar-se, sobretudo para o mercado asiático.

Nessa altura a Ásia era responsável por mais de metade da produção mundial de calçado. Aquela deslocalização deveu-se à facilidade de implantação daquela indústria, devido a uma tecnologia acessível e à elevada mão de obra disponível para laboral numa indústria que requer mão de obra intensiva.

Para procurar inverter este contexto adverso, a opção estratégica em Portugal foi, simultaneamente, orientar o foco para os produtos de maior valor acrescentado e para os mercados europeus, devido ao seu elevado poder de compra e proximidade, física e cultural.

Para que isso fosse possível a indústria nacional de calçado reorganizou-se e modernizou-se, focando-se em prioridades competitivas como a qualidade, rapidez e flexibilidade, com o objetivo de responder em tempo útil às encomendas.

A indústria de calçado em Portugal tem ganhado cada vez mais notoriedade a nível internacional e é considerada como um exemplo e uma referência na economia nacional. Apresenta-se como uma das indústrias exportadoras que mais contribui para a balança comercial portuguesa. Trata-se de um caso de sucesso, de uma grande indústria nacional de alta qualidade.

De realçar que, em termos geográficos, este setor encontra-se distribuído maioritariamente a norte, nomeadamente nos concelhos de Felgueiras, Guimarães, Santa Maria da Feira, Oliveira de Azeméis e São João da Madeira. Em conjunto, estes 5 concelhos representam mais de três quartos do emprego do setor. Pode-se encontrar ainda na zona da Benedita um polo de menor expressão.

Fugindo a esta centralização de fábricas de produção e calçado, realça-se a empresa Ara Shoes, que decidiu localizar-se em Seia (centro), formando profissionais qualificados, quer na produção de calçado, quer na produção de solas e enfustes¹.

1.1. Objetivos

Este trabalho propõe-se a observar e identificar lacunas no processo de produção de sapatos na empresa Ara Shoes Portuguesa, utilizando uma máquina de injeção ao corte.

Um dos primeiros objetivos deste trabalho é compreender a capacidade produtiva das máquinas de injeção ao corte, em condições ideais, para que possa existir uma base de comparação com os valores posteriormente obtidos.

Da necessidade de se perceber se o que é produzido diariamente se enquadra dentro dos valores teóricos, foi introduzido o cálculo do *Overall Equipment Effectiveness* O.E.E para a máquina de injeção ao corte.

De uma primeira análise o que tem maior impacto, é o facto de que os valores de produtividade obtidos, estarem aquém dos valores teóricos de referência.

Assim, na segunda fase, foi calculado o valor de O.E.E e efetuadas observações que permitissem identificar lacunas no processo.

Com a segunda fase completa, existe espaço para mais um objetivo, que passa por propor melhorias que nos permitam aumentar o valor global do O.E.E. alguns pontos percentuais.

1.2. Estrutura do relatório e metodologia utilizada

Este relatório está dividido em 5 capítulos, nomeadamente:

No capítulo 1 é dado a conhecer o enquadramento do estágio, com uma breve apresentação do setor do calçado em Portugal, assim como a definição dos objetivos e das metodologias usadas durante o trabalho estágio.

¹ Enfuste – é uma peça metálica colocada entre a palmilha e a sola dos sapatos

No capítulo 2 é dado a conhecer o enquadramento teórico, onde são abordados conceitos como o diagrama de Ishikawa, a aplicação do ciclo PDCA, a metodologia Just in Time e o indicador OEE.

No capítulo 3 é feita uma apresentação da empresa Ara Shoes Portuguesa, é feita a apresentação dos produtos produzidos, como é o caso da produção de solas e montagem de sapatos e por último neste capítulo, é apresentado os modelos de sapatos produzidos na empresa.

No capítulo 4 descrevem-se os trabalhos desenvolvidos durante a realização do trabalho, nomeadamente, o cálculo do O.E.E., apresentam-se as propostas de melhoria que foram implementadas e a explicação dos acontecimentos que impactam negativamente os valores produtivos.

No capítulo 5, conclusão, após a obtenção dos resultados conseguidos, foi feita a avaliação dos mesmos, no intuito de serem apresentadas as principais conclusões.

2. Enquadramento teórico

Num mundo cada vez mais globalizado e com a necessidade de uma resposta rápida às necessidades dos mercados, é necessário que as empresas estejam cada vez mais preparadas para fazer face a essas necessidades. Já vai longe o tempo em que eram produzidos grandes lotes e onde os clientes procuravam encomendar grandes quantidades.

O grande dinamismo do mercado e a elevada concorrência que se faz sentir, cria uma grande e faz com que as empresas se vejam forçadas a mudar a sua intervenção quer a nível de marketing, mas também na maneira como trabalham, levando à procura de novas ferramentas de análise dos processos produtivos, para que os resultados possam surgir de forma mais rápida e assim, aumentar a satisfação do cliente.

A elaboração deste trabalho tem por base o conhecimento de conceitos fundamentais no âmbito da gestão industrial e a aplicação de algumas ferramentas comumente utilizados nas empresas, e que serão apresentados de seguida.

Conceitos:

- Cadeia de abastecimento
- Produtividade
- Programação da produção

Ferramentas:

- Diagrama de Ishikawa
- Ciclo PDCA
- *Just in Time – JIT*
- *Overall equipment effectiveness - O.E.E.*

2.1. Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido por diagrama de Espinha de Peixe ou diagrama de causa efeito, foi criado por Kaoru Ishikawa em 1960s.

Segundo Rob Paredes (2024), o diagrama de Ishikawa é uma ferramenta utilizada para identificar e analisar potenciais causas de um problema detetado num determinado

sistema. Mostra que as causas e os efeitos estão interligados, ajudando assim a analisar o que está errado com os sistemas, processos ou produtos.

O diagrama de Ishikawa ajuda o seu utilizador a perceber melhor os defeitos do processo de fabricação. Atualmente, o diagrama de Ishikawa deixou de ser uma ferramenta exclusiva da indústria e pode ser aplicada nas mais diversas áreas.

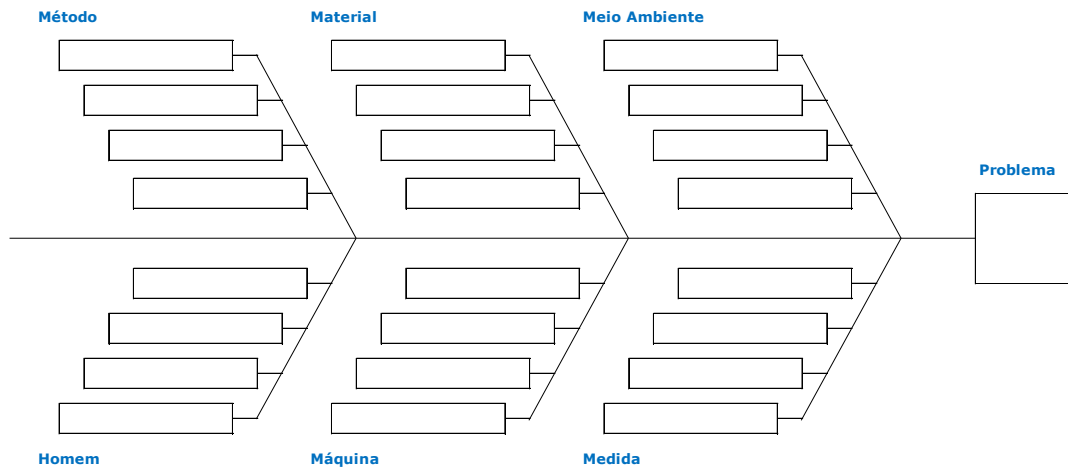


Figura 1 - Modelo do diagrama de Ishikawa

Quando deve ser usado?

O diagrama de Ishikawa é útil quando há a necessidade de analisar problemas complexos ou identificar as causas raiz de um problema num determinado sistema. Este costuma ser usado no processo de produção, no marketing, no desenvolvimento de produtos e em outras áreas. Algumas das situações mais comuns em que o diagrama de Ishikawa pode ser utilizado são:

- Identificação das causas raízes de um problema;
- Debate de soluções para um problema;
- Desenvolvimento ou melhoria de um processo;
- Análise de dados de pesquisas com clientes;
- Avaliação dos resultados de uma campanha de marketing;
- Solucionar um problema com um produto ou serviço;
- Planeamento de projetos futuros.

O que traz como vantagem?

Dentro das muitas vantagens do diagrama de Ishikawa destacam-se as seguintes:

- Ajuda na identificação das causas raízes dos problemas;
- Ajuda os elementos da equipa a comunicar e compartilhar ideias de maneira mais eficaz;
- Permite que as equipas organizem visualmente informações complexas;
- Pode ser usado para debater soluções para problemas;
- Permite que as equipas acompanhem o desenvolvimento do projeto e planeiem ações futuras.

Quais a suas desvantagens?

O diagrama de Ishikawa apresenta as seguintes desvantagens:

- Demora na sua criação;
- Se não for bem projetado, pode ser de difícil interpretação;
- Pode ser tendencioso ou incompleto se os membros da equipa não participarem ativamente no processo de análise;
- Pode haver o risco de se concentrar demasiado em fatores individuais em vez de considerar como podem interagir uns com os outros.
- Pode ser difícil aplicá-lo em situações em que múltiplos fatores inter-relacionados estão envolvidos.

Para fazer um diagrama de Ishikawa é necessário realizar um processo, que é definido pelos passos seguintes:

- Passo 1 – Definição do problema:
 - Começar com uma clara definição do problema, garantindo que todos os elementos da equipa entendem o problema da mesma maneira.
- Passo 2 – Decidir quais os fatores críticos a utilizar na identificação e análise do problema:

- Dividir as potenciais causas em diferentes categorias torna mais fácil identificar a causa raiz. O esquema da figura 1 pode ser usado para uma melhor interpretação.
- Passo 3 – Identificar possíveis causas para cada um dos fatores críticos.
 - Depois de decidido quais os fatores críticos a dar atenção, segue-se o *brainstorming* de forma a enumerar possíveis causas.
- Passo 4 – Separar e priorizar potenciais causas – depois de ter a lista de possíveis causas dividida por familiaridade, pode recorrer-se:
 - *5 Whys* – A técnica dos “5 Porquês” pode ser usada para chegar à causa raiz perguntado “Porquê” cinco vezes;
 - Análise de Pareto – Esta técnica pode ajudar a priorizar potenciais causas identificando as mais comuns.
- Passo 5 – Testar as potenciais causas - depois de separar e priorizar as potenciais causas, devem ser feitos testes para avaliar se as causas podem ser consideradas a causa raiz do problema. Isso pode ser feito recorrendo ao:
 - Mapa do processo – com este método é possível identificar as lacunas o que pode levar à causa raiz do problema;
 - *Brainstorming* – é um excelente meio para receber contribuições de vários membros da equipa, mas também de pessoas que não estão ligadas diretamente ao problema.

2.2. Ciclo PDCA

Segundo Patel e Deshpande (2017), o ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), também conhecido como Ciclo Deming ou Ciclo Shewhart, é uma abordagem sistemática para a melhoria contínua. Foi desenvolvido por Walter A. Shewhart e posteriormente popularizado por W. Edwards Deming. O ciclo PDCA consiste em quatro etapas: Planear, Fazer, Verificar e Agir. A metodologia é amplamente utilizada em diversas indústrias e é uma componente fundamental da gestão da qualidade e melhoria de processos. Assenta sobre a seguinte visão geral de cada etapa:



Figura 2 – Modelo do Ciclo PDCA

Planear:

- Identificar o problema ou oportunidade de melhoria;
- Estabelecer objetivos e metas claras;
- Desenvolver um plano para atingir os objetivos;
- Definir os processos e recursos necessários.

Fazer:

- Implementar o plano desenvolvido na etapa “Planear”;
- Executar os processos de acordo com o plano;
- Recolher dados e informações durante a implementação;
- Verificar que todos os envolvidos entendem as suas funções e responsabilidades.

Verificar:

- Medir e monitorizar os resultados obtidos durante a etapa “Fazer”;
- Comparar os resultados reais com os resultados esperados;
- Analisar os dados para determinar se os objetivos foram alcançados;
- Identificar quaisquer variações ou desvios do plano.

Agir:

- Decidir as ações necessárias, com base na análise da etapa “Verificar”;
- Padronizar os processos e mantê-los, se os resultados forem de encontro aos objetivos;
- Identificar e implementar ações corretivas, caso os resultados não atendam aos objetivos;
- Ajustar e melhorar os processos para resolver quaisquer problemas identificados;

O ciclo PDCA é iterativo, o que significa que uma vez concluída a etapa “Agir”, o processo recomeça com a etapa “Planear”. Este ciclo de melhoria contínua é projetado para impulsionar melhorias contínuas em processos, produtos e serviços.

Os princípios-chave do ciclo PDCA incluem:

- Melhoria Contínua: o ciclo PDCA promove uma cultura de melhoria contínua, avaliando e melhorando regularmente os processos;
- Tomada de decisão baseada em dados: esta ferramenta assenta na recolha e análise de dados para tomar decisões e implementar melhorias;
- Envolvimento dos colaboradores: os colaboradores estão ativamente envolvidos em cada etapa do ciclo, promovendo um senso de propriedade e compromisso com a melhoria.

2.3. Just In Time – JIT

A filosofia e estratégia de gestão *Just in Time* (JIT) foi desenvolvida no Japão nos anos 80, com a finalidade de obter o máximo de produção com o mínimo de inventário.

Segundo Singh e Ahuja (2012) a filosofia *Just in Time* (JIT) é baseada no conceito de entrega de matéria prima e/ou produção de produtos quando há necessidade. O foco está em minimizar o stock de matéria-prima, trabalho em processo e produtos acabados, com o objetivo de reduzir custos de stock e expor outras ineficiências mais sérias, como má manutenção e atrasos no ciclo de fabricação. Para Shingo (2019), o JIT é muito eficaz na gestão industrial, mas é um fim, não um meio. Sem compreender os métodos e técnicas que formam seu núcleo, o JIT não tem significado por si só.

O *Just In Time* é um sistema de produção desenvolvido pela Toyota, que se foca na redução dos vários tipos de desperdícios: sobreprodução, tempos de espera, stocks, entre outros (Roldão e Ribeiro, 2007). Assim, a filosofia JIT pressupõe um rigoroso planeamento da produção, ou seja, a produção é levada a cabo quando o produto irá ser necessário, evitando os stocks e os custos que deles derivam e evitando um acréscimo de preço (para o cliente final), o que potencia a insatisfação do cliente.

Segundo Leite (2006), a filosofia JIT atende sempre à procura que se faz sentir no mercado, ponderando constantemente a qualidade a incutir no produto e evitando ao máximo desperdícios.

A filosofia de JIT passa por uma postura em que se devem identificar todas as fontes que geram custos e que não produzem nenhum acréscimo do valor ao produto final. Desperdício não custa apenas dinheiro, também faz aumentar o tempo de percurso dos produtos no sistema produtivo e impede a empresa de fazer coisas mais produtivas com esses recursos. Uma vez identificadas essas fontes de desperdício, resta estudar formas de as minorar ou se possível eliminá-las.

Em seguida são apresentados os principais aspetos a ter em conta na aplicação da filosofia *Just in Time*:

- Gestão de stock: o JIT visa minimizar ou eliminar o stock recebendo mercadorias ou materiais a tempo para a produção. Isso ajuda a reduzir os custos de manutenção e o risco de obsolescência.

- Programação de produção: a produção é baseada na procura real do cliente e os produtos são produzidos em resposta aos pedidos. Isto contrasta com os métodos tradicionais em que os bens podem ser produzidos com base em previsões.
- Fluxo Contínuo: o JIT enfatiza um fluxo contínuo de trabalho através do processo de produção. Isto requer processos eficientes e sincronizados para evitar gargalos.
- Sistema *Pull*: o JIT usa um sistema *pull*, onde a produção é acionada pela procura real do cliente, em vez de ser impulsionada por previsões. Isso ajuda a evitar a superprodução.
- Flexibilidade: os sistemas JIT exigem um alto nível de flexibilidade para se adaptarem rapidamente às mudanças na procura do cliente ou nos requisitos de produção.
- Controlo de Qualidade: a qualidade é um aspeto fundamental do JIT. Os defeitos são identificados e tratados na origem, evitando a produção de produtos defeituosos.
- Relacionamento com fornecedores: relacionamentos fortes com fornecedores são cruciais. Espera-se que os fornecedores entreguem os materiais na hora certa, garantindo um processo de produção tranquilo.
- Envolvimento dos colaboradores: os colaboradores estão ativamente envolvidos no processo de melhoria. A formação e a capacitação dos colaboradores para tomar decisões contribuem para uma força de trabalho mais ágil e adaptável.

A implementação bem-sucedida do JIT pode levar à redução de custos, maior eficiência, melhor qualidade e maior satisfação do cliente. No entanto, requer um planeamento cuidadoso, uma cadeia de abastecimento fiável e um compromisso com a melhoria contínua. Além disso, quaisquer interrupções na cadeia de abastecimento podem ter impactos imediatos e significativos nos cronogramas de produção.

2.4. *Overall Equipment Effectiveness - O.E.E.*

Nas empresas, os equipamentos correspondem a um dos principais fatores na competitividade, tendo um grande impacto no que diz respeito aos resultados da qualidade e nos custos. O desempenho dos equipamentos determina diretamente a produtividade dos processos produtivos, influencia a eficiência da mão-obra, contribui para o nível de qualidade dos produtos e para a satisfação dos Clientes (Silva, J. P., 2013). Devido a este aspeto, a eficiência de um equipamento reflete os desperdícios e os custos a ele associados (Agustiady & Cudney, 2015).

O O.E.E. pode ser visto como um método de medir a eficácia de um único equipamento dentro do sistema produtivo, podendo ainda servir como valor base para medir a melhoria do desempenho do equipamento num momento futuro.

Segundo Silva (2013), o valor do O.E.E. é calculado com base em três grandes indicadores, a saber:

- Disponibilidade – é a percentagem do tempo que o equipamento esteve em produção face ao tempo planeado - a definição das paragens planeadas ou não planeadas é necessário para que o tempo de produção seja definido corretamente;
- Desempenho – percentagem relativa à velocidade de produção face ao tempo de ciclo definido, daí a definição do tempo de ciclo ser a chave para que este valor reflita a realidade do processo;
- Qualidade – este indicador indica a percentagem dos produtos que estão de acordo com os requisitos face à totalidade de produtos produzidos.

O OEE reflete o efeito dos seis grandes desperdícios, que por sua vez são englobados nos indicadores da disponibilidade, desempenho e qualidade.

O indicador da disponibilidade engloba os desperdícios associados às paragens devido avarias e as paragens associadas às atividades de setup externo.

O desempenho engloba os desperdícios relativos aos tempos de espera e às micro paragens.

O indicador da qualidade refere-se aos desperdícios com as atividades que são feitas de modo a garantir a qualidade do produto e os retrabalhos / refugos provenientes do processo produtivo.

O OEE resulta do produto entre os indicadores da disponibilidade, desempenho e qualidade, cuja respetiva forma de cálculo é apresentada nas equações que se seguem:

$$\text{Disponibilidade (\%)} = \frac{\text{Tempo de operação}}{\text{Tempo de produção esperado}} * 100$$

$$\text{Desempenho (\%)} = \frac{\text{Unidade Produzidas} * \text{tempo de ciclo ideal}}{\text{Tempo de operação}} * 100$$

$$\text{Qualidade (\%)} = \frac{\text{Unidades conformes}}{\text{Nº total de peças produzidas}} * 100$$

$$\text{O.E.E. (\%)} = \text{Disponibilidade} * \text{Desempenho} * \text{Qualidade}$$

O OEE é importante, pois além de refletir resultados, permite a definição de prioridades face a projetos de melhoria.

.

2.5. Cadeia de abastecimento

O conceito de cadeia de abastecimento é referente a todo o processo de fabrico e entrega de um produto ou serviço, desde a matéria-prima até ao cliente final. Este processo envolve a coordenação de diversas atividades e entidades para garantir o fluxo eficiente de bens ou serviços. Uma cadeia de abastecimento abrange todas as etapas envolvidas na colocação de um produto ou serviço no mercado, desde o projeto e planeamento inicial até a produção, distribuição e, por fim, a entrega ao cliente. Apresentam-se a seguir as principais componentes e conceitos associados à cadeia de abastecimento.

Elementos da cadeia de abastecimento:

- *Upstream*: Inclui todas as atividades envolvidas no fornecimento de matérias-primas, componentes e outros recursos necessários para a produção.

- Operações Internas: Envolve a fabricação ou montagem real do produto.
- *Downstream*: Inclui a distribuição, armazenagem e entrega do produto acabado ao cliente final.
- Devolução de Mercadorias: Em alguns casos, a cadeia de abastecimento também inclui o processo de logística inversa, tratando de devoluções, reciclagem ou eliminação de produtos.

Participantes da cadeia de abastecimento:

- Fornecedores: Entidades que fornecem as matérias-primas ou componentes necessários à produção.
- Fabricantes: Organizações que transformam matérias-primas em produtos acabados.
- Distribuidores: Entidades responsáveis pela armazenagem, transporte e entrega de produtos a retalhistas ou clientes finais.
- Retalhistas: empresas que vendem produtos diretamente aos consumidores.
- Clientes: Os usuários finais ou consumidores do produto final.

Conceitos chave:

Just-in-Time (JIT): estratégia que visa produzir e entregar produtos no momento exato em que são necessários no processo produtivo, reduzindo custos de stock e desperdícios.

Previsão da procura: o processo de estimativa da procura futura de produtos pelos clientes, o que auxilia no planeamento e gestão dos níveis de stock.

Logística e Transporte: movimentação eficiente de mercadorias através da cadeia de abastecimento, envolvendo vários modos de transporte e instalações de armazenamento.

Gestão de stock: equilibrar os custos de manutenção de stock com os custos de rotura para garantir um nível ideal de stock.

Visibilidade da cadeia de abastecimento: a capacidade de rastrear e monitorizar toda a cadeia de abastecimento em tempo real, permitindo uma melhor tomada de decisões e capacidade de resposta.

Colaboração e comunicação: A comunicação e colaboração eficazes entre os parceiros da cadeia de abastecimento são cruciais para o seu sucesso.

Cadeia de fornecimento global:

Numa economia globalizada, as cadeias de abastecimento envolvem frequentemente parceiros internacionais, exigindo uma coordenação eficaz entre diferentes países e regiões.

Uma gestão eficiente da cadeia de abastecimento é essencial para que as empresas satisfaçam a procura dos clientes, reduzam custos e permaneçam competitivas no mercado. Os avanços na tecnologia, como o uso de análise de dados e ferramentas digitais, desempenham um papel significativo na otimização dos processos da cadeia de abastecimento e na melhoria do desempenho geral.

2.6. Produtividade

A produtividade é um conceito fundamental na economia e nos negócios, referindo-se à eficiência com que os recursos são utilizados para gerar resultados ou atingir metas. É uma medida da eficácia com que os insumos (como trabalho, capital e materiais) são convertidos em produtos (bens ou serviços) dentro de um determinado período. Melhorar a produtividade é um objetivo fundamental para as organizações e a economia, uma vez que conduz ao aumento da eficiência, da competitividade e do crescimento económico global.

A produtividade de cada empresa depende de diversos fatores, como o nível geral da procura, a situação dos mercados das matérias-primas, mão de obra qualificada, entre outros.

Quanto maior for a produtividade nas empresas, maior é a capacidade de produzir um maior número de artigos e como consequência a sua redução do preço de venda, conseguindo assim satisfazer o cliente.

A medição dos índices produtivos permite estabelecer o grau de competitividade de uma empresa. Assim, produtividade pode ser dada pelo índice que mede a produção em relação aos insumos utilizados para produzi-los. Pode ser expresso por:

$$Produtividade\ total = \frac{saida\ produzidas}{todas\ as\ entradas\ usadas}$$

$$Produtividade\ parcial = \frac{saidas}{trabalho} \text{ ou } \frac{saidas}{máquinas} \text{ ou } \frac{saidas}{material} \text{ ou } \frac{saidas}{capital}$$

produtividade multifator

$$= \frac{saidas}{trabalho + maquinas} \text{ ou } \frac{saidas}{trabalho + material} \text{ ou } \frac{saidas}{trabalho + capital + energia}$$

Usualmente o método mais utilizado para medir a produtividade nas empresas é a produtividade parcial, resultados do rácio entre as saídas e o material.

Dos fatores que afetam a produtividade, temos a tecnologia, onde os avanços na tecnologia muitas vezes levam ao aumento da produtividade, permitindo processos mais eficientes e melhor utilização dos recursos. Temos também a habilidade e formação, onde os trabalhadores bem treinados e qualificados tendem a ser mais produtivos. Investimento de Capital leva a que um investimento adequado em maquinaria, equipamento e infraestruturas pode aumentar a produtividade. A organização e gestão, com estruturas organizacionais eficientes, práticas de gestão e comunicação eficazes contribuem para a produtividade. Por fim a melhoria contínua e a inovação podem levar a processos mais eficientes e ao desenvolvimento de novos produtos.

Uma das atividades relacionadas com a produtividade é a avaliação comparativa. Onde as organizações frequentemente comparam sua produtividade com *benchmarks* do setor ou práticas recomendadas para identificar áreas de melhoria.

Para que exista um crescimento da produtividade , a produção aumenta a um ritmo mais rápido do que os insumos, levando a uma maior eficiência, sendo um motor essencial do crescimento económico e da melhoria dos padrões de vida.

2.7. Programação da produção

As empresas que fornecem baixos volumes de produtos, personalizados e com margens mais altas, concentram-se mais no processo. Para este tipo de produção, são necessários equipamentos universais, colaboradores mais qualificados e fluxos de processo flexíveis; desta forma cada operação necessita de uma técnica de programação diferente.

A programação da produção define com todo o detalhe como irão ser utilizados os recursos existentes para a produção dos produtos.

A programação pode ser dividida em duas vertentes, programação progressiva e programação regressiva.

Na programação progressiva, o processamento começa imediatamente quando um trabalho é recebido, independentemente de sua data de entrega. Cada atividade de trabalho está programada para ser concluída o mais rápido possível, o que permite que seja determinada a data mais aproximada da conclusão do trabalho. Com a programação progressiva, é comum que os trabalhos sejam concluídos antes da data de entrega, que tem como desvantagem a acumulação de produtos em stock.

No que diz respeito à programação regressiva, começa a programar-se a ordem de trabalho para que esta seja concluída na data de entrega. Para se fazer isso, começa-se com a data de entrega e retrocede-se, calculando assim quando se deve iniciar a última ordem de trabalho, quando iniciar a penúltima ordem de trabalho e assim sucessivamente.

A programação regressiva mostra o quão tarde a ordem de trabalho pode ser iniciada e ainda assim ser concluída a tempo. Quando é utilizada a programação progressiva e a programação regressiva juntas, a diferença entre o tempo de início da primeira atividade indica uma folga no planeamento. Essa folga significa que pode iniciar-se uma ordem de trabalho imediatamente, mas não é necessário fazê-lo. Pode ser iniciada a qualquer momento até ao início da programação regressiva e ainda assim cumprir a data de entrega.

Para garantir que se obtém aquilo que é colocado no planeamento é necessário recorrer ao controlo do fluxo de trabalho.

O controlo de entrada/saída monitoriza as entradas e saídas planeadas num determinado centro de trabalho em relação às entradas e saídas reais. As entradas

planeadas são baseadas no cronograma operacional, enquanto as saídas planeadas usam técnicas de planeamento de capacidade. O que foi produzido é comparado com o que foi programado de forma a garantir a existência de ordens de trabalho suficientes para laborar. Um posto de trabalho não pode processar itens que ainda não chegaram. A saída real também é usada para identificar possíveis problemas no posto de trabalho, como um problema de equipamento ou ausências inesperadas.

Para que a programação seja feita de forma eficaz à necessidade de olhar para alguns conceitos que são importantes a jusante.

Primeiro temos o Planeamento Mestre de Produção (MPS), que é um plano que especifica a quantidade e o momento da produção de cada item acabado para satisfazer a procura do cliente.

Seguidamente é importante a programação de máquinas e operações, onde se determina a sequência e o tempo de produção para cada operação ou máquina, considerando a disponibilidade de recursos e as restrições de capacidade.

É necessário também compreender o conceito *Lead Time*, que nada mais é que o tempo necessário para completar uma ordem de produção, desde o início até à entrega do produto final. Compreender e minimizar o *lead time* é crucial para cumprir os prazos de entrega.

Um fator também importante é evitar stocks operacionais, o sistema de produção *Just-in-Time* (JIT) é importante para produzir apenas o necessário no momento certo para satisfazer o cliente.

Ainda dentro da programação, a avaliação da capacidade de produção disponível e ajuste da programação para garantir que a produção não exceda a capacidade das instalações. Para que isso aconteça o uso de algoritmos e software de programação para otimizar a sequência de produção, minimizar o tempo de inatividade de máquinas e maximizar a eficiência global é importante.

A implementação de sistemas de informação integrados para recolher dados em tempo real, facilita o controlo possibilitando ajustar a programação conforme necessário e distribuir de forma equitativa o trabalho entre as diferentes estações de trabalho ou máquinas para evitar gargalos e manter um fluxo suave de produção.

Na programação tem de se ser capaz de lidar com alterações na procura do cliente, interrupções na produção ou outras situações imprevistas, ajustando a programação de forma ágil.

A programação pode variar dependendo do tipo de produção, seja por lotes (produção intermitente) ou contínua, cada uma com suas próprias considerações específicas. Para que isso aconteça sem percalços é necessário a implementação de um bom sistema de *Kanban* servindo de um sistema visual que auxilia na gestão da produção, indicando quando e o que produzir com base na procura real.

A programação de produção é uma área complexa que exige uma coordenação eficiente entre diversas variáveis / setores. A adoção de práticas modernas, como o uso de tecnologias de informação e metodologias como *Lean Manufacturing*, pode melhorar significativamente os processos de programação de produção.

3. Apresentação da empresa e do processo

Neste capítulo é apresentada a empresa Ara Shoes Portugal, empresa esta que disponibilizou as suas instalações, nomeadamente o departamento de Injeção direta, e proporcionou a realização deste trabalho. Irá também ser feita uma descrição do processo produtivo em geral e, em particular, do departamento sobre o qual incidiu o estudo.

3.1. A empresa Ara Shoes

A empresa Ara Shoes encontra-se a operar em Portugal desde o dia 06 de dezembro de 1974, num período em que a situação política, económica e social era ainda bastante instável. Contudo, face aos resultados que tem atualmente, mostra que foi uma aposta ganha, sendo nos dias de hoje uma das principais empregadoras, produtoras e exportadoras do setor do calçado em Portugal.

Atualmente esta empresa multinacional conta com mais de 3.300 colaboradores em vários pontos do mundo, no que diz respeito ao fabrico de calçado. Na unidade de produção de Seia, empresa alvo do estudo, é desenvolvido e fabricado calçado de elevada qualidade que é comercializado em todo o mundo. A sede desta empresa situa-se em Langenfeld - Alemanha.

De destacar que a Ara Shoes foi uma das primeiras multinacionais no setor do calçado a investir diretamente em Portugal, com unidades de produção própria, iniciando a sua atividade com uma unidade fabril em Avintes (1974-2005).

A empresa Ara Shoes Portuguesa está atualmente ativa em Seia (desde 1991), empregando cerca de 800 colaboradores.



Figura 3 -Localização da loja outlet e unidade de produção da empresa Ara Shoes Portuguesa

3.2. Estrutura da empresa

Nos últimos anos a empresa Ara Shoes tem sofrido uma grande reestruturação, deixando de ter uma organização informal, onde não existia uma definição hierárquica, para passar a ter uma organização formal. O organigrama apresentado na figura 3 é reflexo da estrutura criada de forma a corresponder às necessidades atuais da empresa.

Estudo de Melhoria de Desempenho na Produção de Solas - Indústria de Calçado

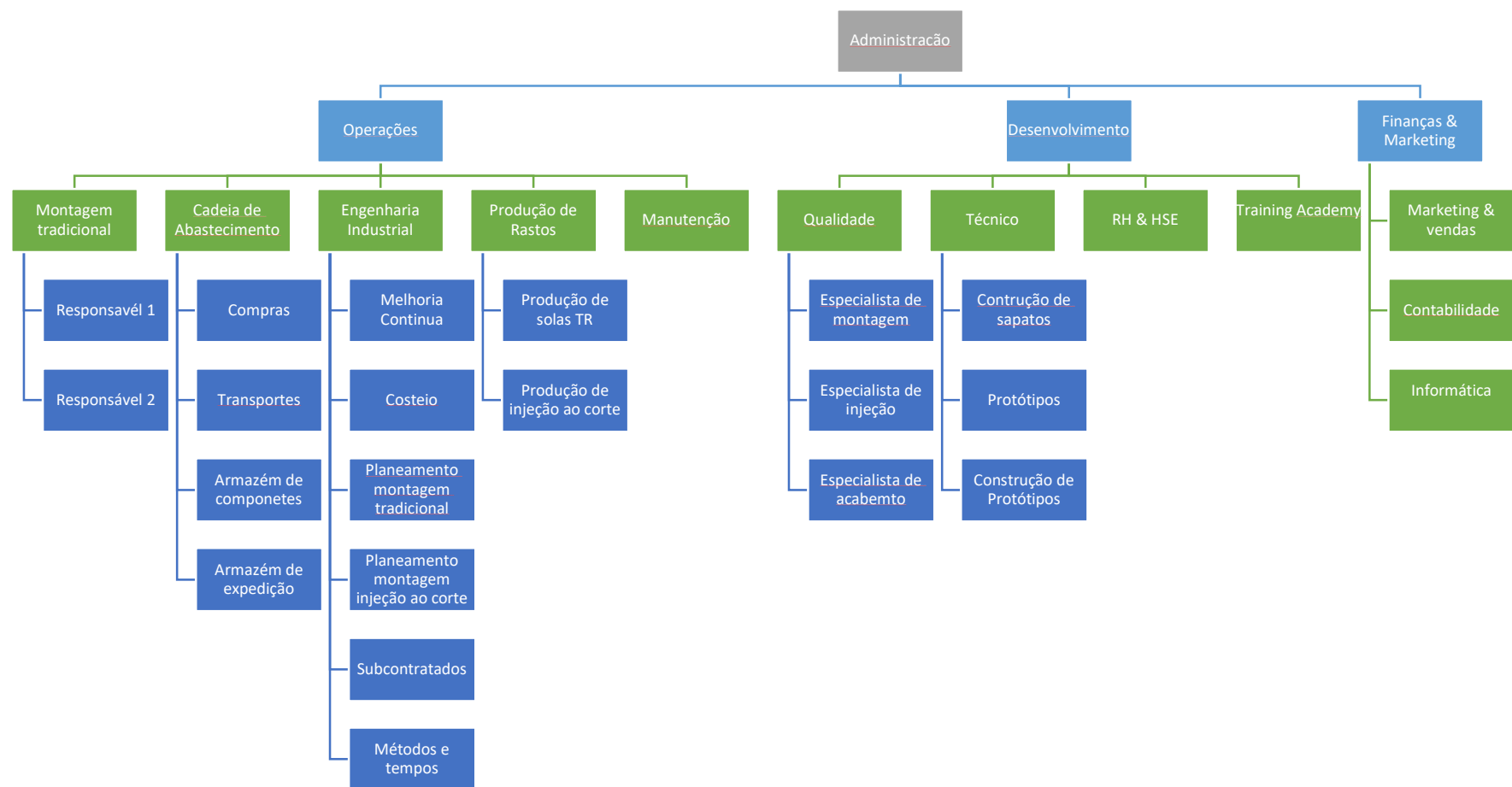


Figura 4 - Organigrama da Empresa

Como resultado desta reestruturação foram criados departamentos importantes para o funcionamento da empresa, como é o caso do departamento de qualidade, departamento de compras e departamento técnico.

A criação dos novos departamentos proporcionou um maior controlo sobre todo o processo produtivo, fomentando a tomada de decisões baseadas em evidências e, consequentemente, a autonomia da fábrica, conforme os exemplos abaixo:

- O departamento técnico trouxe um maior acompanhamento junto da produção para a resolução de problemas que limitavam a capacidade produtiva e parametrização de procedimentos.
- O departamento de qualidade atualizou os processos produtivos existentes até então e começou a efetuar um maior controlo sobre os materiais recebidos dentro de portas.
- As decisões relativas a compras e aprovisionamento foram delegadas à unidade de produção de Seia por oposição às compras feitas anteriormente no *Headquarter*.

3.3. Processo produtivo

Apesar da área de intervenção ser fabricação de calçado, a atividade da empresa vai mais além do que a montagem de sapatos, através da produção de solas em termoplástico (solas TR). Assim, no processo de fabrico da empresa, podem-se distinguir as seguintes áreas de produção: montagem de sapatos por injeção, produção de solas TR e montagem tradicional de sapatos.

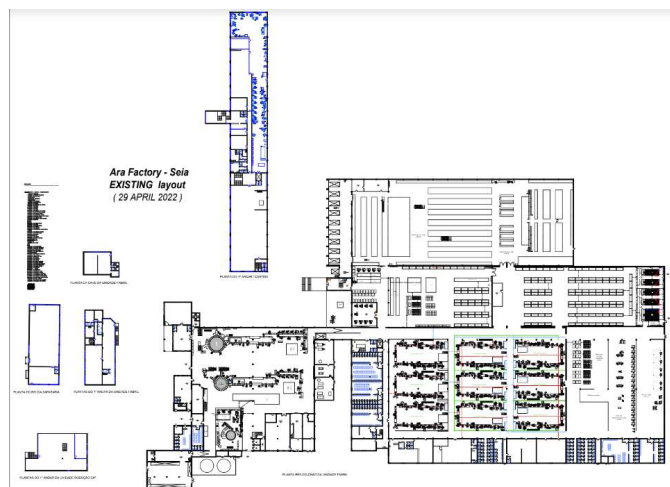


Figura 5 - planta da unidade de produção da empresa Ara Shoes Portuguesa

3.3.1. Montagem de sapatos por injeção

A montagem de sapatos por injeção é um processo em que a sola é moldada diretamente na parte superior (gáspea). Este processo é usado em aproximadamente 10% da produção mundial de calçado. Atualmente, na Ara, o processo de injeção direta, ilustrado na figura 6, recorre a Poliuretano (PU), sendo este por vezes reforçado com uma sola de TPU (termopoliuretano), que reforça a zona de contacto do sapato com o chão. Assim, a sola criada no processo de injeção é o resultado de uma reação química entre os componentes polioliol e isocianato, unidos numa forma encaixada na gáspea, devidamente colocada no molde.

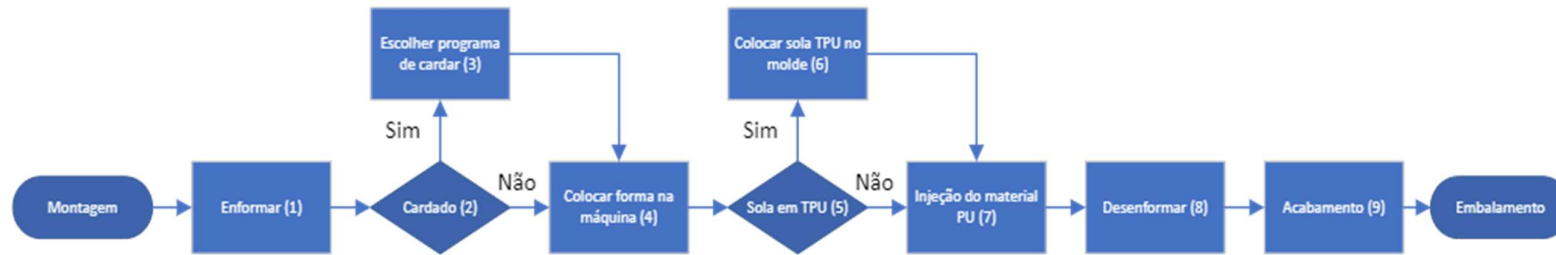


Figura 6 – Fluxograma do processo de montagem de injeção ao corte.

Legenda:

- 1 – A gáspea² é colocada na forma;
- 2 – Preparação da gáspea para adesão do material PU;
- 3 – Escolha do programa de cardagem adequado, de acordo com artigo a ser feito;
- 4 – Colocação da forma com a gáspeas na máquina de injeção, com o auxílio de um braço robótico;
- 5 – Verificação se é necessário inserto em TPU ou não.
- 6 – Em caso afirmativo no ponto 5 é colocado o inserto em TPU;
- 7 – Injeção do material PU para proporcionar a adesão à gáspea;
- 8 – Retira-se o sapato da forma para acabamento
- 9 – aplica-se o tratamento ao material consoante a sua composição (pele ou sintético).



Figura 7 - Exemplo de uma máquina de injeção ao corte

² Parte superior do sapato, à qual irá ser colada, cosida ou injetada a sola.

3.3.2. Produção de solas TR

Numa máquina de produção de solas TR é injetado o granulado termoplástico (TR) no molde, de diversas durezas e cores. Após solidificação no molde a sola é retirada e armazenada. Antes de ser necessária para produto final, esta pode ser submetida a pintura para acabamento (dependendo do pedido do cliente). Seguidamente é feita a cardagem química com halogéneo, e aplicação de uma cola. Posteriormente a sola é ativada no processo de montagem, através de um processo térmico.

A produção de solas apresenta-se como um fator diferenciador das demais empresas no setor do calçado, por permitir uma maior flexibilidade na produção do produto final.

O fluxo produtivo da secção de produção de solas TR está representado pelo fluxograma da figura 8.

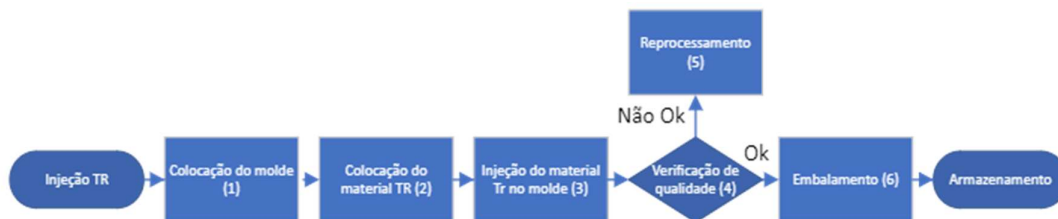


Figura 8 - Processo de produção de solas em material termoplástico TR

Legenda:

- 1 – Colocação do molde na máquina de injeção TR (material Termoplástico);
- 2 – Colocação do material TR indicado para a produção da sola para o molde colocado;
- 3 – Produção da sola;
- 4 – Verificação dos parâmetros de qualidade;
- 5 – Em caso de não se verificarem os parâmetros de qualidade exigidos a sola volta a ser reprocessada;
- 6 – Quando se verificam os parâmetros de qualidade exigidos, a sola é embalada e posteriormente enviada para armazém.

3.3.3. Montagem tradicional de sapatos

Na montagem tradicional, os diversos componentes do sapato são unidos com recurso a operações manuais, térmicas e químicas. Cada linha de montagem recebe um conjunto de materiais que engloba desde a gáspea, sola, palmilhas, até aos consumíveis para acabamento, como atacadores ou etiquetas. Neste processo, as gáspeas são enformadas, cardadas e posteriormente é colada a sola à gáspea para formar o sapato. Para terminar, há um processo de acabamento, efetuado com tintas, sprays e cremes, e a limpeza é efetuada com acetona ou outro dissolvente. O sapato fabricado é depois embalado e colocado no armazém de expedição.

Em suma o processo de montagem tradicional é composto pelas etapas identificadas no fluxograma da figura 9.

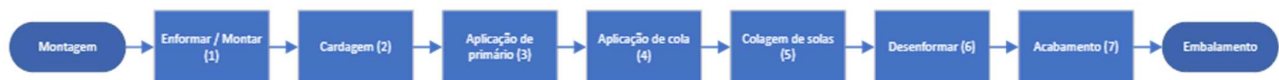


Figura 9 - Processo de montagem tradicional

Legenda:

- 1 – A gáspea é colocada na forma;
- 2 – Preparação da gáspea para adesão do primário e cola;
- 3 – Tratamento na gáspea para adesão da cola;
- 4 – Aplicação de cola para adesão com a sola;
- 5 – Reativação da cola aplicada na sola e na gáspea para se dar a adesão.
- 6 – Retira-se o sapato da forma para acabamento.
- 7 – aplica-se o tratamento ao material consoante a sua composição (pele ou sintético).

3.4. Produtos produzidos

Na sua essência, a empresa Ara Shoes Portuguesa produz sapatos de senhora, representando estes cerca de 98% da sua produção total.

Para além da produção de calçado, a empresa também se dedica à produção de componentes para o setor do calçado, como é o caso da produção de solas em material termoplástico (material TR), onde 95% da produção se destina a consumo interno e os restantes 5% destinam-se a exportação para empresas dentro do mesmo grupo.

3.5. Modelos da montagem tradicional

O processo de produção utilizado na montagem tradicional de sapatos assenta sobre 3 tipos distintos de construção. Nos pontos seguintes é feita uma breve descrição de cada um dos processos.

3.5.1. Construção Strobel

Este tipo de construção caracteriza-se pela costura do corte à palmilha através de uma costura específica que adquiriu o nome da máquina em que é realizada - STROBEL. A sola é posteriormente colada ou cosida lateralmente. Este método de construção proporciona o máximo de conforto, flexibilidade e durabilidade.



Figura 10 - Modelo de construção por Strobel

3.5.2. Construção Plana

Este tipo de montagem é o menos comum no dentro do grupo Ara, ainda assim representa 15% da produção global. Neste processo, o bordo de montagem é virado para o interior do

sapato e é colado sobre a palmilha. Posteriormente, a sola é colada à palmilha e prensada, evitando a descolagem da mesma.



Figura 11 – Modelo onde é usada a construção Ago

3.5.3. Construção meio-strobel

Neste tipo de construção, é feita uma conjugação das duas técnicas mostradas anteriormente, em que metade é strobel (parte frontal do sapato), ao passo que a outra metade é colocado um enfuste (cartão prensado com uma peça metálica no interior), de forma a criar uma maior estabilidade no sapato.



Figura 12 - Modelo onde é usada a construção de meio strobel

3.6. Modelos de injeção ao corte

No que diz respeito à montagem de sapatos por injeção, esta assenta na costura de strobel na sua base. A diferença que poderá ser encontrada é no tipo de sola, como é descrito a seguir.

3.6.1. Injeção PU

Tal como acontece na montagem tradicional, numa primeira etapa realiza-se a costura do corte à palmilha, strobel. A sola é posteriormente injetada na sua totalidade em poliuretano (PU).



Figura 13 – Modelo injetado com sola em PU

3.6.2. Injeção PU + Sola TPU

O que torna este processo diferente do anterior é a utilização de uma sola para o rasto em TPU. Esta sola em TPU proporciona uma maior durabilidade para o sapato, proporcionando também uma grande variedade nas cores e combinações de cores da sola de um sapato.



Figura 14 -Modelo com injeção de sola em PU e com sola TPU

4. Caso de estudo

No desenvolvimento do setor do calçado, a injeção ao corte está na vanguarda e apresenta-se como uma área com um grande potencial de crescimento dentro do grupo Ara Shoes.

Na empresa alvo do estudo, a secção de injeção ao corte teve um grande crescimento nos últimos anos, passando de uma máquina de injeção ao corte, para 3 máquinas de injeção ao corte. Isto representa a passagem de uma capacidade instalada de 2796 para 7023 pares diários, isto é, um aumento de capacidade na ordem dos 251%.

A tabela abaixo mostra a informação relevante sobre a configuração das máquinas de injeção disponíveis:

	Máquina 1 (30 estações)	Máquina 2 (24 estações)	Máquina 3 (18 estações)
Pares por volta	15	12	9
Tempo de ciclo por par (em seg.)	28	32	44
Tempo por turno (min)	435	435	435
Número de turnos	3	3	3
Pares por turno em condições ideais	932	816	593
Capacidade diária teórica por máquina	2796	2448	1779

Tabela 1 - Dados auxiliares correspondentes a cada uma das máquinas de injeção

Em sentido contrário ao aumento da capacidade, assistimos ao um decréscimo de pares produzidos, levando a este caso de estudo de modo a tirar-se partido de uma tecnologia, no caso concreto as máquinas de injeção ao corte, que permita à empresa atingir um posicionamento superior no mercado.

Como vai ser descrito em seguida, foram utilizadas algumas ferramentas que permitiram analisar os problemas de uma forma mais rigorosa, como é o caso do diagrama de Ishikawa e o Ciclo PDCA, mas tendo como suporte principal o indicador O.E.E.

À data deste estudo, a única máquina a operar em condições de ser medido o O.E.E. era a máquina 1. Isto deveu-se à grande instabilidade que se fazia sentir, devido ao covid 19, criando dificuldades na previsão de um futuro a curto/médio prazo, levando a uma descida do número de pares produzidos.

A máquina 1, que foi a máquina considerada para este estudo, tem as seguintes características:

- Máquina com 30 estações, o que corresponde a 15 pares de sapatos feitos a cada ciclo de funcionamento;
- Tempo de ciclo de 28 segundos, podendo ser ajustável;
- Na estação de Primavera/Verão (produção de sapatos entre setembro e março) são usadas aproximadamente 5 cores, sendo o predominante o branco;
- Na estação de Outono/Inverno (produção de sapatos entre março e setembro), são usadas aproximadamente 9 cores, entre tons claros e escuros;
- A mudança de um molde é feita em duas voltas da máquina;
- A máquina não necessita de parar, para efetuar a mudança de molde.

4.1. Registo de ocorrências e soluções apresentadas

Numa fase posterior, para que fosse visível e passível de ser medido, optou-se pela criação de um quadro para registo de ocorrências, como mostra a figura 15. O tipo de observação utilizado foi a observação por amostragem, com registo de 10 ocorrências diárias. A decisão sobre este valor de amostragem deve-se, por um lado, à falta de recursos humanos e, por outro, por se entender que 10 observações diárias eram representativas de 80% dos problemas encontrados.



Figura 15 – Quadro para registo de ocorrências

O quadro ilustrado acima serviu para os 10 registros diários, onde foram tomadas notas dos seguintes pontos:

- Data e hora;
- Tempo de ciclo de funcionamento;
- Ocorrências (descrição) no ciclo de funcionamento observado.

Como resultado das observações efetuadas, foi possível começar a criar uma lista de ocorrências, ocorrências essas que tem uma relação direta sobre cada um dos indicadores utilizados para o cálculo do O.E.E.

Das observações efetuadas, conseguiu-se fazer uma triagem em dois tipos de ocorrências, as que podem ser corrigidas de imediato (durante o turno de produção) e as ocorrências que necessitam de uma abordagem mais profunda.

De notar que as ocorrências que foram corrigidas de imediato, tem um cariz de repetibilidade, por se tratar de um processo com alguma dependência da ação humana.

Na figura 16 estão listadas as ocorrências que foram corrigidas de imediato e respectiva ação.

Ocorrência	Correção efetuada
Formas sem gáspeas	Chamada de atenção ao colaborador e explicação das consequências da ocorrência
Retificação dos programas de cardagem	Aproveitamento das horas de pausa para validação dos programas, antes de serem necessários
Strobel mal cosido	Retificação do trabalho
Humidificador avariado	Substituição do equipamento
Teste de materiais a vários períodos do dia	Verificação do material apenas no início do turno
Teste de solas TPU (insertos)	Realização dos testes das solas quando os moldes estão fora de produção

Figura 16 - Ocorrências observadas que foram corrigidas de imediato

Das ocorrências que não foi possível corrigir de imediato (pontos mencionados em **Método**, **Material**, **Homem e Máquina**), procedeu-se a uma análise mais profunda, utilizando duas ferramentas *Lean*;

- Diagrama de Ishikawa – utilizado para identificar a causa raiz do problema.
- Ciclo PDCA – utilizado para garantir a melhoria contínua dos processos e verificação de resultados da implementação das ações de melhoria.

Da aplicação do Diagrama de Ishikawa, para o problema de baixa produtividade, chegou-se ao modelo apresentado abaixo:

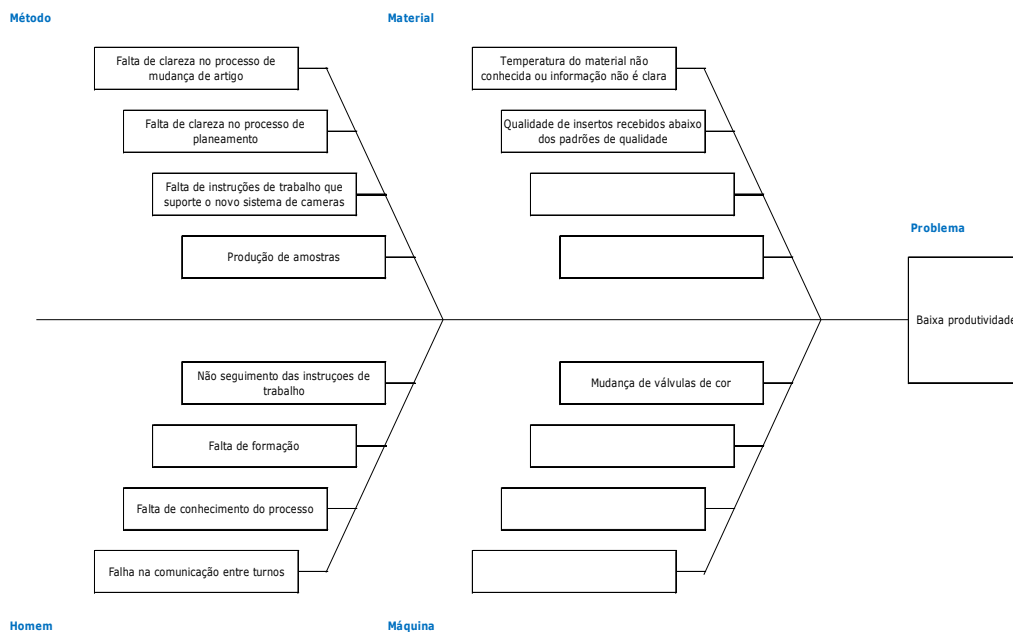


Figura 17 - Resultado da aplicação do diagrama de Ishikawa

Após a conclusão do diagrama de Ishikawa, procedeu-se à aplicação do ciclo PDCA como mostra o ponto seguinte.

Como se pode ver no quadro seguinte, para cada um dos pontos em análise foi criado um plano de ações. Este plano de ações em média teve um período de análise de um mês, dividido em períodos de uma semana para Planear, Fazer, Verificar e Atuar.

Estudo de Melhoria de Desempenho na Produção de Solas - Industria de Calçado

Plano de ações DIP		Responsável		PLAN	DO	CHECK	ACT
Foco	Estado atual	Oportunidade	Quem / Quando	O que é esperado que aconteça	O que acontece atualmente	O que aprendemos & as ações resolveram o problema?	Próximo passo
Homem	Não seguimento das instruções de trabalho	Destaque de todas as operações críticas e que exigem uma instrução de trabalho. Criação das instruções de trabalho envolvendo pessoas especializadas, em seguida, implementar um plano de formação registado para que todos os colaboradores executem o processo		Rever os processos críticos e as atuais instruções de trabalho	A equipa de gestão rever as atuais instruções e requisitou as que faltavam	Para controlar o sistema é necessário definir uma estrutura de controlo de processo e introduzir as instruções de trabalho de acordo com com essa estrutura.	Definido o sistema de controlo de processo e documentado. Novo formato de instrução de trabalho completo
	Treino desajustado						
	Falta de liderança	Identificar candidatos entre os líderes de equipa atuais para a participação numa formação.		Rever os candidatos e marcar sessões de formação	Team leaders identificados e acordadas as sessões de formação	Seria benéfico incluir o o treino do ajudante de linha	Aprendizagem no posto de trabalho
	Conhecimento do processo	Criação de um manual com a descrição dos processos, em formato fácil de seguir, para os colaboradores que operam a máquina.		Revisão dos manuais e criação de um livro com informação relevante	Desenvolvimento de um guia de bolso que vai ser revisto pelos líderes de equipas	Livro foi uma boa ideia.	Dar formação utilizando o conteúdo presente no livro
Material	Altura das formas não está definida claramente	Rever todas as formas necessárias para produção e fazer marcações das alturas na forma conforme as especificações técnicas		Marcação da hora e período para rever o estado das formas e marcação	Todas as formas foram revistas e a marcação confirmada	A cor utilizada para marcação das formas desgasta-se com a utilização	Investigação no mercado de uma solução de tinta que tenha uma maior durabilidade
	Qualidade de insertos recebidos abaixo dos padrões de qualidade	Rever e melhorar o processo de controlo de entrada de insertos (Solas TPU)		Verificar os custos para compra de moldes 3D para controlo dimensional das solas TPU	Contactar os fornecedores de moldes	Preço definido pelos fornecedores	Compra dos moldes 3D para os artigos definidos como críticos
	Temperatura do material não conhecida ou informação não é clara	Melhorar o processo de reabastecimento do forno e de materiais para garantir que nenhum material seja levado às máquinas sem que atinjam as temperaturas especificadas, garantir que a instrução de trabalho é clara e sejam implementadas com regras rígidas sobre quem tem permissão e responsabilidade.		Revisão do atual processo e identificar falhas, atualizar a instrução de trabalho	Instruções para a mistura do material, foram colocadas na área de processo	Processo deve ser convertido para uma instrução de trabalho	Colocada nova instrução de trabalho. Formação aos colaboradores
	Demasiadas formas vazias & paletes vazias em circulação	Envolver 2 membros experientes para identificarem a causa raiz para a existência de formas vazias e paletes vazias.		Identificar 2 colaboradores que tem o conhecimento e competências para trabalhar no problema	Os colaboradores foram identificados e colocado na posição para os próximos 2 meses.	Colocar os colaboradores nas posições pretendidas	Formação aos restantes colaboradores
Método	Falta de clareza no processo de mudança de artigo	Rever e atualizar o novo procedimento de mudança de artigo, garantindo que todos os departamentos envolvidos estão cientes das suas responsabilidades. Verificar quando deve ser ativado o procedimento.		Definição dos pontos que devem ser tidos em conta na mudança de artigo e fazer testes antes do produto entrar a primeira vez em produção	Definição da equipa para as mudanças de linha. Definição do template a utilizar	Envolvimento do departamento técnico	Juntar a equipa de mudança de linha sempre que seja produzido um novo artigo naquela linha.
	Falta de instrução de trabalho que suporte o novo sistema de cameras	Rever o novo sistema de câmeras e definir o processo ideal para uma utilização mais eficaz das mesmas. A partir da definição do processo, efetuar uma nova instrução de trabalho e dar formação aos colaboradores.		Revisão do processo e definição de regras e processos para melhorar do sistema de cameras	Departamento técnico e Produção devem fazer a revisão do processo	Durante a revisão do processo, verificou-se que o processo para salvar o programa, não funciona. Instalação do processo deve ser feito para cada artigo	Problema de software resolvido e criado nos programas para cada artigo existente
	Falta de clareza no processo de planeamento	Rever o processo de planeamento por estação da máquina para perceber se otimiza ou não a capacidade da máquina e envolver a equipa de produção nos detalhes de planeamento.		Criar um processo que permita ter uma visibilidade de planeamento 3 semana à frente	Criação de uma reunião semanal de planeamento	Envolvimento da produção e departamento técnico	Criação e partilha dos minutos da reunião
Máquina	Mudança de válvulas de cor	Chamar os produtores da pasta colorida à fábrica de forma a serem revistos os procedimentos atuais, de forma a identificar possíveis causas para o problema de mudança de válvulas		Convidar o fornecedor de tinta para revisão do processo e ajudar a melhoria do processo	O fornecedor identificou; parâmetros de pressão e a sequência de abertura da válvula. Medição do rácio de pasta de cor utilizado.	Não são seguidos os parâmetros corretos. Verificação das válvulas de tinta na linha para mais rápida resposta	Criação de uma nova instrução de trabalho e respetiva formação.

Figura 18 - Resultado da aplicação do ciclo PDCA

4.2. Resultados obtidos

Em novembro de 2021, com a mudança na estrutura da empresa Ara Shoes, surgiu também a necessidade de implementar algumas ferramentas que permitissem alavancar a área produtiva da empresa, foi então que foi realizado o primeiro cálculo de O.E.E na máquina de injeção ao corte, o valor fixava-se nos 49%, o que deixava margem para uma grande melhoria, nomeadamente quanto ao aumento da produção deste tipo de produto, possibilitando assim uma resposta mais rápida e eficaz às necessidades de mercado.

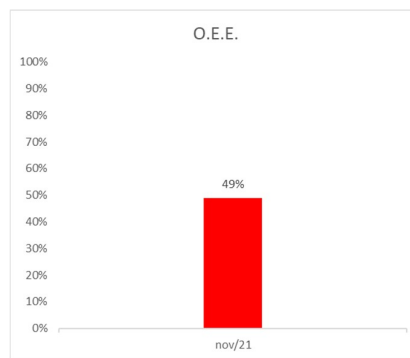


Figura 19 - 1º Valor calculado para o O.E.E. da máquina 1

4.3. Cálculo e resultados do O.E.E.

A primeira fase incidiu sobre o cálculo do indicador da eficiência global dos equipamentos, ou O.E.E., para que se pudesse analisar de que forma os respetivos indicadores refletem a eficiência do processo. Além disso, permitem determinar onde devem ser focados trabalhos de melhoria.

Para cálculo do OEE, foi necessário calcular previamente os três indicadores, que são:

- Disponibilidade;
- Desempenho;
- Qualidade.

O O.E.E. é calculado diariamente e afixado nos quadros junto às unidades produtivas. Para uma análise mais detalhada são feitas reuniões semanais (todas as segundas-feiras), onde se junta o responsável de planeamento, responsável de qualidade, responsável da produção e

o responsável da manutenção. Como resultado desta reunião, onde é feita uma análise das ocorrências em relação à semana que terminou, é criado um plano de ações para os responsáveis de cada área.

Os valores definidos como objetivo para cada um dos indicadores do O.E.E. foi definido por unanimidade pela equipa de gestão da empresa, balizando-se nos seguintes valores:

- Disponibilidade de 95% - Valor definido de acordo com um primeiro estudo feito, onde a disponibilidade da máquina rondava os 90%;
- Performance de 80% - Valor definido de acordo com um primeiro estudo feito, onde a disponibilidade da máquina rondava os 70%;
- Qualidade de 98% - Valor definido de acordo com o *budget* anual onde existe uma tolerância até 1,5% de 2ª escolha e 0,5% de sucata;
- O.E.E. de 75% - Resultado da multiplicação dos fatores acima.

Para cálculo da disponibilidade considerou-se o tempo de produção real, isto é, o tempo de produção planeado deduzido da duração total de paragens afetas a cada máquina, sobre o tempo de produção planeado.

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ produção\ real}{Tempo\ de\ produção\ planeado}$$

O gráfico seguinte mostras os resultados obtidos para o indicador disponibilidade ao longo dos 9 meses em que o estudo foi realizado.

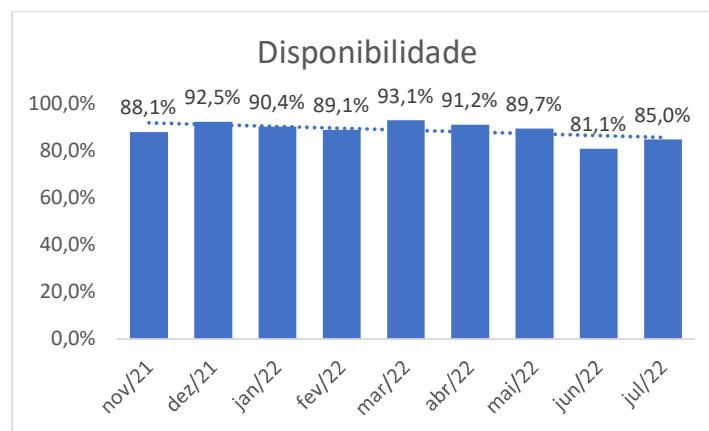


Figura 20 - resultado obtido da disponibilidade entre novembro de 2021 e julho de 2022

Olhando para os resultados mensais da disponibilidade da máquina 1, pode afirmar-se que existe uma tendência de descida do valor percentual da disponibilidade (valor de julho de 2022 inferior ao de novembro de 2021), registando-se um valor médio de paragem de 48 minutos por turno. Pode-se afirmar que a disponibilidade é um dos fatores que mais influencia negativamente os resultados do O.E.E.

Algumas das causas que afetaram a disponibilidade foram:

- Injetor parado com fuga de água;
- Paletes danificadas;
- Válvula estragada, mudança de válvulas;
- Sensor do Robô sem leitura;
- Retificação dos programas de cardagem;

No que diz respeito ao desempenho, este foi calculado tendo em conta o tempo de ciclo (tempo em que é injetado um par de sapatos) a multiplicar pela produção total, sobre o tempo de produção real calculado previamente a multiplicar por 60, pois como o tempo de ciclo se encontra em segundos e o tempo de produção em minutos, torna-se necessário a conversão do tempo real de produção para segundos. No caso de troca da produção eram registados os parâmetros referentes à nova produção.

$$Desempenho = \frac{(Tempo\ de\ ciclo * Produção\ Total)}{(Tempo\ de\ produção\ real * 60)}$$

O gráfico seguinte mostras os resultados obtidos para o indicador desempenho ao longo dos 9 meses em que o estudo foi realizado.

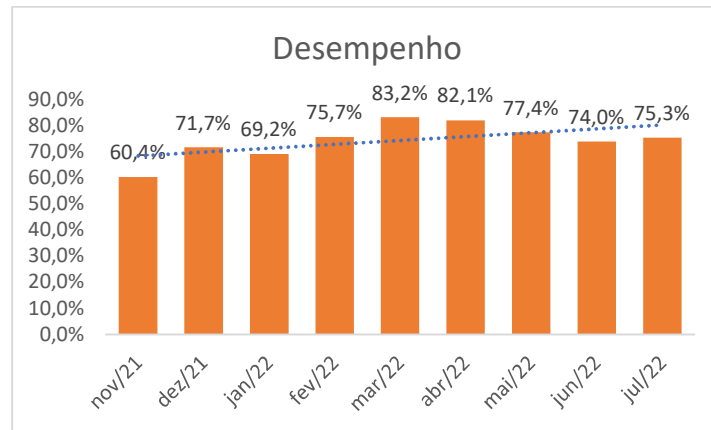


Figura 21 - Resultado da performance entre novembro de 2021 e julho de 2022

No que diz respeito ao indicador desempenho, verifica-se uma tendência de subida no valor percentual, com um valor médio de 74%, o que representa um déficit de 6 pontos percentuais em relação ao valor desejado.

Alguns dos fatores que impediram o indicador de desempenho de apresentar melhores resultados foram:

- Mudança de moldes (tempo de *setup*);
- Paragem para remover prata das formas;
- 2ª Injeção (sapatos que não forem bem feitos à primeira, a sola é cortada e injetada novamente);
- Estações vazias;

O indicador de qualidade foi calculado tendo em conta a produção total conforme, ou seja, o número total de sapatos produzidos menos a quantidade de sapatos não conformes, 2ª escolha ou lixo, sobre a produção total.

$$Qualidade = \frac{(Total\ de\ sapatos\ produzidos - Total\ de\ sapatos\ nao\ conformes)}{Total\ de\ sapatos\ produzidos}$$

O gráfico seguinte mostra os resultados obtidos para o indicador qualidade ao longo dos 9 meses em que o estudo foi realizado.

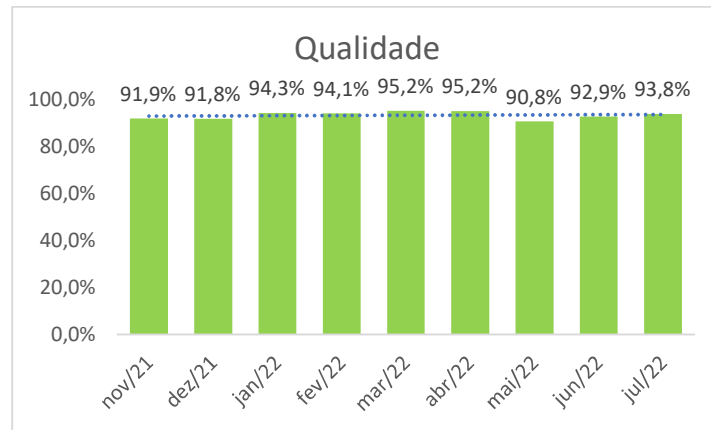


Figura 22 - Resultado da Qualidade entre novembro de 2021 e julho de 2022

O indicador relativo á qualidade representa a taxa de sucesso. Esta taxa de sucesso apresenta um valor médio de 93%, o que representa uma diferença de 5% em relação os 98% que são esperados. Apesar de este valor ser constante, como se pode verificar pela linha de tendência, está muito aquém do esperado e representa um ponto negativo na entrega das ordens no tempo certo aos clientes.

Para este déficit de qualidade contribuem em grande parte os seguintes pontos:

- Buracos da sola, demasiado ar nos moldes;
- Solas com defeito, moldes danificados;
- Strobel mal cosido;
- Gáspeas sujas;
- Diferença nas alturas no calcanhar;
- Tortos.

Após o cálculo dos indicadores torna-se então possível o cálculo do O.E.E.:

$$O.E.E = Disponibilidade * Desempenho * Qualidade$$

O gráfico seguinte mostra os resultados obtidos para o O.E.E ao longo dos 9 meses em que o estudo foi realizado.

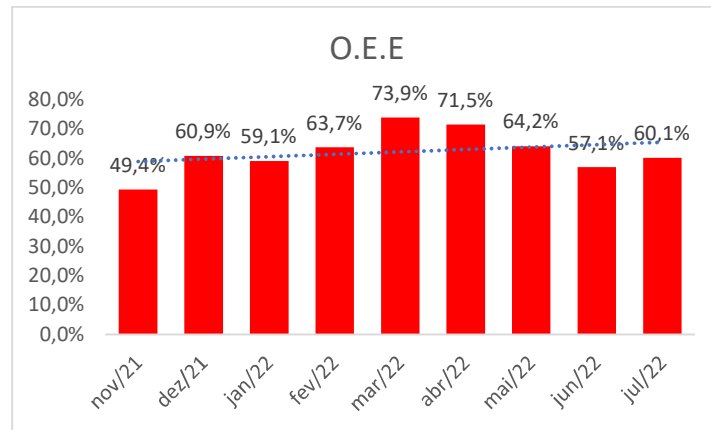


Figura 23 – Resultado da O.E.E. entre novembro de 2021 e julho de 2022

No que diz respeito ao valor global do O.E.E., verifica-se uma subida, como mostra a linha de tendência, conseguindo mesmo no mês de março, estar muito perto do objetivo estabelecido. No entanto, em termos médios, o valor do O.E.E situa-se nos 62%, o que representa uma diferença de 13% em relação aos 75% que esperados.

Como conclusões gerais, no período compreendido entre novembro de 2021 e abril 2022 verificou-se uma tendência de subida em todos os fatores de envolvidos no cálculo do O.E.E., isso deve-se em grande parte à produção dos artigos da estação de primavera/verão, onde as cores de injeção são mais claras, reduzindo assim o tempo de mudança de cor na máquina, assim como a variedade reduzida de artigos a produzir.

Entre maio de 2022 e julho de 2022 a tendência é decrescente devido à utilização de cores mais escuras, causando mais tempo de paragens para limpezas de injetores na troca de cores, assim como um aumento de vezes em que a válvula de tinta tem de ser mudada e também o aumento da variedade de artigos a produzir.

5. Conclusões e Reflexões

Com o crescimento da competitividade global e da necessidade de atender à procura dos clientes de forma ágil e personalizada, a empresa Ara Shoes Portuguesa implementou um projeto de melhoria contínua na máquina 1 da seção de injeção. O objetivo principal foi aumentar a eficiência produtiva da máquina, reduzindo perdas e maximizando o tempo de funcionamento efetivo.

Inicialmente, foi realizado um diagnóstico da situação atual da máquina, utilizando o indicador OEE (Overall Equipment Effectiveness). O resultado inicial de 49% evidenciou a necessidade de uma análise mais aprofundada. Através do diagrama de Ishikawa, foram identificadas as principais causas raiz da baixa produtividade, tais como:

- Setups demorados: A configuração da máquina para um novo produto consumia um tempo excessivo, impactando diretamente o tempo de ciclo.
- Disponibilidade da máquina: A falta de manutenção preventiva resultava em paragens não programadas e perda de produção.
- Falta de padronização dos processos: A ausência de instruções de trabalho gerava variações nos resultados e dificultava a identificação de problemas.

Com base na análise das causas raiz, foram implementadas diversas ações de melhoria, incluindo:

- Redução dos tempos de setup: Através da padronização dos setups e da utilização de dispositivos de fixação rápida, foi possível reduzir significativamente o tempo necessário para configurar a máquina.
- Implementação de um programa de manutenção preventiva: A realização de manutenções periódicas na máquina e nas ferramentas permitiu prevenir quebras inesperadas e aumentar a vida útil dos equipamentos.
- Desenvolvimento de instruções de trabalho: A criação de instruções de trabalho para todas as atividades realizadas na máquina garantiu a padronização dos processos e a redução da variabilidade.
- Formação dos colaboradores: Os colaboradores da máquina foram formados de acordo com as novas instruções de trabalho, realçando a importância da recolha de dados e a resolução de problemas.

Após a implementação das ações de melhoria, o OEE da máquina 1 apresentou um aumento significativo, chegando a alcançar os 73,9%. Além disso, foram observadas reduções significativas nos tempos de setup e na frequência de paragens, o que resultou num aumento da produtividade e da qualidade dos produtos.

O projeto de melhoria contínua na máquina 1 demonstrou a eficácia da aplicação de ferramentas Lean na identificação e resolução de problemas produtivos. A utilização do diagrama de Ishikawa e do ciclo PDCA permitiu uma análise aprofundada da situação e a implementação de ações direcionadas para a eliminação das causas raiz. Os resultados obtidos evidenciam a importância da padronização dos processos, da manutenção preventiva e da formação dos colaboradores o sucesso de um programa de melhoria contínua.

Trabalhos futuros

Como trabalho futuros temos o desenvolvimento de um modelo matemático que permite fazer e acompanhar o planeamento fino em tempo real.

Referências bibliográficas

<https://safetyculture.com/topics/ishikawa-diagram/>, acessado no dia 25 de janeiro de 2024.

Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2015). Total Productive Maintenance: Strategies and Implementation Guide. 318

Eric Costa, Rui Sousa, Sara Braganca and Anabela Alves 2013. An Industrial Application of The SMED Methodology and Other Lean production Tools. 4th International Conference on Integrity, Reliability and Failure, Funchal/Madeira, 23-27 June 2013. Available: http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/25314/1/2013_Costa_et_al_SMED.pdf Accessed 2021.

Goubergen, D., & Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and Computer-integrated Manufacturing*, 18(3-4), 205–214. doi:10.1016/S0736-5845(02)00011-X

Leite, W. (2006). Sistema de Administração da Produção Just in Time (JIT), Instituto da Educação Tecnológica continuada, Belo Horizonte,

McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. International Journal of Production Research, 38(11), 2377–2395. doi:10.1080/00207540050031823

Meredith, Jack R. «Operations and Supply Chain Management for MBAs». : 374.

Patel, P. & Deshpande 2017 - Application Of Plan-Do-Check-Act Cycle For Quality And Productivity Improvement - A Review

Shingo, Shigeo. 2019. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. 1.^a ed. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/9781351469494> (28 de Fevereiro de 2021).

Singh, Gurinder, e Inderpreet Ahuja. 2012. «Just-in-time manufacturing: literature review and directions». *Int. J. of Business Continuity and Risk Management* 3: 57–98.

Shingo, S. (1985). The Revolution in Manufacturing: The SMED System. Portland, OR: Productivity Press.

Silva, J. P. (2013). OEE – A FORMA DE MEDIR A EFICÁCIA DOS EQUIPAMENTOS.

Ribeiro, D., Bragaa, F., & Sousab, R. S. Carmo-Silva (2011). An Application of the SMED Methodology in an Electric Power Controls Company. Proceedings of International Conference On Innovations, Recent Trends And Challenges In Mechatronics, Mechanical Engineering And New High-Tech Products

Development –MECAHITECH'11, vol. 3, year: 2011. Available:<http://http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/15892>. Accessed 2021.

Roldão, V.S. e Ribeiro, J.S. (2007) Gestão das Operações-Uma abordagem Integrada; Ed. Monitor.