



**BÁRBARA SOFIA
COSTA DA SILVA**

**ANÁLISE E PROPOSTAS DE MELHORIAS NO
PROCESSO DE ESCOLHA E EMBALAGEM**



**BÁRBARA SOFIA
COSTA DA SILVA**

**ANÁLISE E PROPOSTAS DE MELHORIAS NO
PROCESSO DE ESCOLHA E EMBALAGEM**

Relatório de Projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizado sob a orientação científica do Doutor João Carlos de Oliveira Matias, Professor Catedrático do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro.

Dedico este trabalho à minha família pelo incansável apoio.

o júri

presidente

Prof. Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel
professora auxiliar da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Francisco Gomes da Silva
professor adjunto do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Prof. Doutor João Carlos de Oliveira Matias
Professor catedrático da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Agradeço à empresa de estágio por me ter dado a oportunidade de desenvolver um projeto desafiante e de forma autónoma, contribuindo para o meu desenvolvimento.

Ao Eng.º Ramiro Morgado e ao Eng.º Marcelo Félix pelo apoio, pela confiança e pelo conhecimento partilhado ao longo deste projeto.

A todos os colaboradores da secção de escolha e embalagem da empresa, em especial ao Carlos Pires, pelo carinho e paciência.

Ao meu orientador da Universidade de Aveiro, Professor Doutor João Matias, pela total disponibilidade, paciência e ajuda. A sua simpatia e boa disposição foram muito importantes para este trabalho.

Aos meus colegas de estágio, Beatriz Pimenta, Vasco Pereira e Ana Teresa, pelo apoio e motivação nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos, em especial ao Leandro Mendes, que fizeram sempre parte dos momentos mais importantes destes anos.

À minha família, por toda a dedicação e esforço feito ao longo destes cinco anos e sempre.

palavras-chave

Trabalho Padronizado, OEE, Lean Manufacturing, Gestão Visual, Eficiência Operacional, 5S, Análise, Medição de Tempos

resumo

O presente projeto foi desenvolvido na secção de escolha e embalagem de uma indústria de pavimentos e revestimentos cerâmicos, caracterizada pelo elevado tempo de paragens não programadas e consequente baixo rendimento. O objetivo consistiu em analisar as causas do baixo rendimento das três linhas de produção da secção de escolha e embalagem da empresa e iniciar a implementação de melhorias, para aumentar o rendimento de cada uma destas linhas de produção, através da aplicação de algumas ferramentas *Lean*. Com uma metodologia baseada no estudo de caso, realizou-se uma análise inicial às três linhas de produção através de observação, análise dos dados e dos indicadores da escolha e embalagem da empresa, bem como através de medição de tempos de paragem. Com base nos problemas encontrados e respetivas causas, propôs-se um conjunto de melhorias em diferentes áreas. Depois de usado o PFMEA para priorizar estas melhorias, decidiu-se realizar a medição das cadências produtivas de cada produto, a criação de *standards* de limpeza e organização e a aplicação de Gestão Visual nas linhas de produção. Depois de iniciado o processo de criação de alguns *standards*, foi possível alterar alguns hábitos existentes, bem como iniciar a facilitação do trabalho rigoroso de escolha e embalagem.

keywords

Standardized Work, OEE, Lean Manufacturing, Visual Management, Operational Efficiency, 5S, Analysis, Time Measurement

abstract

This project was developed in the sorting and packaging section of a ceramic floor and wall tile industry, characterized by high unscheduled downtime and low performance.

The target of this project was to analyse the low efficiency causes of the three production lines of the sorting and packaging section of the company and to initiate the implementation of the improvements to increase the efficiency of this production lines through the application of Lean tools.

With a methodology based on the case study, an initial analysis of the three production lines was done through observation, analysis of the data and indicators of the sorting and packaging section, as well as through the measurement of downtimes. Based on the problems identified and their causes, a set of improvements in different areas was proposed. After using PFMEA to prioritise these improvements, it was decided to measure the production times of each product, to create standards for cleaning and organisation and to apply Visual Management to the production lines.

After starting the process of creating some standards, it was possible to change some existing habits, as well as to start facilitating the rigorous work of sorting and packaging.

Índice

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. MOTIVAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	1
1.3. METODOLOGIA.....	2
1.4. ESTRUTURA DO RELATÓRIO	4
2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA/ DESAFIO.....	7
2.1. A EMPRESA.....	7
2.2. PROCESSO PRODUTIVO	8
2.3. ESCOLHA DA SECÇÃO DE ATUAÇÃO DO PROJETO DE MELHORIA	8
2.4. SECÇÃO DE ESCOLHA E EMBALAGEM	10
3. REVISÃO DA LITERATURA	13
3.1. LEAN MANUFACTURING	13
3.1.1. <i>Single Minute Exchange of Die – SMED</i>	14
3.1.2. <i>Ferramenta 5S</i>	14
3.1.3. <i>Gestão Visual</i>	15
3.1.4. <i>Total Productive Maintenance – TPM</i>	17
3.1.5. <i>Overall Equipment Effectiveness – OEE</i>	19
3.1.6. <i>Takt Time</i>	21
3.1.7. <i>Standardized Work</i>	21
3.1.8. <i>Estudo de tempos</i>	22
3.2. MÁQUINA-TAMPÃO	22
3.3. ANÁLISE DE CAUSAS RAIZ	23
3.3.1. <i>Diagrama Causa e Efeito</i>	23
3.3.2. <i>Diagrama Pareto</i>	24
3.4. <i>FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS – FMEA</i>	24
4. ANÁLISE DA SITUAÇÃO INICIAL.....	27
4.1. TEMPO DE PRODUÇÃO VS. TEMPO DE PARAGENS NÃO PROGRAMADAS	27
4.2. <i>OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS – OEE</i>	29
4.3. TEMPOS DE PARAGENS AO LONGO DE UM TURNO COMPLETO.....	31
4.4. PROBLEMAS ENCONTRADOS	37
4.4.1. <i>Método</i>	38
4.4.2. <i>Medição</i>	41
4.4.3. <i>Mão-de-Obra</i>	42

4.4.4.	<i>Meio Ambiente</i>	43
4.4.5.	<i>Máquina</i>	44
4.4.6.	<i>Material</i>	45
5.	PLANEAMENTO E APRESENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA	47
5.1.	CONSTRUÇÃO DO PFMEA	47
5.2.	PRIORIZAÇÃO DOS PROBLEMAS.....	52
5.3.	MELHORIAS A IMPLEMENTAR	56
5.4.	MELHORIAS IMPLEMENTADAS.....	58
5.4.1.	<i>Recolha de novos valores de cadências standard</i>	58
5.4.2.	<i>Criação de standard de limpeza e arrumação</i>	60
5.4.3.	<i>Gestão Visual</i>	62
6.	CONCLUSÃO	67
6.1.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	67
6.2.	LIMITAÇÕES.....	68
6.3.	TRABALHO FUTURO.....	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
	ANEXOS	77
ANEXO A.	FOLHA DE REGISTO DE TEMPOS DE PARAGEM	78
ANEXO B.	TABELA DE RECOLHA DAS CADÊNCIAS PRODUTIVAS.....	79
ANEXO C.	ANTES E DEPOIS DA FICHA DE MUDANÇA DE REFERÊNCIA DE PRODUTO	80

Índice de Figuras

FIGURA 1 - PROCESSO PRODUTIVO DA EMPRESA	9
FIGURA 2 - TEMPO DE PARAGENS NÃO PROGRAMADAS DA LINHA 1	28
FIGURA 3 - TEMPO DE PARAGENS NÃO PROGRAMADAS DA LINHA 2	28
FIGURA 4 - TEMPO DE PARAGENS NÃO PROGRAMADAS DA LINHA 3	29
FIGURA 5 – OEE CORRESPONDENTE À LINHA 1	30
FIGURA 6 – OEE CORRESPONDENTE À LINHA 2	31
FIGURA 7 – OEE CORRESPONDENTE À LINHA 3	31
FIGURA 8 - PARAGENS RELATIVAS À LINHA 1 COMPLETA.....	34
FIGURA 9 - PARAGENS LOCALIZADAS DA LINHA 1	34
FIGURA 10 - PARAGENS RELATIVAS À LINHA 2 COMPLETA.....	35
FIGURA 11 - PARAGENS LOCALIZADAS DA LINHA 2	35
FIGURA 12- PARAGENS RELATIVAS À LINHA 3 COMPLETA	36
FIGURA 13 - PARAGENS LOCALIZADAS DA LINHA 3	36
FIGURA 14 - DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO	40
FIGURA 15 - INFORMAÇÕES EM VÁRIOS LOCAIS DAS LINHAS	41
FIGURA 16 - INFORMAÇÕES ANTIGAS E DEGRADADAS	42
FIGURA 17 - ZONA DA COLOCAÇÃO DE COLA E OBJETOS NA LINHA	44
FIGURA 18 - LOCAIS DE MEDIÇÃO DAS CADÊNCIAS	58
FIGURA 19 - PLANO DE LIMPEZA PARA AS LINHAS DE PRODUÇÃO	61
FIGURA 20 - ANTES E DEPOIS DA FICHA DE MUDANÇA DE REFERÊNCIA DE PRODUTO	63
FIGURA 21 - ANTES E DEPOIS DE TÍTULOS DOS PAINÉIS	63
FIGURA 22 – FOLHAS COM INFORMAÇÕES EM MAU ESTADO VS. SUBSTITUIÇÃO POR FOLHAS MAIS RESISTENTES	64
FIGURA 23 – POSSÍVEIS ALTERAÇÕES FUTURAS.....	64

Índice de Tabelas

TABELA 1 - CRONOGRAMA INICIALMENTE PLANEADO	4
TABELA 2 - CRONOGRAMA CONCRETIZADO	4
TABELA 3 - IDENTIFICAÇÃO DAS CAUSAS DAS PARAGENS.....	32
TABELA 4 - ANÁLISE DO TEMPO DE PARAGENS NÃO PROGRAMADAS	37
TABELA 5 - ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE GRAVIDADE DO EFEITO.....	48
TABELA 6 - ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE OCORRÊNCIA DO EFEITO	49
TABELA 7 - ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO GRAU DE DETECÇÃO DO EFEITO	49
TABELA 8 - APLICAÇÃO DO PFMEA.....	51
TABELA 9 - MELHORIAS DE PRIORIDADE MUITO ELEVADA	53
TABELA 10 - MELHORIAS DE PRIORIDADE ELEVADA	54
TABELA 11 - MELHORIAS DE PRIORIDADE INTERMÉDIA	55
TABELA 12 - MELHORIAS DE PRIORIDADE BAIXA	56
TABELA 13 - PLANO DE AÇÕES NO TEMPO.....	57
TABELA 14 - FAMÍLIAS DE PRODUTOS.....	59
TABELA 15 - AÇÕES REALIZADAS NA CONFIRMAÇÃO DAS CADÊNCIAS PRODUTIVAS.....	60
TABELA 16 - AÇÕES REALIZADAS DO PLANO DE LIMPEZA	61
TABELA 17 - AÇÕES REALIZADAS DE GESTÃO VISUAL.....	65

Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

5S - Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke

D - Detecção

DFMEA – *Design Failure Mode and Effect Analysis*

FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*

G – Gravidade

LGVs – *Laser Guided Vehicles*

NPR – Número de Prioridade de Risco

O – Ocorrência

OEE - *Overall Equipment Effectiveness*

PFMEA – *Process Failure Mode and Effect Analysis*

SMED - *Single Minute Exchange of Die*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TT – Takt Time

1. Introdução

O presente projeto realizou-se na secção de escolha e embalagem de uma empresa da região de Aveiro do setor de pavimentos e revestimentos cerâmicos. Pretende-se neste capítulo esclarecer a motivação para a realização deste projeto, os objetivos estabelecidos e os objetivos concretizados, bem como explicar a metodologia utilizada durante a sua realização.

1.1. Motivação e Contextualização

O material cerâmico faz parte do quotidiano da população, sendo um setor muito competitivo que exige elevada qualidade. A empresa onde foi realizado este projeto produz pavimentos e revestimentos cerâmicos caracterizados pela elevada resistência ao desgaste, aliada à preocupação estética. Deste modo, produzir peças de qualidade, garantindo valor acrescentado ao cliente, bem como alcançar as características do produto necessárias ao longo de todo o processo, principalmente na fase final deste, é essencial.

O setor cerâmico possui concorrentes na aplicação de pavimentos e revestimentos, tais como a madeira e pedras naturais. No entanto, o material cerâmico detém maior facilidade de limpeza e durabilidade. Por outro lado, atualmente as tecnologias utilizadas garantem também um aspeto semelhante ao dos produtos concorrentes.

As empresas têm a necessidade de eliminar desperdícios, garantir qualidade acrescida, reduzir custos e diminuir tempos de produção. Como tal, a garantia de produtos de elevada qualidade é uma preocupação contínua da empresa em estudo. Sendo a secção de seleção final das peças cerâmicas a que determina a qualidade do produto que chega ao cliente, esta empresa cerâmica pretendeu atuar na melhoria dessa secção. Note-se que este projeto foi realizado de forma individual pela autora deste documento, através de uma consultora da região de Aveiro focada na prestação de serviços a pequenas e médias empresas.

1.2. Objetivos

O projeto em causa tinha os objetivos iniciais traçados para o término deste ocorrer no mês de maio. Esses objetivos passavam por verificar os valores das cadências de produção da escolha e embalagem da empresa, com a finalidade de atualizar esses *standards* e encontrar valores do indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) mais assertivos com base em valores reais.

Assim, os objetivos a alcançar no final do projeto eram os seguintes:

1. Analisar os OEE e detetar ineficiências, bem como identificar as respetivas causas;
2. Atualizar os valores das cadências da secção de escolha e embalagem;
3. Atualizar os valores de OEE das linhas de produção dessa secção;
4. Facilitar a procura de informações nas linhas de produção;
5. Atualizar as folhas de mudança de tipologia de produto;
6. Aplicar a ferramenta 5S e criar *standard* de limpeza;
7. Aumentar a disponibilidade de produção.

No entanto, com a obrigatoriedade de terminar o levantamento de dados para o projeto no mês de março, devido a restrições consequentes da pandemia, os objetivos do projeto sofreram alterações, passando a ser estes:

1. Analisar os OEE e detetar ineficiências, bem como identificar as respetivas causas;
2. Recolher valores das cadências da secção de escolha e embalagem;
3. Facilitar a procura de informações nas linhas de produção;
4. Atualizar as folhas de mudança de tipo de produto;
5. Planear a aplicação da ferramenta de 5S.

1.3. Metodologia

A metodologia de investigação utilizada no presente projeto é baseada no estudo de caso, adequado a problemas organizacionais e criação de práticas de melhorias para os problemas detetados (Brown, George, & Mehaffey-Kultgen, 2018).

O estudo de caso é destinado a investigar os fenómenos contemporâneos no seu contexto, como também as situações humanas, uma vez que é realizado no mundo real, apresentando um elevado grau de realismo. O estudo de caso é flexível, no entanto baseia-se principalmente em fontes de evidência qualitativas, fornecendo uma descrição mais rica e profunda, bem como tem a capacidade de realizar generalizações e extrapolações do estudo de caso. Normalmente o estudo de caso tem as questões de investigação previamente definidas, os dados recolhidos são feitos de

forma planeada e baseia-se em teorias previamente estabelecidas, acrescentando ao conhecimento existente. Além disso, tem a possibilidade de utilizar várias fontes de evidência (Runeson & Höst, 2009); (Cavaye, 1996).

A aplicação de um estudo de caso tende a seguir um ciclo de cinco etapas depois de ter bem claros os objetivos e o enquadramento teórico da investigação. Começa por definir os objetivos e planear o estudo de caso, seguido da definição dos procedimentos da recolha de dados a partir de múltiplas fontes de evidência para, posteriormente, executar a recolha de dados. Por último, procede-se à análise dos dados recolhidos e executa-se um relatório (McCutcheon & Meredith, 1993).

Deste modo, inicialmente foram definidos os objetivos deste projeto, tendo sido definida a atuação no baixo rendimento das linhas de produção da secção de escolha e embalagem da empresa cerâmica e iniciada a revisão literária do projeto. Assim, ficaram claros os objetivos e o enquadramento teórico da investigação.

De seguida, para analisar o problema exposto iniciou-se o planeamento da recolha de dados durante nove dias. Existiram diversas possíveis fontes de dados, tais como, fontes documentais já existentes na empresa, observação participante, onde se registaram notas e se fizeram reflexões sobre o que se viu e ouviu, bem como medição de tempos nas linhas de produção.

Posteriormente procedeu-se à medição de tempos de paragens em cada uma das linhas, de forma a perceber quais as causas e as durações dos tempos de não produção ao longo de um turno completo, e ao cálculo de alguns indicadores durante onze dias. Com os dados recolhidos e as observações executadas, e usando algumas técnicas adequadas para o efeito, foram analisados e identificados os principais problemas, desenvolvendo-se subsequentemente o plano de ações futuras. Após a identificação dos problemas, utilizaram-se ferramentas para encontrar as causas dos mesmos. Para tal, recorreu-se a alguns diagramas, tais como o Diagrama de Causa-Efeito e o Diagrama de Pareto.

Por último, foram implementadas as ações planeadas na etapa anterior e retiraram-se conclusões para posteriormente avaliar os resultados alcançados, e identificar outras melhorias possíveis de trabalho futuro. De notar que se teve oportunidade de estar presencialmente na empresa da implementação do projeto apenas dois a três dias por semana, estando os restantes

dias na empresa consultora a analisar as informações recolhidas e a realizar o planeamento dos dias seguintes.

Assim, esperava-se iniciar o projeto no mês de outubro e terminar no mês de maio, como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1 - Cronograma inicialmente planeado

Plano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Março	Abril	Maio
Análise e observação das linhas de produção		A	A	A					
Identificação do problema e respetivas causas			B	B	B				
Implementação de melhorias nas linhas de produção					C	C	C	C	
Avaliação das ferramentas e metodologias implementadas								D	D

No entanto, devido à disponibilidade da empresa e à situação pandémica sentida a partir do mês de março, não foi possível cumprir o cronograma planeado inicialmente. Assim, o projeto teve início no mês de novembro e a parte prática deste terminou a meio do mês de março, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 - Cronograma concretizado

Plano	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Março	Abril	Maio
Análise e observação das linhas de produção			A	A					
Identificação do problema e respetivas causas				B	B				
Recolha de cadências produtivas						C	C		
Gestão visual					D	D	D		
Standard de limpeza e arrumação						E	E		
Avaliação das ferramentas e metodologias implementadas							F	F	F

1.4. Estrutura do relatório

O presente documento encontra-se estruturado em seis capítulos. Neste primeiro capítulo realiza-se uma breve contextualização do problema, define-se os objetivos do projeto e explica-se a metodologia adotada ao longo de todo o projeto.

No segundo capítulo é feita uma caracterização do problema/desafio, onde é caracterizada a empresa onde se realizou o projeto, é explicado o processo produtivo da empresa em geral, bem como da secção onde se desenvolveu o projeto.

No terceiro capítulo é apresentado o enquadramento teórico que sustenta todas as temáticas e metodologias abordadas ao longo do documento, bem como as ferramentas utilizadas.

No quarto capítulo é apresentada a situação encontrada na secção da empresa onde se desenvolveu o projeto e são explicadas as técnicas utilizadas para realizar a análise.

O quinto capítulo é dedicado ao planeamento e apresentação de melhorias para os problemas detetados e à priorização destas. Além disso, são explicadas as melhorias implementadas e os inconvenientes encontrados ao longo das suas aplicações.

Por último, no sexto capítulo são descritas as conclusões do projeto, bem como os desafios e limitações sentidos ao longo do projeto e as perspetivas de trabalho futuro.

2. Caracterização do problema/ Desafio

A empresa onde se realizou o projeto pertence a um grupo europeu, constituído por um total de cinco marcas. No presente capítulo será explicada a estrutura da empresa, as suas características e o seu processo produtivo, além de ser apresentado o problema encontrado que resulta na seleção da secção da empresa onde se realizou o projeto.

2.1. A empresa

A empresa em estudo foi a primeira unidade industrial do grupo a surgir em Portugal, tendo surgido mais tarde outra marca cerâmica no grupo numa nova unidade industrial. Embora ambas as empresas portuguesas produzam material cerâmico, a finalidade das peças cerâmicas e o material cerâmico trabalhado não são os mesmos.

A empresa em estudo produz pavimentos e revestimentos apenas em grés porcelânico, caracterizados pelas soluções apresentadas tanto para espaços públicos como para espaços privados. O que torna este produto diferente é a sua capacidade de possuir elevada qualidade e resistência ao desgaste, tendo sempre em conta a preocupação com a estética, tão importante nos dias contemporâneos. Portanto, apresenta soluções mais técnicas para espaços de alto tráfego, como aeroportos e centros comerciais, como também para espaços interiores e exteriores residenciais.

A dimensão da empresa não justifica a existência de vários departamentos, logo a liderança de cada secção da unidade industrial baseia-se nos representantes de cada uma, existindo um grupo pequeno de engenheiros encarregue dos problemas mais complexos. A direção da unidade industrial é, assim, muito próxima do chão de fábrica.

Através do processo produtivo explicado no próximo ponto é possível produzir uma gama completa de produtos de grés porcelânico natural. O produto pode ter um resultado polido, amaciado, natural retificado ou espessurado e conter decorações distintas, capaz de ser semelhante a diversos outros tipos de materiais, como o mármore ou a madeira.

Com capacidade de produzir cerca de 8000 m² diários de produto, a empresa realiza peças cerâmicas com os formatos 20x90 cm, 30x30 cm, 30x60 cm, 45x45 cm, 45x90 cm, 60x60 cm, 60x120 cm e 90x90 cm nas mais variadas texturas.

2.2. Processo Produtivo

Durante o processo produtivo o produto passa por diversas secções. Como ilustrado na Figura 1, a empresa tem capacidade para produzir pavimentos e revestimentos cerâmicos desde a chegada das matérias-primas até à expedição do produto acabado. Para tal, após a receção das matérias-primas, estas formam barbotinas com os corantes necessários, que serão misturadas e bombeadas para tanques de alimentação do atomizador, de onde resultará o pó cerâmico.

De seguida, a empresa possui quatro linhas de produção para as operações de conformação, secagem e decoração/vidragem. A conformação é efetuada em prensas hidráulicas de grande capacidade, onde a peça adquire a sua forma e parte das características mecânicas superficiais. Daqui as peças passam pela operação de secagem e posterior decoração e ficam num parque de *stock* intermédio até serem descarregadas para os fornos de rolos.

Se necessário, o produto sofre o processo de polimento e/ou retificação para adquirir as formas e acabamentos desejados. Da secção de polimento o produto segue para a zona de escolha e embalagem, constituída por três linhas de produção, de onde segue para expedição. Esta empresa não realiza distribuição direta para clientes, logo todos os produtos acabados seguem para a outra unidade industrial encarregue desta tarefa.

2.3. Escolha da secção de atuação do projeto de melhoria

Uma vez que a empresa foi a primeira unidade fabril a surgir no grupo em Portugal, alguns equipamentos são antigos, algo que está a ser gradualmente modificado. Este avanço tecnológico tem sido transversal a todas as áreas da empresa, mas com o aumento da exigência do mercado, a secção de escolha e embalagem tem sofrido alterações com o objetivo de melhorar a capacidade de efetuar a atividade de escolha com maior precisão, levando a uma carência de aptidões por parte dos trabalhadores.

Por outro lado, nos últimos meses do ano 2019 a outra unidade fabril do grupo português necessitou de recorrer ao processo de polimento e retificação da empresa em estudo, fazendo com que o número de peças verificadas na secção de escolha e embalagem aumentasse. Assim sendo, o número de turnos aumentou e foram contratados novos trabalhadores. Estas particularidades e mudanças resultam numa maior desorganização na zona de escolha e embalagem, bem como num número maior de paragens dos equipamentos, o que não facilita a produção contínua.

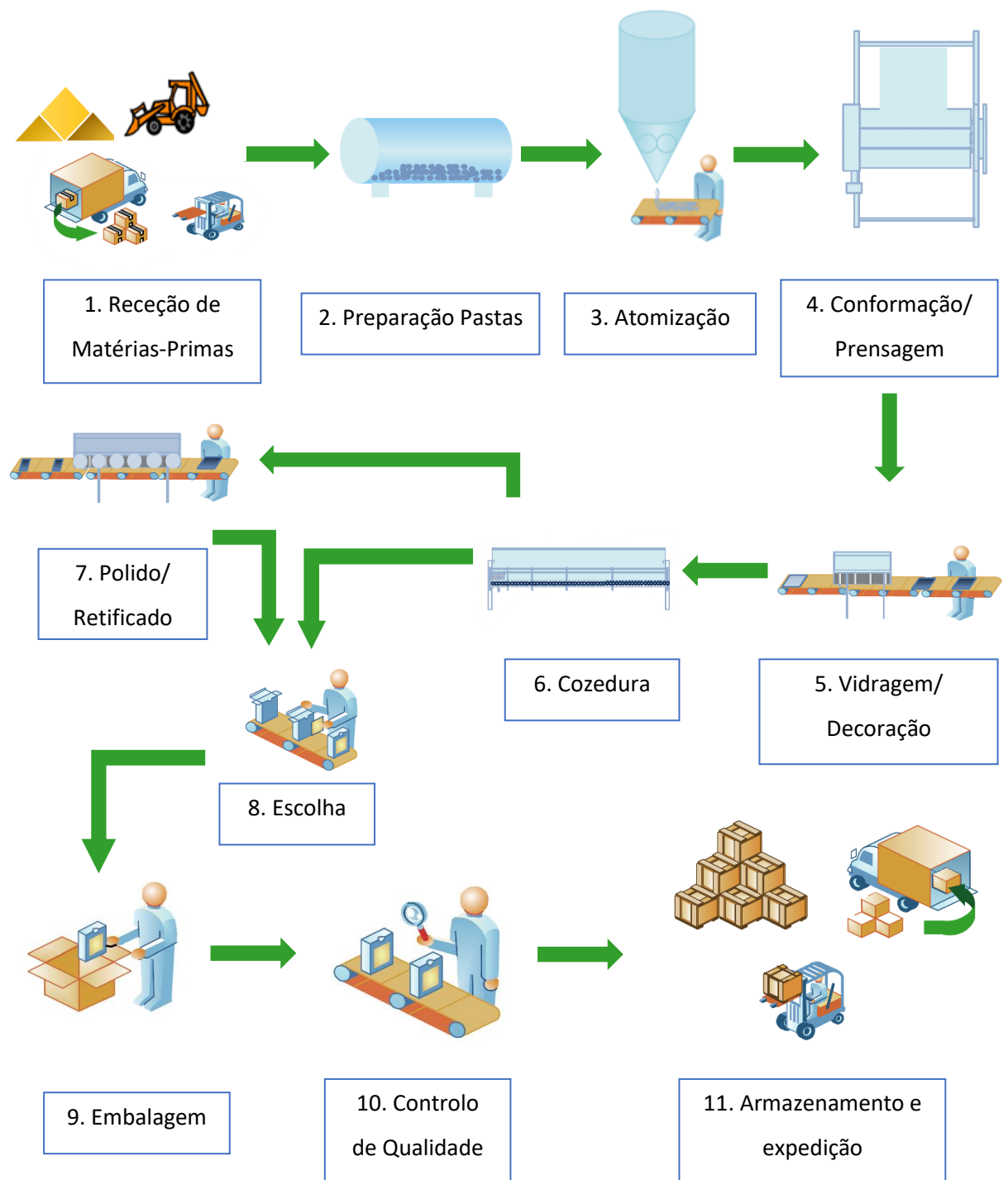


Figura 1 - Processo produtivo da empresa

Posto isto, a empresa sentiu a necessidade de tomar medidas de melhorias na secção de escolha e embalagem da fábrica para aumentar o tempo de produção face ao tempo de disponibilidade da linha, sendo esta proposta a realização do projeto em causa nesta secção da empresa.

2.4. Secção de escolha e embalagem

Como referido no ponto 2.2, após as peças cerâmicas terem sido retificadas e polidas seguem para a secção de escolha e embalagem. Esta secção é constituída por três linhas de produção que têm o objetivo de dividir as peças por lotes de primeira escolha (sem defeitos), comercial (com pequenos defeitos), terceira escolha (com defeitos significativos) e caco (não aproveitável para o cliente), seguindo depois para expedição devidamente embaladas. Cada uma das linhas produtivas possui um alimentador, que garante a entrada das peças cerâmicas na linha, uma zona de escolha e classificação das peças pelos defeitos visuais e dimensionais, seguida de um agrupamento intermédio na linha onde as peças são agrupadas em lotes, um embalador e respetivo agrupador de volume de caixas e, por último, uma zona de paletização.

Os defeitos visuais podem ser avaliados de forma automática ou manual. No primeiro caso recorre-se à *Qualitron*, que no caso de ser bem calibrada consegue escolher eficazmente. Este equipamento está presente em apenas duas das linhas de produção. No caso de não se recorrer à escolha manual, esta é feita por um operador com essa função. Neste caso, em duas das linhas o operador recorre a uma caneta de tinta fluorescente e marca as peças à medida que vão passando de acordo com o grau de defeitos encontrados, sendo a tinta posteriormente lida na fotocélula para dividir nos lotes específicos. Na outra linha, aquando do passar das peças, o operador com essa função possui um conjunto de botões para as classificar para mais à frente na linha ocorrer a divisão.

No caso dos defeitos dimensionais, de calibres e de planaridade, são avaliados por equipamentos automáticos instalados nas linhas – calibrador e planar – que fazem a sua desclassificação caso o material não esteja conforme, enquanto separam o material por calibres.

Em relação à embalagem, esta é feita automaticamente em caixas de cartão. Uma das três linhas de escolha e embalagem utiliza um rolo de cartão branco para a embalagem, sendo as caixas feitas automaticamente consoante o tamanho do produto, bem como são impressas as características respetivas das peças dessa caixa. As restantes duas linhas utilizam caixas de cartão

previamente feitas por uma empresa externa. As caixas são de seguida empilhadas automaticamente em paletes de madeira, protegidas com cintas plásticas e, por fim, são transportadas por LGVs (*Laser Guided Vehicles*) para a câmara de ar quente, onde são plastificadas, de onde seguem para expedição.

Depois de apresentado o problema exposto pela empresa do projeto, bem como a secção onde este se realizou, o próximo capítulo expõe a revisão da literatura. Desta forma, adquiriu-se um conjunto de ferramentas e uma base teórica consolidada para um melhor desenvolvimento do projeto prático.

3. Revisão da literatura

Neste capítulo é apresentado o enquadramento teórico que suporta todas as ferramentas e temáticas abordadas ao longo deste documento. Assim, depois de uma breve introdução ao *Lean Manufacturing*, são explicadas, neste primeiro tópico, algumas ferramentas e conceitos úteis ao longo do projeto. Inicialmente é explicado o SMED, utilizado para o auxílio na mudança de *setups*, a ferramenta 5S como uma ferramenta útil na eliminação de desperdício na zona de trabalho, a Gestão visual que tem como objetivo facilitar a disponibilização de informação e envolver todos os trabalhadores, bem como é apresentada a ferramenta TPM com foco nas avarias e paragens de produção devido a manutenção. Adicionalmente, este tópico apresenta alguns conceitos importantes para o projeto, como *Takt Time*, *Standardized Work* e Estudo de tempos. De seguida, no segundo tópico, é apresentado o conceito Máquina-Tampão e no terceiro tópico os diagramas utilizados para analisar as causas raiz dos problemas – Diagrama de Causa e Efeito e o Diagrama de Pareto. Por último, o quarto tópico é dedicado ao FMEA, utilizado na priorização de problemas empresariais.

3.1. *Lean Manufacturing*

O conceito *Lean* ficou conhecido em (1990) através dos autores Womack, Jones e Ross, depois de publicarem o livro “*The Machine That Changed the World*”. A criação de um “negócio robusto e bem sucedido” é conseguida através da eliminação do desperdício, mas, principalmente, através da criação de valor para esse negócio (Bhasin, 2011). Para alcançar estas características, o *Lean* tem de ser assumido como uma ideologia e uma filosofia. De acordo com Ohno (1988), numa organização podem surgir sete desperdícios que devem ser eliminados, tais como, Sobreprodução, Espera, Transporte, Sobre processamento, *Stock*, Movimentação e Defeitos. Além destes, também foi identificado recentemente um outro desperdício importante, o Talento Não-Utilizado (Hicks, 2007).

Para tentar alcançar uma produção otimizada existem elementos essenciais, tais como, reduzir os inventários e os desperdícios, desenvolvimento de programas de qualidade e melhoria, bem como reduzir o tempo de preparação das máquinas (Pinto, Matias, Pimentel, Azevedo, & Govindan, 2018). Adicionalmente, os cinco princípios do pensamento *Lean* são considerados por Hicks (2007) uma melhoria de muitas organizações de produção e a base da implementação desta filosofia. Estes princípios são: (1) especificar valor, (2) identificar fluxos de valor, (3) fluxo contínuo, (4) produção

puxada, e (5) buscar a perfeição (J. P. Womack & Jones, 1997). A filosofia *Lean* deve ser vista pelos trabalhadores como uma melhoria no local e ambiente de trabalho e requer mudança de atitudes por parte dos gestores e dos colaboradores (Bamber & Dale, 2010). Desta forma, as ferramentas *Lean* são vistas como mecanismos para encontrar problemas em vez de soluções e devem estar presentes em toda a cadeia de valor (Bhasin, 2011).

3.1.1. Single Minute Exchange of Die – SMED

Single Minute Exchange of Die (SMED) é uma ferramenta que melhora e padroniza a organização de mudança de *setups*, inícios de produção ou ajustes durante a produção. Para tal, a ferramenta SMED pretende reduzir estes tempos de paragens (Chiarini, 2014). A utilidade mais conhecida da aplicação do SMED é na mudança de referência de produtos, atuando desde a produção da última peça válida da série anterior até à produção da primeira peça válida da série seguinte.

Segundo Das, Venkatadri e Pandey (2014), a aplicação do SMED deve ser implementada em quatro fases. Numa primeira fase deve-se observar e analisar todo o processo de mudança de referência, podendo ser através de gravação de vídeo para posteriormente dividir o *setup* em pequenos elementos, de forma a facilitar a análise. Numa segunda fase, separam-se as atividades externas e internas, sendo as atividades externas aquelas que se executam com a máquina em funcionamento e as atividades internas as que se executam com a máquina parada (Sundar, Balaji, & Satheesh Kumar, 2014). Posteriormente, numa terceira fase, converte-se o máximo de atividades internas possíveis em atividades externas, e as atividades internas que restarem são simplificadas. Por último, numa quarta fase, define-se e documenta-se todo o novo processo de mudança de referência, dando oportunidade a melhorias futuras.

Assim, através de uma implementação correta do SMED é possível aumentar a flexibilidade, ter entregas mais rápidas, elevada qualidade e eficiência acrescida (Pinto et al., 2018). Adicionalmente, um dos benefícios desta ferramenta é a padronização gerada, afetando o custo, a energia, a facilidade de *layout*, a segurança, a qualidade, bem como a manutenção (Sundar et al., 2014).

3.1.2. Ferramenta 5S

Outra ferramenta muito utilizada no *Lean* é os 5S's. Focada na organização, limpeza e segurança eficaz do local de trabalho e nos procedimentos de trabalho padronizados, esta ferramenta elimina

desperdício e melhora o controlo visual do espaço de trabalho (Sundar et al., 2014). O termo 5S deriva das palavras japonesas Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke, que significam, respetivamente, separar, organizar, limpar, normalizar e sustentar (Das et al., 2014).

No primeiro passo, separar, elimina-se todos os materiais, ferramentas e equipamentos que não são necessários nem úteis no local de trabalho. Como resultado obtém-se mais espaço, melhor fluxo de produtos e melhora-se a comunicação.

O segundo passo, organizar, consiste em colocar tudo no local certo de forma a estar mais acessível e simplificado para o colaborador. O objetivo é diminuir as deslocações desnecessárias e contribuir para eliminar desperdícios, poupando tempo e energia (Pinto et al., 2018).

De seguida, o terceiro passo é limpar. Este processo é importante, não só para realizar a limpeza do espaço de trabalho aquando da implementação da ferramenta, como também para criar calendários e *standards* para que cada colaborador contribua para o bom ambiente operacional com tarefas previamente estabelecidas. Assim, é possível reduzir os defeitos, bem como tempos de paragem.

O quarto passo, normalizar, implica estabelecer todas as regras necessárias para que o que se implementou anteriormente seja continuamente respeitado. Deste modo, é importante criar um *standard* dos processos anteriores e garantir que não se volta ao estado inicial.

Por último, o quinto passo da ferramenta 5S é sustentar. O objetivo desta etapa é tornar as tarefas criadas como um hábito, realizando auditorias frequentes nas áreas de implementação ou outros métodos, para intensificar a melhoria contínua, formar os colaboradores para as novas práticas e motivá-los a respeitar as novas regras (Das et al., 2014).

3.1.3. Gestão Visual

Os gestores de uma organização procuram sempre encontrar formas de aumentar a motivação e produtividade dos colaboradores para alcançar os resultados pretendidos. A filosofia *Lean* apresenta algumas ferramentas visuais simples e claras capazes de atuar nesses aspetos (Parry & Turner, 2006). Eaidgah Torghabehi, Maki, Kurczewski, & Abdekhodae (2016), referem-se à Gestão Visual como a forma de disponibilizar visualmente requisitos e dados, aumentando a eficácia e eficiência do fluxo de informação. Assim, o objetivo da Gestão Visual é qualquer pessoa estar

envolvida e ser capaz de observar e compreender rapidamente o ponto de situação do processo a qualquer momento e os aspetos deste (B. A. Tezel, Koskela, & Tzortzopoulos, 2009).

As ferramentas utilizadas na Gestão Visual vão além de indicadores visuais expostos para os colaboradores, podendo ser também sinais visuais, controlos visuais ou garantias visuais, que podem ser implementados individualmente ou em combinação (A. Tezel & Aziz, 2017):

1. Indicadores Visuais mostram apenas informações (por exemplo: sinais de segurança ou sinais de trânsito);
2. Sinais Visuais sinalizam e chamam a atenção para a ação (por exemplo: semáforos);
3. Controlos Visuais limitam e orientam os processos (por exemplo: faixas de estacionamento);
4. Garantias Visuais – *poka-yokes* – garantem o resultado desejado dos processos, alertando ou impedindo a ocorrência de erros através de limitações físicas ou eletromecânicas (por exemplo: faixas de rodagem).

Com recurso à combinação destas quatro ferramentas de Gestão Visual, consegue-se um espaço visual compreensível por vários níveis de gestão. Além disso, para garantir um local de trabalho visual, muitas vezes começa-se por aplicar uma ferramenta capaz de estruturar o local de trabalho e manter essas alterações no tempo – ferramenta 5S, explicada em 3.1.2.

A Gestão Visual apresenta benefícios, tais como transparência do processo, dos problemas existentes e das máquinas-tampão (ver ponto 3.2), transferência de autonomia para os operadores e foco na melhoria contínua (Parry & Turner, 2006). Adicionalmente, B. A. Tezel et al., (2009) também descreve oito funções da Gestão Visual nas empresas:

1. **Transparência** – Ao alcançar fluxos de processos visíveis e compreensíveis do início ao fim, a Gestão Visual consegue uma maior capacidade de comunicação entre as pessoas. É importante a utilização de esquemas e símbolos simples e claros;
2. **Disciplina** – A Gestão Visual converte procedimentos corretos em rotinas habituais para todos. Aquando da chegada de um novo colaborador pretende-se que este consiga, intuitiva e independentemente, perceber quais as práticas desejadas pela equipa;
3. **Melhoria Contínua** – Os trabalhadores são progressivamente capazes de estarem envolvidos na gestão e desenvolvimento de melhorias de qualidade. A Gestão Visual

auxilia na busca de problemas, comunicação de sugestões, aplicação de técnicas, comunicação do processo de resolução e resultados subjacentes, bem como quais são as pessoas envolvidas nesse processo;

4. **Facilitação do trabalho** – A Gestão Visual tenta, de forma consciente, aliviar física e/ou emocionalmente os esforços dos colaboradores com as tarefas rotineiras através dos auxílios visuais. Pretende-se reduzir a quantidade de informação memorizada necessária para algumas tarefas;
5. **Formação no local de trabalho** – A informação detalhada no local de trabalho permite a formação nesse mesmo local, tornando a aprendizagem mais eficaz e através da experiência, com o auxílio dos colegas de trabalho;
6. **Criação de propriedade partilhada** – Ao criar e delinear espaços e equipas de trabalho, a Gestão Visual estimula a sensação de posse e ligação ao espaço ou materiais;
7. **Gestão através de factos** – Mostrar a situação organizacional atual e real para as pessoas relevantes através do fluxo de informação da empresa é importante para eliminar monopólios de informação para diferentes níveis. Assim, cada pessoa tem as suas responsabilidades e lida com as suas próprias realidades;
8. **Simplificação** – A Gestão Visual apresenta a informação relevante no local imperativo de trabalho. Desta forma, esta ferramenta de gestão de informação cria um fluxo desta, a partir do qual cada trabalhador extrai aquilo que é relevante para a sua função;
9. **Unificação** – A comunicação entre níveis de trabalho e de gestão é mais intuitiva. A Gestão Visual ajuda, assim, a reduzir as fronteiras de comunicação e os efeitos prejudiciais resultantes.

Por último, as ações tornam-se mais transparentes e a responsabilidade sentida pelos trabalhadores é acrescida, através da disponibilização de métricas, objetivos e desempenhos alcançados de uma forma mais compreensível. Assim, se estas medidas forem seguidas de forma consistente, é possível definir direções e orientar as ações para a clarificação o que é uma condição normal ou não do funcionamento de um sistema de produção (Murata & Katayama, 2010).

3.1.4. Total Productive Maintenance – TPM

A condição dos equipamentos afeta a qualidade dos produtos produzidos (Gouiaa-Mtibaa, Dellagi, Achour, & Erray, 2018). Assim, os produtos produzidos terão menor qualidade ou serão não-conformes, levando à falha do equipamento. Conclui-se que existe uma ligação direta entre o

número de falhas por parte dos equipamentos e a diminuição do nível de qualidade do produto a ser produzido.

A manutenção dos equipamentos de produção divide-se em manutenção corretiva, programada e preventiva (Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005). Quando são programadas atividades de manutenção preventiva, o custo adicional de manutenção resulta no menor custo em relação ao controlo de qualidade, o que muitas vezes significa um custo geral mais baixo (Ben-Daya, 1999). Além disso, as atividades de manutenção devem ser aplicadas para alcançar o mínimo de paragens dos equipamentos e respetivas linhas de produção.

Uma das ferramentas utilizadas pela filosofia *Lean* para atuar na manutenção é o *Total Productive Maintenance* (TPM), com o objetivo de otimizar o processo de manutenção. De acordo com Chan et al., (2005), o TPM pode aumentar a disponibilidade dos equipamentos através do aumento da eficiência produtiva. Guariente, Antonioli, Ferreira, Pereira, & Silva, (2017) também acreditam que o TPM otimiza o processo de produção reduzindo o tempo inativo dos equipamentos. Quando bem implementado, é possível alcançar uma redução de desperdício e a produtividade superior da empresa. Assim, o TPM surge como uma relação entre todos os departamentos organizacionais (Chan et al., 2005), assim como incentiva a comunicação entre todos os membros da organização, desde a administração, equipa de manutenção, até aos fornecedores externos (Ahuja & Khamba, 2008).

Os autores Ahuja & Khamba (2008) destacam 8 pilares ou atividades do TPM: Manutenção Autónoma; Manutenção Focada; Manutenção Planeada; Manutenção da Qualidade; Formação e Treino; Segurança, Saúde e Meio Ambiente; TPM Administrativo; e Gestão do Desenvolvimento.

Falhas e defeitos são os problemas normalmente apresentados durante o uso de um equipamento. Para prevenir esses problemas, a limpeza, lubrificação e inspeção devem fazer parte das atividades de rotina da manutenção (Chan et al., 2005). Os operadores representam uma parte importante destas operações, uma vez que devem preservar o equipamento e realizar manutenções autónomas que incluem (Guariente et al., 2017) ações de limpeza, inspeção de equipamentos, organização da linha de produção e normalização destas atividades. Desta forma, é possível reduzir os problemas normalmente apresentados devido a avarias e paragens dos equipamentos.

3.1.5. Overall Equipment Effectiveness – OEE

O desempenho de um processo produtivo é medido através do indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Batumalay & Santhapparaj, 2009). Com recurso a esta métrica quantitativa é possível priorizar as ineficiências e intervir nas mais críticas, além de que fornece informação tanto para os cargos de gestão como para os operadores, dadas as suas características simples e abrangentes. Deste modo, permite incentivar o foco permanente em obter desperdício zero (Candra, Susilawati, Herisiswanto, & Setiady, 2017). Para Nakajima (1988), a mediação do indicador OEE é importante para a eficiência de uma máquina, equipamento ou sistema de fabrico integrado. Além disso, para obter o mínimo desperdício, os equipamentos teriam de trabalhar a 100% da sua capacidade 100% do tempo planeado de produção (Chan et al., 2005).

Para o cálculo da eficiência o OEE mede o valor efetivo dos equipamentos segundo três parcelas: disponibilidade, eficiência do desempenho e capacidade dos equipamentos de fabricar produtos de qualidade (Candra et al., 2017). Segundo Hedman, Subramaniyan, & Almström (2016) pode ser também definido como o rácio entre o tempo de produção de produtos com qualidade e o tempo de produção planeado total.

Posto isto, o OEE é calculado através da seguinte expressão (Ahuja & Khamba, 2008):

$$OEE = Disponibilidade \times Eficiência \text{ de desempenho} \times Taxa \text{ de qualidade} \quad (1)$$

A disponibilidade corresponde à relação do tempo de produção planeada subtraindo o tempo de inatividade no tempo de produção planeada.

$$Disponibilidade = \frac{Tempo \text{ planeado} - Tempo \text{ de paragens}}{Tempo \text{ planeado}} \times 100 \quad (2)$$

A eficiência de desempenho corresponde ao tempo de ciclo ideal multiplicado pelo número de produtos concluídos durante o tempo de fabrico real.

$$Eficiência \text{ de desempenho} = \frac{Quantidade \text{ produzida} \times tempo \text{ de ciclo}}{Tempo \text{ de operação}} \times 100 \quad (3)$$

Onde o tempo de operação corresponde ao tempo real de produção, ou seja, tempo planejado subtraindo o tempo de paragens.

A taxa de qualidade é a proporção entre produtos com qualidade para seguirem para o cliente e a quantidade de produtos fabricados.

$$Taxa\ de\ qualidade = \frac{Quantidade\ produzida - Quantidade\ com\ defeitos}{Quantidade\ produzida} \times 100 \quad (4)$$

Onde a quantidade com defeitos refere-se ao número de itens rejeitados por apresentarem defeitos de qualidade e requererem retrabalho ou tornarem-se inutilizáveis.

Estes fatores são influenciados por seis perdas que se pretendem eliminar, divididas em três categorias (De Ron & Rooda, 2006):

Perdas de tempo

1. Falhas no equipamento causadas por avarias e perdas de quantidade causadas por produtos com defeito;
2. Perdas nas mudanças de produto e ajustamentos resultantes em paragens entre o produto que estava a ser produzido e o início da produção do seguinte;

Perdas de velocidade

1. Perdas por pequenas paragens que ocorrem quando o equipamento sofre uma paragem momentânea devido a problemas, ou quando um equipamento se apresenta inativo;
2. Perdas por velocidade reduzidas ocorrem quando o equipamento trabalha a um ritmo menor do que o planejado;

Perdas de qualidade

1. Perdas no rendimento do arranque dos equipamentos, ou seja, perdas ocorridas aquando do arranque inicial de produção;

2. Produtos com defeito e retrabalho são perdas causadas pela produção de defeitos e o tempo e dinheiro despendidos no retrabalho dos defeitos realizados.

As perdas temporais determinam a parcela disponibilidade para o cálculo do OEE dos equipamentos, as perdas de velocidade determinam a eficiência de desempenho dos equipamentos e, por último, as perdas de qualidade determinam a taxa de qualidade, uma vez que quanto maior o número de defeitos produzidos, menor a taxa de qualidade.

3.1.6. Takt Time

Takt Time (TT) é a medida do ritmo da procura do cliente, determinando o tempo de produção desejado de uma unidade de produção, ou seja, o ritmo de produção da empresa (Pinto et al., 2018), desencadeando a produção e o movimento de materiais (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

Deste modo, o TT pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$TT = \frac{\text{Tempo de produção} - \text{Paragens planeadas}}{\text{Procura do cliente}} \quad (5)$$

Assim, se a procura do cliente aumenta, o TT diminui, e se a procura do cliente diminui, o valor do TT aumenta. Isto significa que controlar o valor desta medida influencia custos e fatores de ineficiência, tais como tempo de armazenamento de produto, compra prematura de matérias primas ou recuperação de produtos acabados (Sundar et al., 2014).

3.1.7. Standardized Work

Standardized work é a base para a melhoria contínua de um processo produtivo e, tal como as várias ferramentas *Lean*, tem como objetivo aumentar a o desempenho do trabalho do operador e minimizar os desperdícios (Sundar et al., 2014). É uma ferramenta importante para criar a base da evolução, uma vez que representa a forma mais correta de realizar uma tarefa num período específico, através da criação de processos de operacionalização *standard* resultantes da aplicação de ferramentas de análise. Assim, é necessário procurar melhorar o *standard* encontrado e formar os operadores, uma vez que é uma ferramenta que deve ser realizada para os operadores, mas também com os operadores (Pinto et al., 2018).

Desta forma, tendo em conta a saúde, segurança, qualidade, ergonomia e precisão do trabalho realizado, deve-se especificar qual a forma conhecida mais correta para realizar determinada operação, tendo em conta os seguintes elementos: trabalhador, máquina e material (Pinto et al., 2018). Assim pretende-se manter um alto nível de produtividade, qualidade e segurança de uma tarefa operacional, conseguindo reduzir a variabilidade, melhorar a flexibilidade, visualizar mais facilmente anomalias, criar expectativas claras, bem como criar uma plataforma de formação (Pereira et al., 2016).

Por último, com equipamentos fiáveis, tarefas repetitivas e com produção com poucos defeitos, é possível aplicar *standard* nas tarefas de uma secção produtiva (Pinto et al., 2018). É também possível reorganizar as tarefas operacionais de acordo com o *Takt Time* desejado e identificar desperdícios como os tempos de espera, sobrecarga de trabalho ou *Work in Process* (Sundar et al., 2014).

3.1.8. Estudo de tempos

O estudo de tempos é uma das ferramentas apresentadas pelo *Lean* para analisar um processo produtivo. Através do estudo de tempos é possível perceber melhor qual a realidade do processo, perceber com mais pormenor as tarefas mais importantes, bem como as que não acrescentam valor ao processo. Pode-se analisar um processo produtivo através da medição de tempos de inatividade, tempos de uma tarefa ou conjunto de tarefas, entre outros.

Assim, depois de identificar o que faz mais sentido analisar inicia-se o processo de registar os tempos que forneçam um conhecimento mais detalhado sobre as causas do problema. A escolha do tamanho da amostra das medições, do operador em causa ou da fase do turno são fatores influenciadores, sendo importante seleccionar os fatores que representam o padrão pretendido. A fase de análise dos dados registados é a seguinte, onde se pretende encontrar o padrão explicativo (Pinto et al., 2018).

3.2. Máquina-Tampão

Numa linha de produção em série, isto é, sistemas com máquinas consecutivas, é importante identificar a máquina que prejudica o desempenho da linha (Kuo, Lim, & Meerkov, 1996). Essa máquina é considerada a máquina-tampão, pois afeta o desempenho das outras máquinas e impede o desempenho do sistema de forma acentuada. Embora existam diversas

definições, uma máquina-tampão pode ser identificada por duas principais definições: 1 - a máquina com menor taxa de produção quando isolada, ou 2 - a máquina com maior inventário imediatamente precedente à mesma.

Tendo em conta que a taxa de produção corresponde ao número médio de peças produzidas por uma máquina por tempo de ciclo, Chiang, Kuo, & Meerkov (1998) defendem que é também importante ter em conta o impacto de cada máquina na taxa de produção do sistema. Assim, segundo (Li, 2018) a máquina-tampão é aquela que tem maior impacto no desempenho do sistema produtivo como um todo.

3.3. Análise de causas raiz

A análise de causas raiz tem o objetivo de identificar a causa real de um problema e as ações necessárias para combater esse problema. Para concretizar esse objetivo recorre-se a um conjunto de ferramentas que podem ser utilizadas combinada ou isoladamente.

De forma geral, para encontrar a resolução de um problema recorre-se às seguintes etapas (Andersen & Fagerhaug, 2006):

1. Perceber e reconhecer a existência de um problema;
2. Discutir as possíveis causas do problema;
3. Recolher dados referentes a essas causas;
4. Analisar os dados recolhidos;
5. Identificar as causas raiz;
6. Eliminar o problema;
7. Implementar a solução.

3.3.1. Diagrama Causa e Efeito

O Diagrama de Causa e Efeito, também conhecido como Diagrama de Ishikawa ou Diagrama de Espinha de Peixe, como o nome indica, pretende encontrar as causas de um problema, categorizando-as em fatores que poderão contribuir para o problema. Quando terminado, auxilia na definição da resolução do problema. Assim, permite gerar novas ideias de uma forma mais balanceada (Al-Zwainy & Mezher, 2018).

3.3.2. Diagrama Pareto

O Diagrama de Pareto tem foco na identificação das áreas problemáticas com maior impacto na empresa. Esta ferramenta verifica que alguns fatores geralmente contribuem para uma grande porcentagem dos casos em causa, desta forma consegue-se atuar nas causas mais importantes que trazem maiores benefícios (Al-Zwainy & Mezher, 2018).

3.4. *Failure Mode and Effect Analysis – FMEA*

O *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) é utilizado em vários tipos de indústrias na seleção de projetos e priorização de áreas problemáticas das empresas. Os objetivos da sua utilização são encontrar os potenciais modos de falha e as suas causas, especificar as prioridades de cada uma dessas falhas, avaliar os riscos que essas falhas têm para o cliente, bem como definir medidas para medir a redução dos riscos de cada uma das falhas detetadas (John, Meran, Roenpage, & Staudter, 2009).

Além do FMEA poder ser utilizado em todas as fases do ciclo de vida do produto (Somsuk & Pongpanich, 2008), este pode ser utilizado na fase de projeto de um novo sistema ou produto, designando-se *Design Failure Mode and Effect Analysis* (DFMEA), como também no processo de fabrico do produto, designando-se *Process Failure Mode and Effect Analysis* (PFMEA) (Pantazopoulos & Tsinopoulos, 2005).

Para determinar a prioridade de um modo de falha recorre-se ao cálculo do Número de Prioridade de Risco (NPR), que é definido pelo produto da ocorrência ou frequência do modo de falha (O), a gravidade do modo de falha (G) e a probabilidade de deteção das causas do mesmo (D), como demonstra a seguinte expressão (Chin, Wang, Ka, Poon, & Yang, 2009):

$$NPR = O \times G \times D \quad (6)$$

Cada um dos fatores da expressão é representado numa escala de 1 a 10, sendo a pontuação mais baixa a que representa menos importância e a pontuação mais alta a que representa maior urgência em ser resolvida (Arabian-Hoseynabadi, Oraee, & Tavner, 2010). Com base no valor do NPR decide-se quais as ações de melhoria a implementar de modo a diminuir esse valor (Lolli, Ishizaka, Gamberini, Rimini, & Messori, 2015).

Para aplicar o FMEA inicialmente identifica-se qual o processo a atuar para, de seguida, listar quais os potenciais ou conhecidos problemas desse processo. Quando se identificam os problemas, passa-se à classificação segundo cada uma das métricas (ocorrência, gravidade e deteção) para calcular o valor do NPR. Por último, desenvolve-se primeiro as ações necessárias que reduzem o risco dos modos de falha mais graves. Deste modo, é possível concentrar energia e recursos de prevenção, monitorização e planeamento nas áreas que trazem maiores retornos (Somsuk & Pongpanich, 2008).

Em suma, o FMEA facilita a identificação e eliminação de problemas conhecidos e evita os potenciais problemas de chegarem ao cliente, quer sejam modos de falha no sistema, no *design*, ou no processo e serviço (Chin et al., 2009). Quanto maior for o valor no NPR, maior a gravidade do risco de ocorrer a falha e maior a urgência de resolver esse problema e evitar que volte a ocorrer (Almannai, Greenough, & Kay, 2008).

O presente capítulo facilita a compreensão de todo o desenvolvimento do projeto prático, relacionando o conhecimento teórico com as ferramentas e termos necessários ao longo do projeto. O capítulo seguinte, o Capítulo 4, demonstra a situação encontrada na empresa aquando do início do projeto, bem como os problemas detetados na secção de escolha e embalagem.

4. Análise da situação inicial

O presente capítulo destina-se a apresentar a situação encontrada na secção de escolha e embalagem aquando do início do projeto. Para tal, para cada uma das linhas de produção será apresentada a relação do tempo de produção efetivo com o tempo de paragens não programadas face ao tempo disponível de produção no ano 2019. Além disso, também serão apresentados os valores dos OEE calculados para cada uma das linhas de produção e, com base na análise realizada por medição de tempos, serão indicados os principais problemas encontrados durante esse período.

4.1. Tempo de produção vs. Tempo de paragens não programadas

O tipo de produto desta empresa, pavimentos e revestimentos, apresenta uma procura elevada, pelo que garantir qualidade acrescida nas peças é crucial para a empresa destacar-se face à concorrência. A secção de escolha e embalagem da empresa tem a função de garantir que o produto é embalado e devidamente identificado dentro de cada uma das categorias já mencionadas em 2.4: primeira escolha, comercial, terceira escolha e caco. Deste modo, esta secção não tem influência direta nos fatores críticos que garantem a qualidade do produto, uma vez que não realiza qualquer alteração neste. No entanto, sendo a última etapa do processo produtivo, tem um papel importante no tempo de produção total do produto e na cadência de saída do produto para os clientes. Nas Figuras 2, 3 e 4 está representada a relação do tempo de produção efetivo face ao tempo de paragens não programadas de cada uma das linhas de produção da escolha e embalagem no ano 2019.

Ao analisar cada um dos gráficos, concluiu-se que o valor da percentagem de paragens não programadas é elevado em todas as linhas da secção de escolha e embalagem, correspondendo a uma média de 36,7%. Estes valores correspondem ao tempo de paragem que a linha de produção esteve parada por motivos variados sem causa identificada, ou seja, não inclui os valores de paragens previstas e programadas, como *setups* ou pausas de trabalho calendarizadas. Este tempo de paragem não programada pode ocorrer devido às máquinas, como também devido à mão de obra e ao conhecimento presente nestas linhas de produção.

Como não se tem acesso às causas dessas paragens não programadas, não é possível categorizar essas mesmas paragens e efetuar um estudo para decidir quais as que poderiam ser

colmatadas primeiro ou não. Esse estudo seria útil para iniciar o processo de aumentar o tempo produtivo efetivo e reduzir o tempo de paragens não programadas.

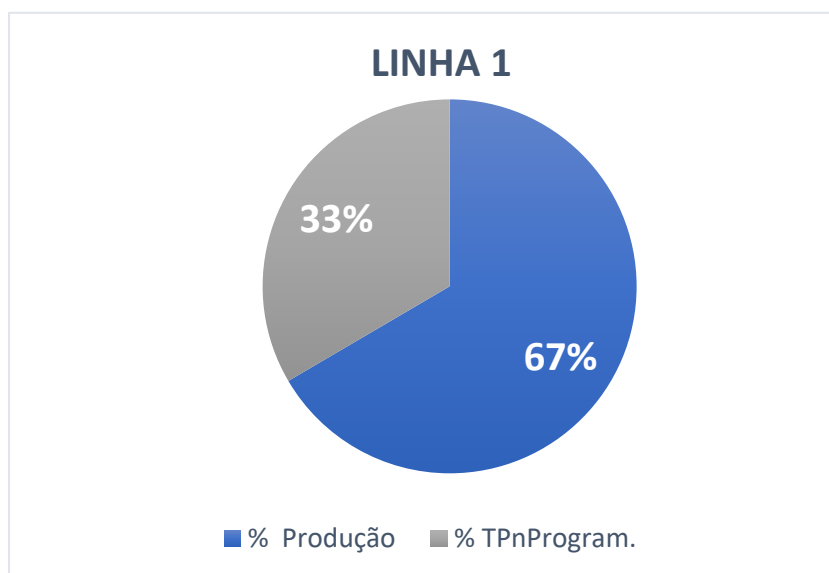


Figura 2 - Tempo de Paragens não programadas da Linha 1

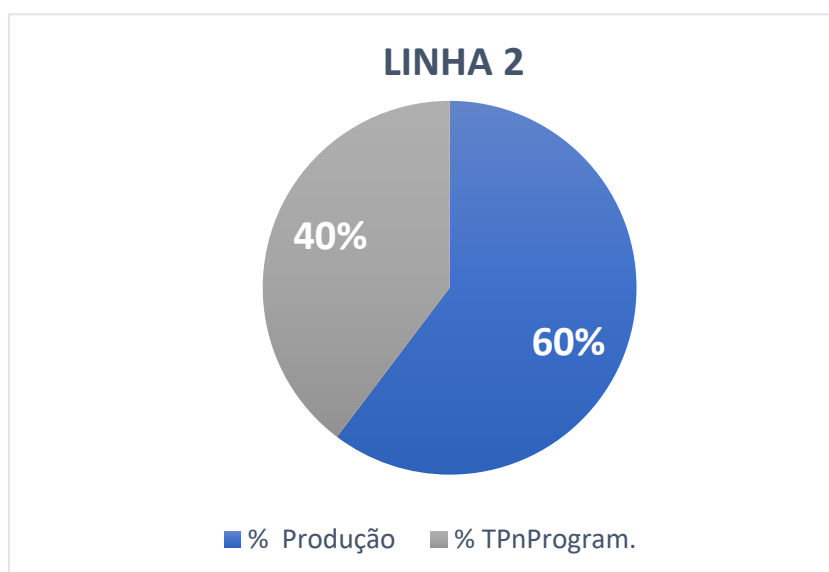


Figura 3 - Tempo de Paragens não programadas da Linha 2

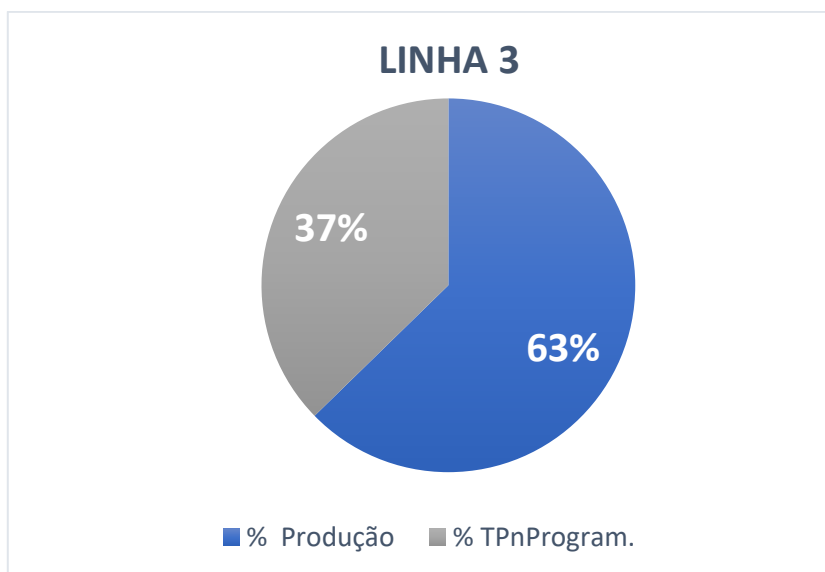


Figura 4 - Tempo de Paragens não programadas da Linha 3

4.2. ***Overall Equipment Effectiveness – OEE***

Como referido no ponto anterior, a secção de escolha e embalagem tem vários operadores em fase de aprendizagem, consequência da elevada procura. Como tal, além desta secção possuir equipamentos antigos, a capacidade destes operadores realizarem as calibrações dos equipamentos de forma adequada é menor, influenciando o número de paragens na linha de produção ao longo dos turnos.

Tendo em conta os tempos de paragens não programadas, esperava-se que os valores dos OEE destas linhas de produção não fossem melhores. Para realizar a análise dos indicadores desta secção, a empresa recolhe apenas os valores de disponibilidade e rentabilidade semanalmente, tendo sido necessário dimensionar o valor do fator qualidade ao longo do ano 2019 para realizar o cálculo dos OEE corretamente.

Como esta secção não interfere nas características críticas da qualidade do produto, não seria viável realizar o cálculo deste parâmetro com base em defeitos do produto. Assim, o fator qualidade da secção de escolha e embalagem foi referente à capacidade de se escolher e embalar o produto corretamente face às características adquiridas ao longo do processo produtivo. Este fator é verificado periodicamente na zona de expedição da empresa com recurso a fichas de análise às diferentes categorias do produto que seguem para o cliente: primeira escolha, comercial e terceira escolha. Caso a identificação das peças de cerâmica esteja incorreta, essa paleta de produto volta

a entrar novamente na secção de escolha e embalagem para uma nova triagem. Assim, através da análise dos valores de retrabalho na escolha, concluiu-se que o valor de qualidade desta secção foi, no ano 2019, em média, 98,5% para cada uma das linhas.

Com base nos valores de disponibilidade e rentabilidade recolhidos ao longo do ano 2019 pela empresa, bem como os valores de qualidade dimensionados, nas Figuras 5, 6 e 7 estão apresentados os valores dos OEE calculados para cada mês do ano 2019 para cada uma das três linhas de produção. O valor médio dos OEE desse ano correspondeu a 56% na linha 1, 60% na linha 2 e 61% na linha 3, abaixo dos 85%.

Analisando cada um dos gráficos verificou-se que os meses de novembro e de dezembro apresentavam melhorias face aos restantes meses de 2019 nos valores dos OEE da linha 1 e linha 2. Por outro lado, a linha 3 não apresentava melhorias nesses meses face aos anteriores. Como descrito no ponto 2.3, nos últimos meses do ano 2019 iniciou-se a escolha e embalagem de um conjunto de peças cerâmicas da outra unidade industrial portuguesa do grupo. A linha destinada à escolha dessas peças é a linha 3, o que pode justificar a não melhoria dos valores nesses dois últimos meses no ano, uma vez que se tratava de peças cerâmicas com características diferentes do normal.

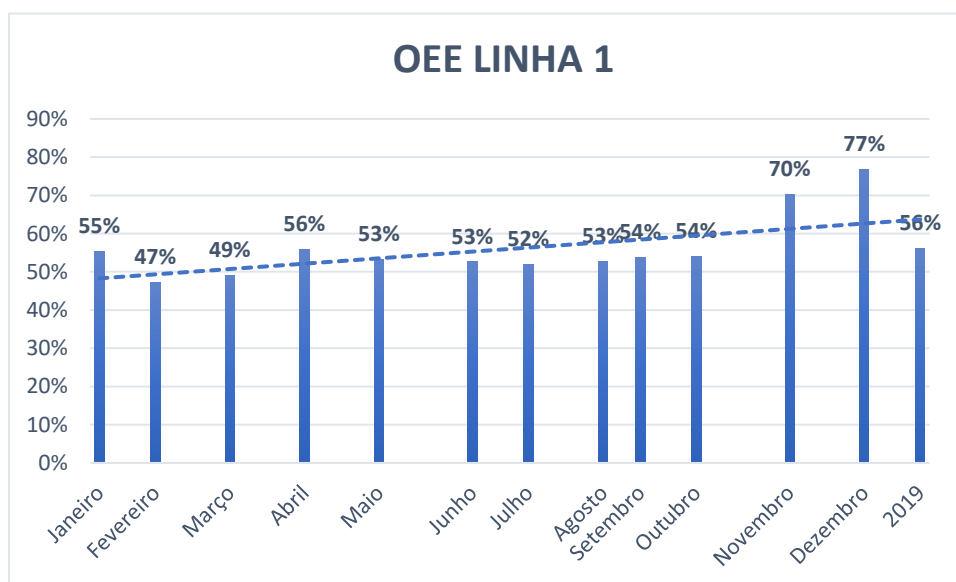


Figura 5 – OEE correspondente à Linha 1

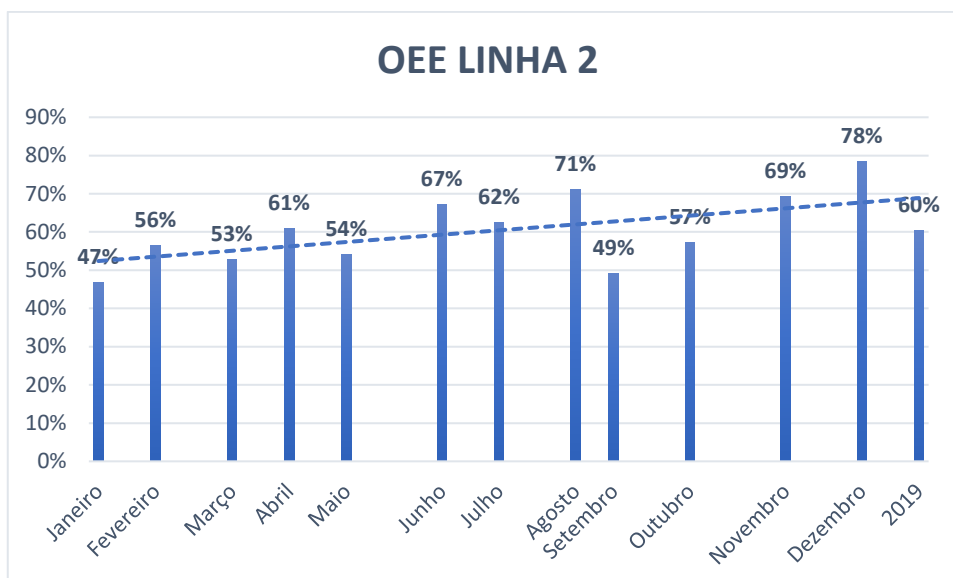


Figura 6 – OEE correspondente à Linha 2

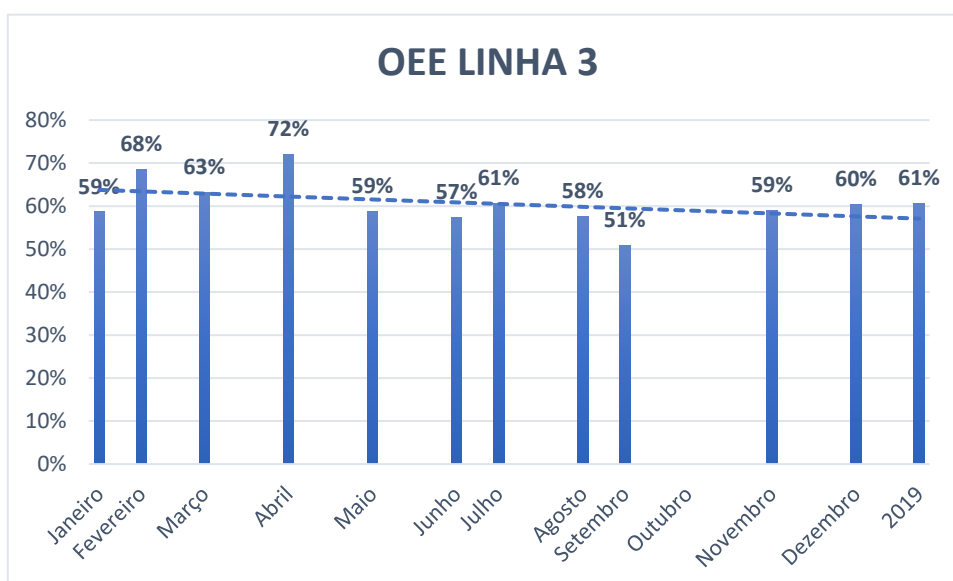


Figura 7 – OEE correspondente à Linha 3

4.3. Tempos de paragens ao longo de um turno completo

No setor de escolha e embalagem trabalham quatro equipas que rodam entre si em três turnos: 22H-06H, 06H-14H e 14H-22H. Cada turno é normalmente constituído por quatro operadores e um chefe de turno. Além disso, no horário 08H-17H está presente o chefe da secção e um operador adicional para auxiliar no que for necessário, nomeadamente no encontro de informação entre esta secção e a expedição do produto.

Com o objetivo de perceber quais as possíveis causas das percentagens do tempo de paragens não programadas, e dos valores dos OEE identificados anteriormente, analisou-se as três linhas de escolha e embalagem. Para tal procedeu-se a um período de observação das mesmas, de forma a recolher as primeiras impressões do método de trabalho, bem como da organização nesta secção da empresa.

Após ter recolhido as primeiras impressões das linhas de produção da secção de escolha e embalagem, realizou-se a medição dos tempos de paragem de cada uma das linhas, com a finalidade de perceber quais as zonas destas linhas de produção que contribuíam de forma significativa para os tempos de paragens encontrados, quais as suas causas e qual o seu impacto no decorrer do turno. Assim, durante quatro semanas acompanhou-se o turno das 6H-14H, tendo em conta a rotação das equipas de modo a garantir a análise de todas as equipas de trabalho.

Durante a realização da medição dos tempos de paragem teve-se em consideração dois tipos de paragens: as paragens localizadas, referentes aos momentos em que apenas uma parte da linha está parada, não afetando o funcionamento da linha de produção completa, e as paragens da linha de produção completa devido a problemas numa parte da linha. Sendo assim, quando acontecia paragem apenas numa parte da linha, contava-se esse tempo como paragem localizada. A partir do momento que a linha era toda afetada pelo problema localizado, apontava-se a medição efetuada até então como paragem localizada e realizava-se uma nova cronometragem, desta vez referente a paragem de linha de produção completa devido a essa parte da linha. Com base nas medições ao longo das quatro semanas, as causas das paragens foram identificadas segundo paragem da linha de produção completa e paragem numa zona localizada, apontadas na folha de registo do Anexo A. Na Tabela 3 estão identificadas as causas encontradas:

Tabela 3 - Identificação das causas das paragens

Linha Completa	Parte da Linha	Causa da Paragem
A	H	Escolha
B	-	Setup
C	-	Refeição
D	K	Paletização
E	J	Agrupador
F	I	Embalador
G	-	Limpeza
-	L	Intervenção para Manutenção

Escolha: No decorrer de um turno é normal ter de se realizar pequenas paragens na zona da escolha para identificar os defeitos encontrados e criar o padrão de cada uma das categorias do produto. Mas, tendo em conta a falta de conhecimento generalizada desta secção da empresa, a escolha pára mais vezes e tende a ter uma porção mais significativa do que o esperado.

Setup: O *setup* é uma causa de paragem programada, mas decidiu-se retirar todos os tempos de paragem num turno completo que tenham como causa o produto, o operador ou a máquina de produção.

Refeição: Um turno tem como paragem programada trinta minutos para uma refeição, então para efeitos de cronometragem o valor que se considerou nestas medições foi o tempo que se esteve na pausa além desses 30 minutos programados, ou tempo de atraso no início do turno.

Paletização, agrupador, embalador: Correspondem a paragens ocorridas devido a cada uma dessas partes da linha de produção.

Limpeza, intervenção para manutenção: Paragens por necessidade de limpeza da linha ou para efetuar manutenções.

Depois de recolher todos os dados, e atribuir a devida identificação a cada tipo de paragem, procedeu-se à realização de Diagramas de Pareto para cada uma das linhas com base nas paragens localizadas e nas paragens da linha de produção completa (Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13). Nestas figuras encontram-se os valores correspondentes à média do tempo de paragens de cada uma das zonas identificadas durante as quatro semanas de medições.

Linha 1

Relativamente às observações da linha de produção 1, concluiu-se que o embalador e a escolha são as maiores causas para uma interrupção completa na produção desta linha. No entanto, uma paragem longa para arranjo do embalador influenciou os tempos registados. Também se destaca o *setup* como a terceira maior causa, mas este tempo corresponde a tempo de paragem programada. Por outro lado, a Figura 9 mostra que o agrupador é a zona da linha com maior período de paragem isolada.

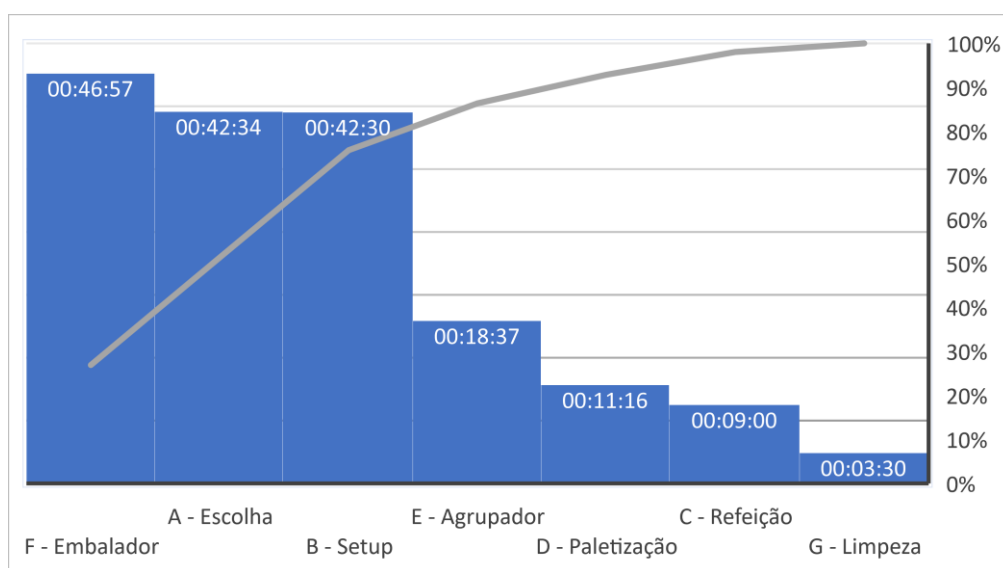


Figura 8 - Paragens relativas à Linha 1 completa

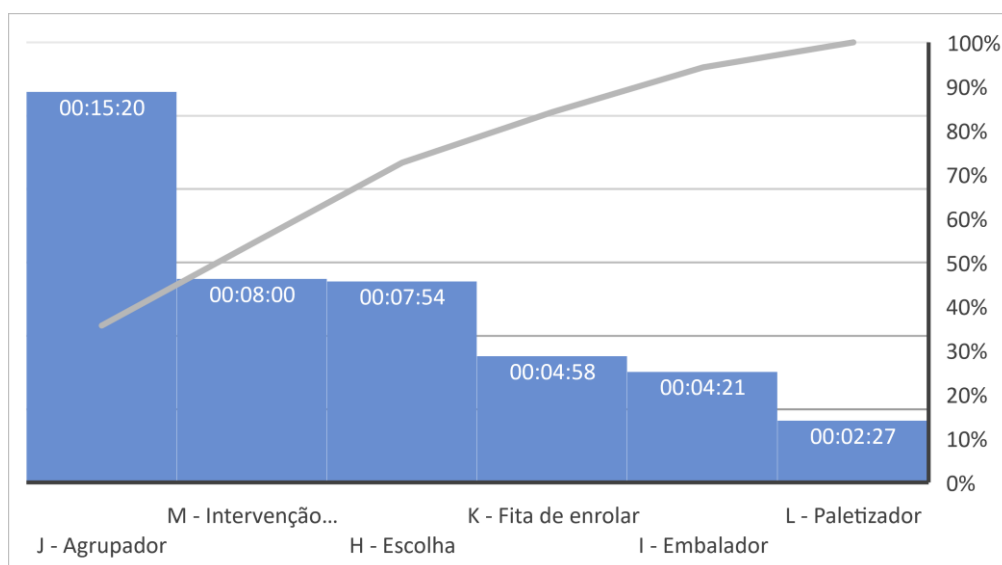


Figura 9 - Paragens localizadas da Linha 1

Linha 2

Na linha de produção 2 da secção de escolha e embalagem da empresa o cenário da linha 1 inverteu, sendo a escolha a primeira maior causa e o embalador a segunda maior causa para a interrupção da produção. Nesta linha, sendo uma linha de escolha manual obrigatória, foi a zona da escolha que apresentou maior tempo de paragem isolada.

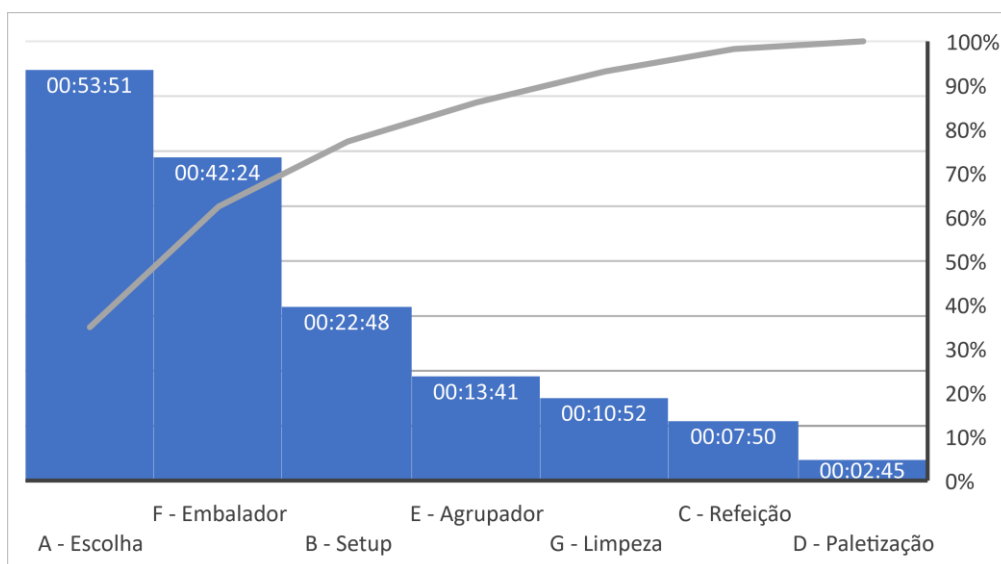


Figura 10 - Paragens relativas à Linha 2 completa

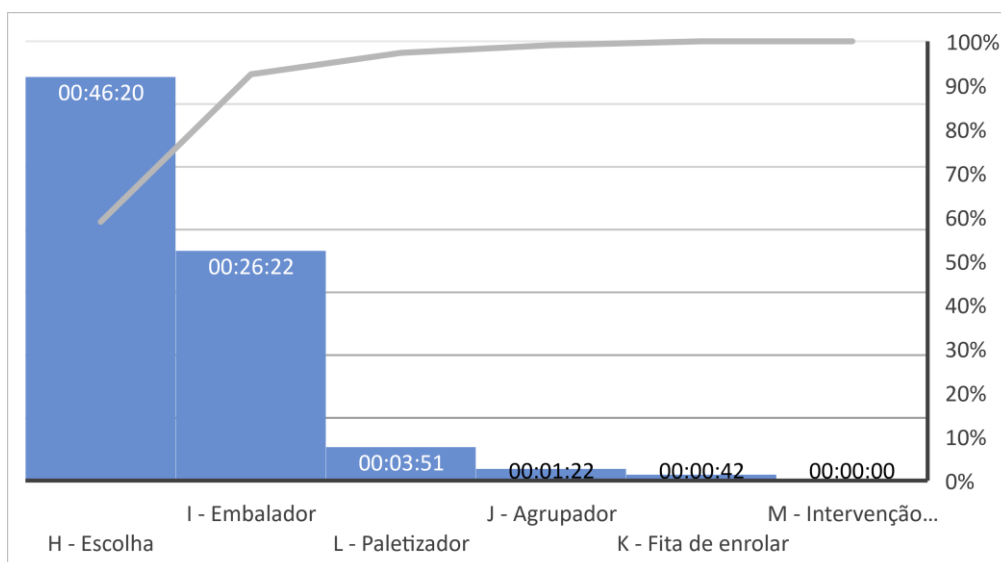


Figura 11 - Paragens localizadas da Linha 2

Linha 3

Por último, na linha de produção 3 da secção de escolha e embalagem, à semelhança da linha de produção 2, a zona como maior causa de paragem da linha completa é a escolha, seguida do embalador. Em relação à paragem parcial da linha de produção, a maior responsável é a escolha.

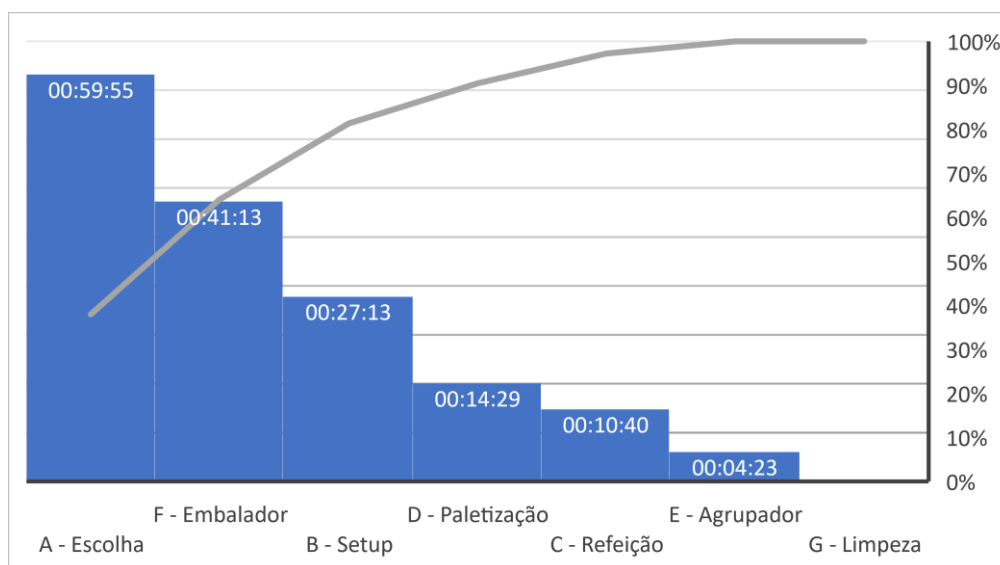


Figura 12- Paragens relativas à Linha 3 completa

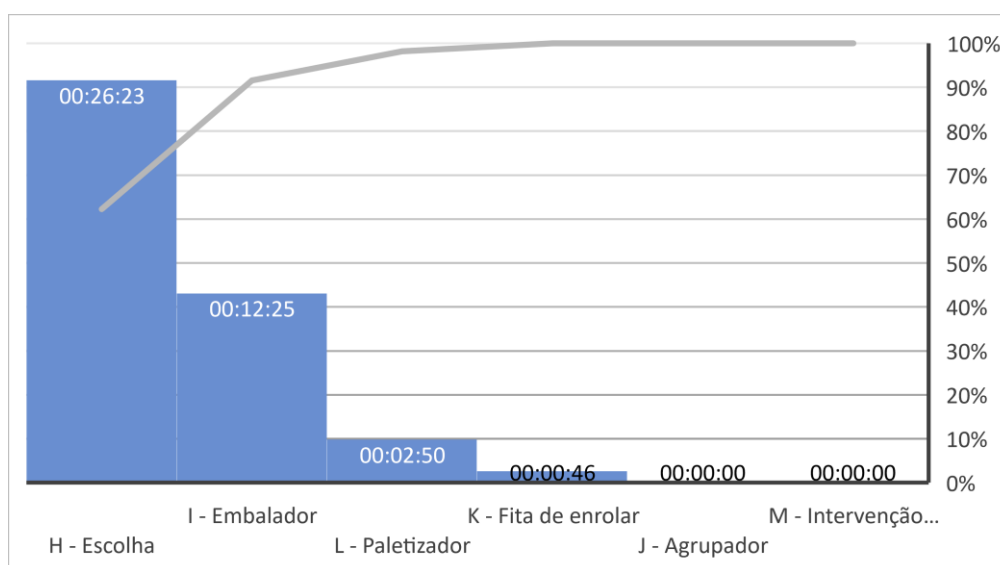


Figura 13 - Paragens localizadas da Linha 3

De acordo com os Diagramas de Pareto anteriores, a zona da escolha e o embalador são apresentados como as maiores causas para a paragem de uma linha completa, sendo críticos para

o tempo disponível de produção. No entanto, como na linha 1 existe um fator influenciador que faz o embalador ser a maior causa, pode-se concluir que, em geral, a zona da escolha é a maior causa de paragem de cada uma das três linhas de produção, sendo o maior gargalo desta zona da empresa, ou seja, a máquina-tampão da linha. Além disso, verificou-se a seguinte análise (Tabela 4), considerando como tempo disponível as 8H de turno menos o tempo de refeição base e o tempo médio para *setup* cronometrado.

Tabela 4 - Análise do tempo de paragens não programadas

	Tempo de paragens não programadas	% Face ao tempo disponível
Linha 1	2H 12min	32,35%
Linha 2	2H 11min	30,58%
Linha 3	2H 10min	30,64%

Por outro lado, após analisar com detalhe cada uma das medições, também se verificou um elevado número de paragens abaixo dos 2 minutos, consideradas micro paragens. Este tempo de paragem não programada ocorre por motivos de pequenas falhas na máquina ou na calibração das mesmas e contribuem para os valores de paragens em zonas isoladas de cada uma das linhas de produção desta secção.

Assim, a utilização do Diagrama de Pareto foi útil para revelar quais as causas principais do baixo rendimento operacional desta secção da empresa e quais as causas que poderão estar interligadas com estas. No entanto, estas causas não são as causas raiz do problema, pelo que se realizou, adicionalmente, um Diagrama de Causa e Efeito para explorar as causas raiz tanto das causas principais, como das causas subjacentes.

4.4. Problemas encontrados

O problema principal inicialmente apresentado pela empresa, para a secção de escolha e embalagem, correspondia ao baixo rendimento dessa zona da unidade fabril. Durante a recolha dos dados acima apresentados, além de ter sido possível concluir quais as zonas de cada uma das linhas de produção que contribuíam para esse baixo rendimento, também foi possível presenciar os procedimentos diários dos colaboradores.

Com o objetivo de planificar todos os possíveis problemas detetados e procurar as causas raiz dos tempos de paragem não programadas, recorreu-se ao Diagrama de Causa e Efeito e às suas ramificações. Uma vez concluído que a escolha era a zona das linhas mais crítica, começou-se por encontrar as causas destas paragens. No entanto, verificou-se que existia uma relação com as restantes paragens, logo realizou-se um Diagrama de Causa e Efeito com base nos problemas gerais que influenciavam o baixo rendimento operacional.

Como encontrar a causa raiz do problema facilita o processo de eliminação deste, em cada uma das ramificações deste diagrama – método, medição, mão-de-obra, meio ambiente, máquina e material – foram distribuídos os problemas encontrados que poderiam contribuir para o baixo rendimento geral das três linhas de escolha e embalagem.

Na Figura 14 encontra-se o Diagrama de Causa e Efeito construído de forma a ser facilmente visualizado, lido da esquerda para a direita, no sentido de encontrar as causas primárias de cada um dos problemas identificados aquando da observação.

Para cada uma das ramificações identificou-se as causas da seguinte forma:

- **Método:** colocou-se os problemas e causas referentes ao modo como é realizado o trabalho ao longo de um turno;
- **Medição:** teve-se em consideração a forma como os valores são medidos para o cálculo dos indicadores destas linhas de produção;
- **Mão-de-obra:** analisou-se os problemas referentes ao envolvimento das pessoas e à forma como isso pode influenciar o problema base;
- **Meio ambiente:** colocou-se os problemas correspondentes ao local de trabalho e à ergonomia desta secção;
- **Máquina:** explorou-se as causas do efeito dos equipamentos no baixo rendimento;
- **Material:** estudou-se a forma como os produtos recebidos nesta secção influenciam o baixo rendimento das linhas de produção.

4.4.1. Método

Na secção de escolha e embalagem foi observada uma falta de *standards* generalizados, referente aos procedimentos e respetivos tempos. A cadência de produção ao longo das três linhas produtivas era ajustada mediante três fatores: 1) ajustada pelos colaboradores com o auxílio do

chefe de secção, mediante o número de paletes metálicas livres no *stock* intermédio entre esta secção e a anterior; 2) ajustada pela quantidade de defeitos que as peças apresentam, ou seja, escolha mais difícil ou não; 3) ajustada através da experiência do colaborador.

Desta forma, as cadências produtivas eram alvo de alteração face à experiência dos trabalhadores e face ao turno que se encontrava a trabalhar.

À semelhança das cadências produtivas, também as mudanças de *setup* nem sempre eram realizadas pelas mesmas regras, nem no mesmo período, dada a falta de experiência e formação dos novos colaboradores. Além disso, aquando das observações realizadas, verificou-se a interrupção de turnos para realizar manutenções, consequência da falta de manutenção realizada pelos trabalhadores e respetivo calendário.

Por outro lado, também se encontraram falhas de comunicação, consequência da falta de pontualidade na entrada de cada turno, dificultando o encontro do turno anterior com o seguinte e a troca de informações relevantes.

Adicionalmente, com a ausência de um local específico para as informações essenciais em cada uma das linhas de produção, foi verificada uma dispersão da informação, muitas vezes desatualizada, representada na Figura 15. Assim, não estava a ser transmitida a informação necessária para o turno seguinte, provocando atrasos na resolução de problemas que já venham do turno anterior.

Muitas destas informações encontram-se em folhas também em mau estado e, por isso, difíceis de ler e interpretar, como mostra a Figura 16.

Baixo Rendimento operacional	Método	Cadências diferentes	Calibrações de forma distinta	Inexistência de Manual de Instruções de Trabalho
		Setups distintos	Colaboradores inexperientes	Inexistência de Manual de Instruções de Trabalho
		Manutenção durante produção	Calendário de manutenção inadequado	
		Falta de comunicação entre turnos	Falta de pontualidade dos operadores	Pontualidade não verificada
		Informações nas linhas desatualizadas	Informações sem um local específico	Inexistência de quadros visuais
	Medição	Dados nem sempre corretos	Pouca automatização na recolha de dados	
		Cálculo do tempo disponível com incerteza	Tempos standard mal dimensionados/antigos	
	Mão-de-Obra	Turnos com poucos colaboradores	Baixas médicas	
			Colaboradores do turno sem aptidões para a linha em causa	
		Colaboradores desmotivados	Inexistência de prémio ou penalização	
			Aprendem com outros colaboradores	Poucas formações específicas para colaboradores novos
	Meio ambiente	Falta de limpeza das linhas	Falta de Standard de limpeza	Falta de calendário de limpeza
		Condições da zona da escolha a necessitar de melhorias	Luz para o escolhedor não ajustável	
			Cadeira pouco adequada	
	Máquina	Elevados problemas técnicos	Equipamentos antigos	
	Material	Escolha dificultada	Secções anteriores produzem defeito	

Figura 14 - Diagrama de Causa e Efeito

4.4.2. Medição

A recolha de dados estatísticos é importante numa organização e a secção de escolha e embalagem em estudo não é exceção. Como dito anteriormente, esta zona da empresa apresentava equipamentos e tecnologias ainda em transformação. Como tal, a secção possuía poucos sensores de recolha de dados ao longo das três linhas de produção, dificultando a automatização da recolha de dados para fins estatísticos. Os dados que não eram da responsabilidade dos sensores eram fornecidos por trabalhadores responsáveis por tal tarefa. Os valores recolhidos pelos trabalhadores possuíam sempre algum grau de incerteza, além de existirem, por vezes, faltas na recolha desses dados, provocando a existência de valores pouco conclusivos.

Para o cálculo dos indicadores de uma empresa, nomeadamente as parcelas disponibilidade, rentabilidade e qualidade do OEE, são precisos dados reais das estatísticas da produção. O fator rentabilidade do cálculo do OEE era o que apresentava maior incerteza, uma vez que os valores das cadências podiam estar desajustados ao grau de conhecimento da nova realidade empresarial.



Figura 15 - Informações em vários locais das linhas



Figura 16 - Informações antigas e degradadas

Além disso, o cálculo dos tempos de *setup*, tempo de paragem programada no cálculo da disponibilidade, não foi verificado com os novos membros das equipas menos experientes, podendo ser superior na maioria das vezes. Desta forma, o cálculo dos valores de OEE, com base nos valores *standard* anteriores ao crescimento das equipas, poderia não estar a corresponder à realidade empresarial, já que as equipas estavam menos capacitadas para trabalhar com os equipamentos, diminuindo a performance desta secção.

Em suma, verificou-se a probabilidade de estarem a ser utilizados valores *standard* de cadências e mudanças de tipo de produto não ajustados à realidade vivida nesta secção, o que prejudica a veracidade dos indicadores medidos.

4.4.3. Mão-de-Obra

O facto de haver poucos colaboradores, e muitos deles serem novos nesta zona da empresa, já foi referido anteriormente. Tal acontece devido ao aumento da procura e consequente aumento do número de turnos e colaboradores, bem como algumas faltas por motivos de saúde. Todo este desencontro entre a expectativa da empresa e dos clientes, e a capacidade de trabalho dos trabalhadores da secção de escolha e embalagem da empresa, são contribuidores para o baixo rendimento.

Por outro lado, foi observada, e descrita por parte de quem chefia estas equipas, uma desmotivação geral nos trabalhadores. Uma vez que a exigência deste sector da empresa necessita de um período longo de aprendizagem para os novos colaboradores, eram necessárias formações.

As formações existentes apresentavam um grau de aprendizagem baixo face à dificuldade da secção em questão. Como se trata de um conjunto de máquinas a trabalhar praticamente de forma autónoma, o maior requisito era saber calibrá-las corretamente na mudança de produto, de forma a prevenir paragens durante o funcionamento destas.

Adicionalmente, ter a capacidade de perceber qual a causa para a máquina parar exige tempo e dedicação. No entanto, com a falta de tempo para se realizarem formações completas, o método utilizado com os novos trabalhadores passava por aprender com o colega mais experiente, sendo, portanto, uma aprendizagem de tentativa-erro quando o trabalhador se encontra sozinho e sem um guia para seguir. Desta forma, o período de preparação e a frustração inicial dos colaboradores é superior.

Outro fator contribuidor para a falta de motivação sentida nos colaboradores pode ser a recompensa semelhante para comportamentos distintos. Isto é, não existindo penalizações ou prémios para diferentes procedimentos, tais como pontualidade, limpeza e arrumação do espaço ou apresentação de melhorias, os trabalhadores sentem que não valerá o esforço face ao desleixo de outros, acomodando-se com o conhecimento básico para a sua função. Deste modo, quem tem naturalidade para pensar em melhorias perde o contentamento por não haver recompensação, e quem é por natureza mais procrastinador continua com a mesma atitude, uma vez que não sente qualquer penalização por tal.

4.4.4. Meio Ambiente

Na ramificação meio ambiente do Diagrama de Causa e Efeito existem dois fatores contribuidores para o baixo rendimento da secção de escolha e embalagem: a falta de limpeza regular das linhas de produção e as condições do espaço para o operador que efetua a escolha do produto.

Verificou-se que a limpeza das linhas era realizada sem alguma ordem temporal, sendo por isso feita poucas vezes. Assim, as linhas de produção da escolha e embalagem da empresa apresentavam-se geralmente sujas, já que é um espaço com pó a circular no ar, com recurso à utilização de colas e com a acumulação de cacos ao longo da linha produtiva, como demonstra a Figura 17. Deste modo, a ausência de um calendário de limpeza dificulta a imposição da rotina destes procedimentos.

Por outro lado, a área onde o operador realiza a atividade de escolha das peças cerâmicas era a que necessitava de maiores cuidados. Estes trabalhadores realizavam a sua atividade sentados numa cadeira pouco flexível às diferentes alturas destes, assim como a luz incidente nas peças era influenciada pela luz natural do pavilhão industrial, dificultando a observação correta dos defeitos menos visíveis.



Figura 17 - Zona da colocação de cola e objetos na linha

4.4.5. Máquina

Como mencionado anteriormente, a escolha e embalagem apresenta uma mescla de tecnologias. As máquinas mais antigas influenciam o rendimento desta secção por sofrerem um maior número de paragens para manutenção e por necessitarem de maior atenção aquando da calibração de um novo produto. Por outro lado, o método de calibração também demora mais tempo por recorrer a um maior número de processos manuais e um menor número de processos automáticos.

Ainda assim, os novos equipamentos, com tecnologias mais avançadas, obrigam a uma adaptação inicial por parte dos trabalhadores, principalmente dos que não estão habituados às recentes tecnologias. Além disso, com as formações escassas na entrada de um novo colaborador, a adaptação é mais longa.

4.4.6. Material

Embora a zona de escolha e embalagem da empresa não tenha influência direta na qualidade e acabamento do produto cerâmico, a capacidade de escolha desta secção depende da qualidade das peças provenientes dos setores anteriores, assim como as paragens dos equipamentos das linhas de produção dependem do produto em produção.

A quantidade de defeitos presentes nas peças que entram nas linhas de produção de escolha e embalagem podem interferir na rapidez da passagem das peças na escolha, já que peças com muitos defeitos implicam maior rigor por peça e peças com menos defeitos podem ser escolhidas a uma maior velocidade. Assim, a título de exemplo, peças de terceira escolha podem apresentar pequenos defeitos de espessura e estes defeitos podem interferir no calibre geral da embaladora, levando a pequenas paragens durante a produção.

Depois de identificados os diferentes problemas encontrados com base nas ramificações do Diagrama de Causa e Efeito, a fase seguinte passa por analisar as possíveis propostas de melhorias para estes. O capítulo que se segue explica as melhorias propostas e as melhorias implementadas ao longo do projeto.

5. Planeamento e apresentação de propostas de melhoria

Como descrito no capítulo anterior, após a análise inicial foram detetados vários problemas em diferentes vertentes que correspondem a possíveis melhorias para mitigar o baixo rendimento operacional. Com base no Diagrama de Causa e Efeito, a identificação de quais as melhorias prioritárias face ao problema exposto foi a etapa seguinte. No presente capítulo irá ser apresentada a priorização dos problemas a serem melhorados e o planeamento da realização das melhorias prioritárias.

5.1. Construção do PFMEA

Depois de percebidas quais eram as causas principais para o baixo rendimento da secção de escolha e embalagem, explorou-se as possíveis melhorias a adotar. Para tal, recorreu-se ao *Process Failure Mode and Effect Analysis* (PFMEA) com o objetivo de priorizar essas melhorias, mas também para tornar mais claros o modo, o efeito, a causa e a existência de alguma prevenção para as falhas ocorridas. Assim, construiu-se uma tabela para classificar os efeitos das falhas segundo a gravidade, a ocorrência e a deteção destas e concluir qual o Número de Prioridade de Risco (NPR) subjacente. A classificação foi desenvolvida individualmente com base no que foi observado ao longo das quatro semanas de análise do funcionamento das três linhas de produção, sendo importante uma futura avaliação da empresa com base nos interesses organizacionais.

A categorização de cada um dos índices de classificação foi baseada nas escalas referidas por John et al. (2009). Para cada uma das classificações ajustou-se a definição de cada escala aos problemas encontrados na secção de escolha e embalagem, numa amplitude de 1 (sem efeito) a 10 (muito efeito). Adicionalmente, a construção desta tabela do PFMEA foi realizada com base nas observações feitas nas três linhas de produção em geral, não sendo uma avaliação específica para cada linha. Esta decisão foi tomada com base na relação existente entre as causas do baixo rendimento após a análise dos Diagramas de Pareto e do Diagrama de Causa e Efeito.

Na classificação segundo a gravidade do efeito potencial da falha, analisou-se o impacto que cada falha tem no processo de escolha e embalagem da empresa. Se o efeito da falha apresentasse impacto nulo no processo, atribuíam-se a menor classificação, e se, por outro lado, apresentasse impacto extremo no processo, atribuíam-se a maior classificação. Neste caso, a atribuição da gravidade foi realizada com base no impacto que o efeito da falha representava para o desempenho

do processo de escolha e embalagem, ou seja, com base na contribuição para o baixo rendimento operacional.

Na Tabela 5 encontra-se a designação de cada índice de gravidade utilizado na construção da tabela do PFMEA.

Tabela 5 - Escala de classificação do grau de gravidade do efeito

Gravidade		
Efeito	Gravidade do efeito	Índice de Gravidade
Nenhum	Permanece despercebido e não tem qualquer efeito no desempenho	1
Muito menor	Permanece despercebido e tem apenas um pequeno efeito no desempenho	2
Menor	Provoca apenas pequenos inconvenientes	3
Muito baixo	Provoca alguma perda de desempenho	4
Baixo	Provoca uma perda de desempenho	5
Moderado	Provoca uma perda de desempenho significativa	6
Alto	Provoca um mau desempenho global das linhas de produção	7
Muito alto	A produção deixa de acontecer corretamente	8
Perigoso com aviso prévio	Provoca muito impacto na segurança	9
Perigoso sem aviso prévio	Provoca impacto real na segurança	10

Adicionalmente, a classificação de cada valor da escala de ocorrência foi realizada com base nas causas potenciais de cada falha que contribuem para o baixo rendimento. Assim, como demonstra a Tabela 6, a menor classificação corresponde a uma causa de falha com probabilidade muito baixa de ocorrer e a maior classificação corresponde a uma causa de falha com muita probabilidade de acontecer.

Para a concretização da atribuição da escala índice de deteção, teve-se em conta a prevenção ou correção existente na empresa para a respetiva falha. Assim, o valor do índice de deteção irá ser menor se a probabilidade de deteção da causa da falha antes que a falha ocorra for elevada e será maior se a probabilidade de deteção da causa da falha antes de esta ocorrer for muito baixa. A classificação de cada índice de deteção está representada na Tabela 7.

Tabela 6 - Escala de classificação do grau de ocorrência do efeito

Ocorrência		
Probabilidade de Falha	Taxas de falhas possíveis	Índice de Ocorrência
Remota: Falha é improvável	Possibilidade remota de falha	1
Baixa: Relativamente poucas falhas	Frequência muito baixa: 1 vez a cada 5-100 anos	2
	Pouco frequente: 1 vez a cada 3-5 anos	3
Moderada: Falhas ocasionais	Frequência baixa: 1 vez a cada 1-3 anos	4
	Frequência ocasional: 1 vez por ano	5
	Frequência moderada: 1 vez a cada 6 meses	6
Alta: Falhas frequentes	Frequente: 1 vez por mês	7
	Frequência elevada: 1 vez por semana	8
Muito alta: Falhas persistentes	Frequência muito elevada: 1 vez por dia	9
	Frequência máxima: várias vezes por dia	10

Tabela 7 - Escala de classificação do grau de detecção do efeito

Detecção		
Detecção	Probabilidade de Detecção pelo controle de processo	Índice de Detecção
Quase certamente	A causa do efeito é óbvia e pode ser facilmente evitada	1
Muito alta	Todas as causas da falha são detetadas automaticamente	2
Alta	Controlo estatístico do processo com inspeção sistemática das causas das falhas e medidas de prevenção	3
Moderadamente alta	O controlo estatístico do processo é efetuado com uma inspeção sistemática das causas das falhas	4
Moderada	O controlo estatístico do processo é efetuado	5
Baixa	Todas as unidades são verificadas manualmente e são instaladas medidas de prevenção	6
Muito baixa	Todas as unidades são verificadas manualmente	7
Remota	Inspeção manual frequente das causas de falha	8
Muito remota	Inspeção manual ocasional das causas de falha	9
Quase impossível	Não existe controlo do processo a decorrer	10

Deste modo, com base nas tabelas de classificação de cada índice foi desenvolvido o PFMEA, representado na Tabela 8, onde os valores do NPR estão sinalizados pelo seguinte espetro de cores:

- **Verde:** Risco de grau baixo;

- **Amarelo:** Risco de grau intermédio;
- **Laranja:** Risco de grau elevado;
- **Vermelho:** Risco de grau muito elevado.

Após a análise dos resultados do PFMEA pode concluir-se que as falhas que representam menor risco, para o baixo rendimento operacional do processo de escolha e embalagem, são as informações desatualizadas e sem local específico nas linhas e a falta dos trabalhadores por motivo de baixa médica. Este resultado é justificado pela baixa gravidade das falhas das informações nas linhas de produção e pela mediana deteção e ocorrência de baixas médicas.

As falhas que correspondem a um risco de grau intermédio para o baixo rendimento operacional são as cadências diferentes, a comunicação ineficiente, a recolha de dados com alguns erros e a falta de limpeza das linhas. Assim, este grupo de falhas será o terceiro a ser melhorado, uma vez que não representa risco elevado a curto prazo para o rendimento deste processo.

Em relação às falhas que representam um risco de grau elevado para o rendimento do processo, estas são a distinção na mudança de tipo de produto, a incerteza dos indicadores e as melhorias precisas na ergonomia da zona da escolha. Estas falhas serão o segundo grupo de melhorias com carácter prioritário para serem implementadas, a fim de melhorar o rendimento da secção de escolha e embalagem da empresa.

Por último, as falhas que representam maior risco para o rendimento do processo, segundo esta classificação individual, são o elevado número de paragens devido a falta de manutenção periódica, a falta de aptidões e conhecimento para operar as linhas de produção eficazmente e a falta de motivação geral dos trabalhadores, resultante da escassez de formações e recompensas. Estas falhas são as que têm de ser resolvidas em primeiro lugar aquando do planeamento das ações a tomar.

Tabela 8 - Aplicação do PFMEA

Processo: Escolha e Embalagem									
Localização da Falha	Modo Potencial da Falha	Efeitos Potenciais da Falha	Gravidade	Causas Potenciais da Falha	Ocorrência	Prevenção ou Correção Atual	Deteção	NPR	Ação Preventiva Recomendada
Expedição do produto final	Cadências diferentes no mesmo produto para turnos diferentes	Takt times distintos na mesma referência de produto	5	Calibrações realizadas de forma distinta	8	Não existente	9	360	Manual de instruções de trabalho na linha de produção
Mudança de referência de produto	Processo de mudança de referência distinto nas diferentes equipas	Set up realizado com tempos diferentes	5	Colaboradores inexperientes	9	Não existente	10	450	Manual de procedimentos de mudança de referência
Manutenção	Elevado número de paragens	Tempo de paragens não programadas elevado	8	Colaboradores não têm acesso a um guia de procedimento <i>standard</i>	10	Não existente	9	720	Calendário de manutenção
Comunicação	Comunicação entre turnos ineficiente	Tempo de adaptação de início de turno elevado	4	Falta de pontualidade no início dos turnos e de reunião obrigatória	10	Chefe de secção aponta os atrasos	10	400	Lista de presenças no início de cada turno ou reunião inicial
									Horário de chefes de turno desfasado do horário laboral
Linhas de produção	Informações desatualizadas e necessidade de mais informações	Dificuldade em encontrar as informações necessárias	3	Informações sem um local específico	8	Não existente	10	240	Quadro visual para as informações das linhas
Avaliação de indicadores	Recolha de dados com alguns erros	Indicadores com escassez de alguns dados	6	Pouca automatização na recolha de dados das linhas de produção	8	Alguns sensores nas linhas de produção	8	384	Aumentar o número de sensores para recolha de dados reais
Avaliação de indicadores	Valores de indicadores com incerteza	Cálculo do tempo disponível desajustado face à realidade atual	7	Tempos <i>standard</i> antigos e não ajustados às novas equipas	8	Não existente	9	504	Recolha de novos valores <i>standard</i> e respetiva atualização
Quantidade de elementos por turno	Turnos com poucos colaboradores	Mão de obra escassa	8	Baixas médicas	6	Não existente	5	240	—
				Colaboradores de turno sem aptidões para a linha em causa	8	Aprendizagem junto de outros trabalhadores	9	576	Formações para novos colaboradores
Desempenho do turno	Colaboradores desmotivados	Colaboradores com menos aproveitamento durante o turno	7	Recompensa igual para todos os colaboradores	10	Não existente	9	630	Recompensar quem sugere novas melhorias
				Aprender apenas com os colaboradores mais antigos		Não existente			Formações para novos colaboradores
Zona de trabalho	Colaboradores não têm o hábito de limpar e arrumar as linhas de produção	Linhas pouco organizadas e limpas	4	Falta de <i>standard</i> de limpeza das linhas de produção	10	Chamar à atenção os colaboradores	8	320	Manual de <i>standard</i> de limpeza e arrumação - 5S
Zona de trabalho	Condições da zona da escolha a precisar de melhorias	Colaboradores com maior dificuldade a escolher	5	Luz para o escolhedor não ajustável	9	Não existente	10	450	Luz ajustável e com proteção da luz natural
			5	Cadeira inadequada	9	Não existente	10	450	Cadeira ajustável ao tamanho do trabalhador e à posição pretendida/necessária (sentado ou em pé)

5.2. Priorização dos problemas

As melhorias propostas para as falhas apresentadas no ponto anterior foram priorizadas com base no Número de Prioridade de Risco. Para cada uma das categorias de prioridade – muito elevada, elevada, intermédia e baixa – associou-se as melhorias possíveis para minimizar essas falhas, os recursos necessários e os possíveis responsáveis pela ação.

Cada uma das seguintes tabelas (Tabela 9, Tabela 10, Tabela 11 e Tabela 12) representa os fatores importantes a considerar aquando da implementação de cada melhoria. As propostas foram apresentadas à empresa, com o objetivo de perceber se os resultados apresentados pelo PFMEA estavam alinhados com os objetivos da empresa. Sabendo que o período do projeto não seria suficiente para a implementação de todas as melhorias, teria de se optar pelas que traziam maiores benefícios a curto prazo para a secção de escolha e embalagem e com período de implementação menor.

As falhas com prioridade muito elevada seriam as que tinham de ser mitigadas em primeiro lugar, uma vez que as melhorias destas falhas têm maior influência no baixo rendimento da escolha. Assim, criar procedimentos escalonados no tempo para a manutenção realizada pelos trabalhadores desta secção, dar formações aos novos colaboradores, criar conhecimento contínuo e elaborar um plano de recompensação, para grupos ou pessoas que tiveram melhor prestação, seriam as melhorias implementadas com maior urgência.

Tabela 9 - Melhorias de prioridade muito elevada

PRIORIDADE MUITO ELEVADA					
Problema	Proposta de solução	Responsável de operacionalização	Recursos	Objetivo/ Intuito	Como medir o efeito (indicador)
Elevado número de paragens das linhas de produção ao longo dos turnos	Verificar os procedimentos de manutenção, nomeadamente manutenção de primeiro nível	Departamento de manutenção + Chefe de secção	—	Diminuir o número de paragens nas linhas	Número de paragens por turno
Aproveitamento/ desempenho das equipas abaixo do esperado	Recompensar quem apresenta propostas de melhorias	Recursos Humanos	Método de recompensa	Equipas mais motivadas e com melhor desempenho	Número de propostas de melhorias por turno/ pessoa/ equipa
	Formações contínuas	Chefe da secção	Tempo para as formações		Níveis de conhecimento (nº de máquinas ou nº de linhas que sabe operar)
Turnos com falta de colaboradores com o conhecimento necessário	Formações	Chefe da secção	Tempo para as formações	Aumentar a capacidade de os colaboradores trabalharem com as diferentes linhas	Níveis de conhecimento (nº de máquinas ou nº de linhas que sabe operar)

Em relação às falhas com risco elevado, estas seriam implementadas com menor urgência do que as anteriores, mas teriam um impacto também significativo no rendimento da secção de escolha e embalagem da empresa. Assim, a atualização das cadências produtivas, a criação de um manual de procedimentos para a mudança de tipo de produto e as alterações do espaço de trabalho do escolhedor seriam as melhorias implementadas em seguida, ou se possível, em simultâneo de algumas das melhorias de prioridade muito elevada.

Tabela 10 - Melhorias de prioridade elevada

PRIORIDADE ELEVADA					
Problema	Proposta de solução	Responsável de operacionalização	Recursos	Objetivo/ Intuito	Como medir o efeito (indicador)
Cálculo do tempo disponível com imprecisão	Recolha de novos valores de cadência <i>standard</i>	Estagiária	—	Aumentar a precisão do cálculo dos indicadores	Alteração nos indicadores calculados
Método de mudança de referência realizado de forma diferente	Manual de procedimentos + tempos esperados por tipo de mudança (SMED)	Chefe da secção + estagiária	Cronómetro + formações aos trabalhadores	<i>Standardizar</i> os tempos de mudança de referência/produto	Tempo de mudança de referência
Cadeira pouco personalizável	Cadeira ajustável à altura do trabalhador e à posição pretendida (sentado ou em pé)	Chefe de secção	3 Cadeiras	Melhorar as condições de trabalho para o escolhedor e diminuir o número de defeitos não detetados	—
Luz para o escolhedor não ajustável e em local com interferência da luz natural	Luz ajustável e com proteção da luz natural	Chefe de secção	Candeeiro e proteção da luz natural		—

De seguida, as melhorias relacionadas com a comunicação entre turnos, como a realização de reuniões no início de cada turno ou os horários dos chefes de turno serem diferentes, de forma a estarem presentes no momento de passagem de informações, são algumas das melhorias a executar com prioridade intermédia. Adicionalmente, a utilização de uma lista de presenças visível, o aumento do número de sensores nas linhas de produção para ter dados mais precisos, a criação de um manual de instruções de trabalho de forma a garantir cadências produtivas idênticas em cada referência de produtos e a aplicação de metodologias *standard*, para manter o local de trabalho organizado e limpo, são também melhorias de prioridade intermédia a aplicar no funcionamento das linhas de produção da secção de escolha e embalagem da empresa.

Tabela 11 - Melhorias de prioridade intermédia

PRIORIDADE INTERMÉDIA					
Problema	Proposta de solução	Responsável de operacionalização	Recursos	Objetivo/ Intuito	Como medir o efeito (indicador)
Falha de comunicação entre turnos	Reunião no início de cada turno	Chefe de turno + estagiária	–	Facilitar a passagem de informação de um turno para o seguinte	Questionário aos chefes de turno
	Horários de entrada de chefes de turno serem desfasados dos outros colaboradores	Chefe de turno	–	Facilitar a passagem de informação de um turno para o seguinte	Questionário aos chefes de turno
Atrasos no início de cada turno	Lista de presenças	Chefe de turno	–	Garantir o arranque rápido das linhas de produção na troca de turnos	Número de atrasos por turno
Dados pouco precisos	Aumentar o número de sensores em cada linha de produção	Técnico	Sensores	Diminuir o número de dados recolhidos manualmente	Número de dados não aproveitáveis
Cadências dos produtos diferentes nas diferentes equipas de trabalho	Manual de instruções de trabalho no local da operação	Chefe da secção + estagiária	–	Criar standard geral de operacionalização para cada produto	Medição de tempos das cadências
Acumulação de sujidade e de lixo nas linhas de produção	Criar standard de limpeza e arrumação - 5S	Equipa da escolha e embalagem + estagiária	Tempo	Manter o local de trabalho mais harmonioso e diminuir o desgaste das máquinas/ equipamentos	Grau de limpeza e arrumação no final de cada turno

Por último, a melhoria proposta com menor grau de prioridade foi a melhoria da gestão visual de cada linha de produção. Acrescentar quadros visuais com informações relevantes, para o bom funcionamento das linhas de produção ou para informar alterações, é o início para ser possível a criação de uma rotina de melhoria contínua, e alterar o rendimento da secção de escolha e embalagem.

Tabela 12 - Melhorias de prioridade baixa

PRIORIDADE BAIXA					
Problema	Proposta de solução	Responsável de operacionalização	Recursos	Objetivo/Intuito	Como medir o efeito (indicador)
Informações desatualizadas sem um local específico e necessidade de mais informações	Quadro visual para cada linha com as informações necessárias	Chefe da secção + Chefes de turno + estagiária	Quadro branco	Eliminar informações não precisas e diminuir o tempo de procura pela informação	Número de folhas com informações desatualizadas

5.3. Melhorias a implementar

A implementação de qualquer melhoria na secção de escolha e embalagem da empresa só faria sentido com base nos interesses da empresa e na sua condição do momento. Como referido anteriormente, os últimos meses de 2019 e os primeiros de 2020 foram caracterizados pela elevada carga de trabalho nesta última fase do processo, devido às peças cerâmicas adicionais vindas da outra unidade industrial. Assim, a implementação de melhorias que implicassem a interrupção da produção não era uma opção na fase em que a empresa se encontrava, mas sim melhorias capazes de se realizar simultaneamente com a produção.

Com base nestes fatores importantes, foram discutidas com a empresa quais as possíveis implementações a realizar durante o período deste projeto, com o objetivo de ser exequível a continuidade depois do término deste. Como já acontecia algum trabalho relacionado com o tratamento de indicadores da empresa, considerou-se útil realizar as medições de cadências reais e atualizar os indicadores existentes. Desta forma, ter valores reais como referência seria a base para qualquer outra melhoria que se seguisse.

A medição de cadências produtivas desta secção seria, assim, o principal objetivo deste projeto com o propósito de atualizar os indicadores existentes e verificar a existência de alguma alteração nos OEE calculados anteriormente. Caso estes valores se alterassem, significaria que a rentabilidade destas três linhas de produção não correspondia aos esperados pela empresa para cada produto. Adicionalmente, no tempo restante pretendia-se iniciar o processo de Gestão Visual e de organização e limpeza das linhas de escolha e embalagem. Na Tabela 13 encontra-se a planificação das melhorias previstas a implementar ao longo do projeto.

Tabela 13 - Plano de ações no tempo

PLANO DO PROJETO														
Problema	Melhoria	Responsável de operacionalização	Recursos	Objetivo/ Intuito	Como medir o efeito (Indicador)	Ação	Janeiro 1ª metade 2ª metade	Fevereiro 1ª metade 2ª metade	Março 1ª metade 2ª metade	Abril 1ª metade 2ª metade	Maiio 1ª metade 2ª metade			
Cálculo do tempo disponível com imprecisão	Recolha de novos valores de cadência <i>standard</i>	Estagiária	-	Aumentar a precisão do cálculo dos indicadores	Alteração nos indicadores calculados	Planear os locais de medição das cadências		X						
						Medir as cadências produtivas de cada linha de produção		X	X	X				
						Atualizar os indicadores					X		X	
Acumulação de sujidade e lixo nas linhas de produção	Criar standard de limpeza e embalagem + arrumação - 5S	Equipa da escolha e embalagem + estagiária	-	Manter o local de trabalho mais harmonioso e diminuir o desgaste das máquinas/ equipamentos	Grau de limpeza e arrumação no final de cada turno	Perceber as tarefas e frequência necessárias		X	X					
						Planejar calendário de limpeza			X	X				
						Implementar o plano				X	X			
Informações desatualizadas sem um local específico e necessidade de mais informações	Quadro visual para cada linha com as informações necessárias	Chefe da secção + Chefes de turno + estagiária	Quadro branco	Eliminar informações não precisas e diminuir o tempo de procura pela informação	Número de folhas com informações desatualizadas	Formar					X			
						Analisar as informações presentes nas linhas	X	X						
						Gestão Visual			X	X				
						Nível 1			X	X				
						Folhas não necessárias			X	X	X			
						Gestão Visual								

5.4. Melhorias Implementadas

Depois de realizado o plano de tarefas para os meses seguintes do projeto, iniciou-se cada uma das melhorias no tempo previsto. Com o início da situação pandémica em Portugal o projeto teve de ser interrompido mais cedo do que o planeado, condicionando a conclusão de várias melhorias, uma vez que na primeira metade de março ficou impedida a ida às instalações fabris. Assim, neste capítulo encontra-se a descrição e implementação das melhorias planeadas até à primeira metade de março, bem como o início de algumas melhorias que seriam para iniciar apenas em abril.

5.4.1. Recolha de novos valores de cadências *standard*

A medição das cadências dos vários produtos da empresa, sendo a principal melhoria apontada por esta, teve início na segunda metade de janeiro. Após planejar as zonas das linhas de produção com maior impacto nas medições, concluiu-se que os gargalos identificados em 4.3 seriam os pontos de medição mais apropriados para cada uma das três linhas de produção da escolha e embalagem. Deste modo realizou-se a medição na zona da escolha e na zona de embalamento, sendo que decidiu-se separar esta última zona em dois pontos, a colocação do cartão num conjunto de peças e a formação dos lotes com esses conjuntos.

Na Figura 18 encontra-se a planificação de uma linha de produção da secção de escolha e embalagem, bem como das zonas de medição das cadências produtivas.



Figura 18 - Locais de medição das cadências

Assim, tentou-se realizar as medições em cada produto no mínimo três vezes ao longo de oito horas – a meio do turno das 6H às 14H e no início e a meio do turno das 14H às 22H. Desta forma obtém-se dois conjuntos de valores do estado normalizado de dois turnos/ equipas, como também valores no início de um turno. No entanto, por vezes ocorria mudança de produto antes da mudança de turno, o que impedia a medição de valores nestes três períodos, mas mantinha-se sempre a realização de três conjuntos de medições. Por último, cada conjunto de medições era constituído por quatro valores para evitar erros.

Como apresentado na tabela do Anexo B, na escolha cronometrou-se o tempo desde o início de uma peça até ao início da peça número onze para completar o tempo de dez peças a serem escolhidas. Por outro lado, no embalamento cronometrou-se o tempo de embalar um conjunto de peças cerâmicas do início ao fim, ou seja, escolheu-se o movimento da máquina mais preciso para iniciar a contagem até ao mesmo ponto no próximo conjunto de peças. Por último, para cronometrar um lote utilizou-se a mesma estratégia que o embalamento. Também era importante registar algumas especificações do produto e da dificuldade de escolha, devido à presença de mais ou menos defeitos nas peças, ou até mesmo se seria o início de um turno.

A interrupção da medição das cadências no início de março condicionou a robustez dos valores e a quantidade de famílias de produtos agrupadas, como também impediu o cálculo dos novos valores de OEE e a comparação das cadências medidas com as já utilizadas pela empresa. Contudo, ao longo de quatro semanas conseguiu-se começar a agrupar as seguintes famílias representadas na Tabela 14, correspondendo a 30% das famílias de produtos da empresa:

Tabela 14 - Famílias de produtos

Linha	Tamanho das peças (cm)	Acabamento	Tipo de escolha
1	30x30	Não Polido	Automática
1	30x60	Não Polido	Manual
1	30x60	Polido	Manual
2	45x90	Não Polido	Manual
2	60x120	Não Polido	Manual
2	60x60	Não Polido	Manual
2	90x90	Não Polido	Manual
2	90x90	Polido	Manual
3	30x60	Outra empresa	Manual
3	30x60	Não Polido	Manual
3	30x60	Não Polido	Automática
3	60x60	Outra empresa	Manual

3	60x60	Não Polido	Automática
3	60x60	Não Polido	Manual

Assim, conseguiu-se realizar os seguintes objetivos do plano inicialmente efetuado (Tabela 15):

Tabela 15 - Ações realizadas na confirmação das cadências produtivas

Ação	Realizado
Planear os locais de medição das cadências	Efetivado
Medir as cadências produtivas de cada linha de produção	Não Completo
Atualizar os indicadores	Não Efetivado

5.4.2. Criação de *standard* de limpeza e arrumação

A secção de escolha e embalagem da empresa, além do pó normalmente presente por ser uma indústria cerâmica, também apresenta acumulação de restos de cola na zona de embalagem das linhas de produção. Embora existam alguns procedimentos adotados entre as três linhas de produção, como o depósito dos restos de cartão e plástico do embalagem em locais específicos, a falta de regras de limpeza entre turnos para os trabalhadores acentua a acumulação natural de lixo ao longo das linhas de produção. Além disso, o pouco cuidado com a limpeza das máquinas prejudica o bom funcionamento destas a longo prazo. Assim, existem pequenas tarefas que são essenciais serem realizadas na mudança de turno ou uma vez por semana, para que se evite a acumulação do trabalho de limpeza ao longo do tempo e facilite o trabalho dos equipamentos.

Depois de observar o dia-a-dia desta secção surgiram algumas atividades que poderiam ser realizadas, e, depois de discutidas estas ideias, foi possível realizar uma proposta de plano de limpeza. O objetivo do calendário apresentado na Figura 19 é ser usado em cada uma das três linhas de produção e estar visível para todos. Embora sejam os trabalhadores presentes nas linhas a confirmar a realização de cada tarefa, é aconselhável existir uma confirmação por parte do chefe de turno para garantir o cumprimento.

		Plano de Limpeza																				
		Semana:						Linha de escolha nº:														
		Segunda			Terça			Quarta			Quinta			Sexta			Sábado			Domingo		
Operações a realizar		1ºT	2ºT	3ºT	1ºT	2ºT	3ºT	1ºT	2ºT	3ºT	1ºT	2ºT	3ºT	1ºT	2ºT	3ºT	1ºT	2ºT	3ºT	1ºT	2ºT	3ºT
1	Garantir organização geral da linha																					
2	Limpar comandos de operação																					
3	Varrer a área de trabalho da zona da escolha																					
4	Verificar a tinta das canetas fluorescentes da escolha																					
5	Se cheios, substituir plasticão e papelão																					
6	Se cheio, esvaziar cacos antes do agrupador																					
7	Limpar saída do alimentador e varrer																					
8	Limpar a passagem da zona de peças entre o embalamento e a cintadora																					
9	Limpar a zona de paletização																					
10	Limpar os agrupadores: retirar todos os cacos existentes nas correntes, no chão e nas tampas																					

Figura 19 - Plano de Limpeza para as linhas de produção

Esta melhoria e a possível implementação da ferramenta 5S estavam planeados para o mês de abril, no qual esperava-se não existir a produção de peças vindas da outra unidade cerâmica, e, portanto, haver mais oportunidade para possíveis paragens para limpeza mais profunda e formação dos trabalhadores. Contudo, com a interrupção do projeto não foi possível realizar a implementação e validar o plano junto das equipas de chefia dessa secção, logo nesta proposta de melhoria não foi possível presenciar alterações na secção de escolha e embalagem. Deste modo, apenas se teve oportunidade de realizar metade do plano, tendo executado as seguintes ações (Tabela 16):

Tabela 16 - Ações realizadas do plano de limpeza

Ação	Realizado
Perceber as tarefas e frequência necessárias	Efetivado
Planear calendário de limpeza	Efetivado
Implementar o plano	Não Efetivado
Formar	Não Efetivado

5.4.3. Gestão Visual

Por último, um dos requisitos da empresa para este projeto foi a atuação na Gestão Visual da escolha e embalagem da empresa. Ao longo do tempo passado nas linhas de produção verificou-se várias oportunidades de melhoria de Gestão Visual, no entanto nem todas se podiam concretizar a curto prazo face à disponibilidade da empresa.

Assim, após reunir com os responsáveis no mês de fevereiro, e decidir quais as implementações possíveis no período de projeto, concluiu-se que no primeiro mês seria possível alterar as identificações dos quadros de análise das peças em produção e editar a folha de especificações para cada nova referência de produto na produção. Numa fase seguinte, em coordenação com a melhoria anterior de limpeza das linhas, pretendia-se eliminar as folhas presentes nas linhas de produção que se encontravam desatualizadas ou as que eram inúteis e, se necessário, acrescentar novas folhas mais resistentes à degradação do uso. Por último, e uma vez que a empresa já possuía quadros brancos, mas ainda não os utilizava, colocar-se-ia indicadores relevantes e informações necessárias para os trabalhadores, bem como oportunidades de melhoria nos quadros nas linhas de produção.

De acordo com o calendário planeado e com a interrupção do projeto antes do previsto, apenas seria possível realizar a gestão visual de nível 1. No entanto, foi possível iniciar um pouco a gestão visual de nível 2 em simultâneo. Deste modo, em primeiro lugar realizou-se alterações na ficha de informações de cada referência de produto. Esta ficha continha informações irrelevantes, não era intuitiva para a análise dos trabalhadores e precisava de outros dados acrescentados.

Na Figura 20 encontram-se, a verde e à direita, as alterações realizadas nessa ficha. Acrescentou-se a identificação explícita do código a inserir nas máquinas em relação à paletização, a especificação das paletes necessárias, o número de caixas por lote e, por último, um espaço indicado para anotar o lote e o calibre utilizado, informações que eram precisas e não tinham um local adequado na folha. Além disso, também se alterou a estética do documento de modo a facilitar a correspondência da caixa de verificação com a informação correspondente. Estas alterações encontram-se no Anexo C num tamanho maior.

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA A EMBALAGEM E PALETIZAÇÃO DA REFERÊNCIA			
CARIMBO CAIXA	Carimbo: para Touch = TC (66TL1 TC)		VALIDAÇÃO
	Carimbo: para AS NR = ASR (66EX1 ASR)		
	Referência	33IF23 NR	
	Info Palet Card 1	B2533IF23BF	
Manter estes dados sempre atualizados nos quadros dos paletizadores	Info Palet Card CM	B2533T23BF	Zero (0) <input type="checkbox"/> Não é 0 <input type="checkbox"/> 3º/lot <input type="checkbox"/> 9999 <input type="checkbox"/>
	3ª escolha só produto NATURAL	0	
	Acabamento	NR	
	Tipo de Superfície	Escrever UGL no carimbo	
ATENÇÃO ESCREVER UGL NO CARIMBO em todos os produtos. Exceto PRESTIGE (PT's) GL	Espeçura (mm)	10,5	Caixa XXX leva <u>GL</u>
	Classes de escolha	"1/CM	
	NFUPEC (só 1ª escolha)	0	
	Embalagem	9XB000413/9XB000126	
	Peças por caixa	11	
	m² por caixa	0,99	
	Tipo de Palete	NORMAL	
	Caixas por Palete	48	
	m² por Palete	47,52	
	Cadência peças/minuto	50	
Meta de 1ª Escolha	82		
Observações			

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA A EMBALAGEM E PALETIZAÇÃO DA REFERÊNCIA			
CARIMBO CAIXA	Carimbo: para Touch = TC (66TL1 TC)		VALIDAÇÃO
	Carimbo: para AS NR = ASR (66EX1 ASR)		
	Referência	33IF23 NR	
	Info Palet Card 1	B2533IF23BF	
Manter estes dados sempre atualizados nos quadros dos paletizadores	Info Palet Card CM	B2533T23BF	Zero (0) <input type="checkbox"/> Não é 0 <input type="checkbox"/> 3º/lot <input type="checkbox"/> 9999 <input type="checkbox"/>
	3ª escolha só produto NATURAL	0	
	Info Palet Card 1	33IF23 NR 1	
	Info Palet Card CM	33T23 NR CM	
ATENÇÃO ESCREVER UGL NO CARIMBO em todos os produtos. Exceto PRESTIGE (PT's) GL	Acabamento	NR	Caixa XXX leva <u>GL</u>
	Tipo de Superfície	Escrever UGL no carimbo	
	Espeçura (mm)	10,5	
	Classes de escolha	"1/CM	
	NFUPEC (só 1ª escolha)	0	
	Embalagem	9XB000413/9XB000126	
	Peças por caixa	11	
	m² por caixa	0,99	
	Tipo de Palete	NORMAL	
	Caixas por Palete	48	
m² por Palete	47,52		
Caixas por Lote	4		
Cadência peças/minuto	50	Lote	
Meta de 1ª Escolha	82	Calibre	
Observações			

Figura 20 - Antes e depois da ficha de mudança de referência de produto

De seguida substituiu-se a identificação dos quadros que funcionam como painéis de análise de peças cerâmicas para a escolha, acrescentou-se informação que os trabalhadores tinham feito por eles por necessidade (Figura 21) e iniciou-se o processo de verificação das informações presentes nas linhas de produção.

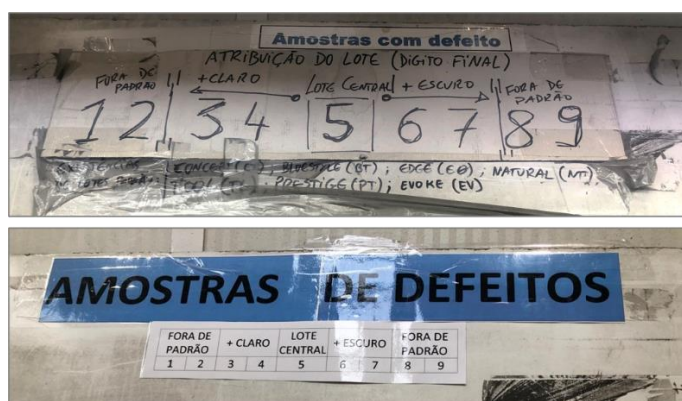


Figura 21 - Antes e depois de títulos dos painéis

Aquando da substituição dos títulos dos painéis decidiu-se finalizar as informações presentes nestes e tornou-se algumas informações importantes mais resistentes e legíveis, representadas na Figura 22.

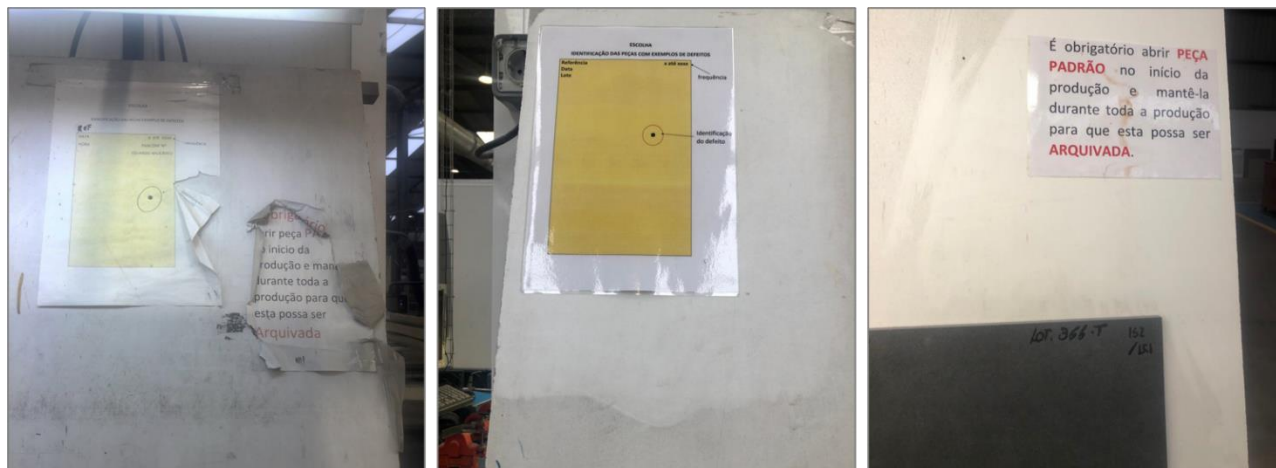


Figura 22 – Folhas com informações em mau estado vs. Substituição por folhas mais resistentes

A etapa seguinte seria substituir os documentos da Figura 23 por novos atualizados, atribuir-lhes um novo local e construir os quadros brancos existentes para a secção de escolha e embalagem. Contudo, estas alterações não puderam ser concretizadas. A Tabela 17 mostra que das melhorias previstas de Gestão Visual, foi apenas possível realizar o Nível 1, ficando incompletos o Nível 2 e 3.

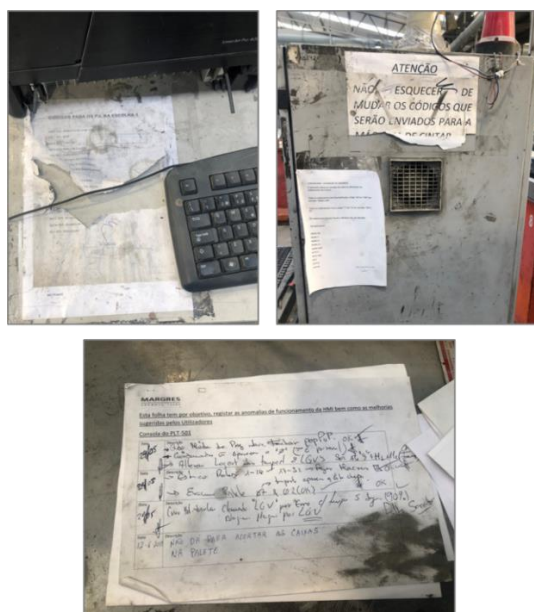


Figura 23 – Possíveis alterações futuras

Tabela 17 - Ações realizadas de Gestão Visual

Ação		Realizado
Analisar as informações presentes nas linhas		Efetivado
Gestão Visual Nível 1	Identificação nos quadros	Efetivado
	Folha de mudança de produto	Efetivado
Gestão Visual Nível 2	Folhas não necessárias	Não completo
	Folhas em más condições	Não completo
Gestão Visual Nível 3	Quadro Branco com indicadores	Não Efetivado

Assim, pode-se verificar que, por motivos externos ao projeto, ficaram diversas etapas por concluir em cada categoria de melhoria, dificultando a análise de possíveis resultados. No Capítulo 6 são expostas as considerações finais e as limitações sentidas ao longo deste projeto.

6. Conclusão

Neste último capítulo expõem-se as considerações finais e as limitações e desafios sentidos ao longo do projeto. Por último, são apresentadas oportunidades de trabalho futuro, referentes à continuidade do que foi realizado neste projeto e sugeridas outras melhorias para a secção de escolha e embalagem da empresa.

6.1. Considerações finais

A implementação de qualquer melhoria numa linha de produção implica ouvir e envolver os colaboradores que nela trabalham. Aplicar ferramentas sem o contributo dos trabalhadores pode ser um impedimento para o sucesso da melhoria contínua, pois as pessoas não percebem a importância que têm nessas melhorias. A aplicação de melhorias na secção de escolha e embalagem desta empresa, de pavimentos e revestimentos cerâmicos, tinha sido até então uma luta para conseguir manter o estado inicial no tempo, uma vez que muitos dos colaboradores trabalham nela há pouco tempo.

O objetivo da filosofia *Lean* de conseguir manter as práticas de melhoria contínua a longo prazo e, deste modo, ir ao encontro da eficiência organizacional, é medido através de indicadores, quer para a gestão da empresa, quer para os trabalhadores e chefes de cada secção. Assim é criado um espírito de cooperação e de responsabilidade por parte de todos os colaboradores da organização.

Embora o tempo do projeto apenas tivesse dado oportunidade para uma parte das melhorias propostas, verificou-se que as causas de cada um dos problemas encontrados a influenciar os OEE e os restantes indicadores estão interligadas e não isolados. Depois de analisar cada linha de produção da escolha e embalagem perto dos trabalhadores, concluiu-se que a zona da escolha e do embalador eram as áreas causadoras de maiores tempos de paragens de cada uma das linhas produtivas. Além das paragens devido a problemas nos equipamentos, também se verificou o tempo de não produção devido a atrasos no início de cada turno.

A medição de cadências produtivas, com objetivo de tornar a recolha de dados mais real, ficou incompleta, completando-se a medição de apenas 30% da vasta gama de produtos da empresa. Embora se tenha medido a cadência produtiva de vários produtos que são produzidos com maior

frequência, a recolha de dados dos produtos de maior detalhe e dificuldade seria importante, mas não foi possível face às condições existentes.

O início da aplicação da Gestão Visual na escolha e embalagem criou um ambiente mais organizado e deu oportunidade para se sentir, por parte dos trabalhadores, mais vontade para intervir e darem a opinião. Por outro lado, no planeamento de um calendário de limpeza e organização destas linhas de produção, uma vez que não foi possível implementá-lo e discuti-lo, não se obtiveram resultados. No entanto, embora as implementações estivessem no início, no final do tempo do projeto observava-se uma maior responsabilidade por parte dos trabalhadores, existia menos trabalho em atraso, dando oportunidade a outras tarefas, e os trabalhadores estavam a utilizar a folha de registo de início de produto corretamente.

6.2. Limitações

A principal limitação deste projeto foi o tempo disponível para o projeto ter sido menor do que estava planeado inicialmente. O facto de se ter iniciado o projeto mais tarde devido à disponibilidade da empresa, atrasou as decisões feitas referentes às melhorias propostas e consequentemente atrasou o início da parte prática do projeto.

Por outro lado, o período de trabalho em que a empresa se encontrava não era propício a algumas intervenções, como foi o caso da implementação de novos métodos de trabalho. Assim, encontrou-se nestas equipas dois perfis de colaboradores que dificultavam a fluidez da mudança: os trabalhadores novos e sem experiência, que estavam focados em aprender a manusear os equipamentos, e os trabalhadores que já têm muitos anos de trabalho na secção de escolha e embalagem da empresa e não consideram novas alterações como algo positivo e benéfico. No entanto, com o passar do tempo, e com a inclusão das pessoas nas propostas de melhorias, conseguiu-se alguns avanços e iniciou-se o longo processo de mudança.

6.3. Trabalho futuro

Ao longo deste documento verificou-se a existência de várias propostas de melhorias passíveis de serem implementadas e que contribuem para o melhor rendimento da secção de escolha e

embalagem. No entanto, estas devem ser implementadas de forma gradual, de forma a existir um tempo de habituação para cada nova tarefa ou método.

Assim, consegue-se enumerar o trabalho futuro, mesmo parecendo básico, numa janela de curto prazo para aumentar o bom funcionamento de cada turno e, conseqüentemente, melhorar o rendimento da seção de escolha e embalagem da empresa:

- Criar calendário de manutenção periódica da responsabilidade dos trabalhadores;
- Horário de início de turno dos operadores desfasado do horário de entrada dos chefes de turno, para o mesmo chefe de turno estar presente na passagem de informação entre equipas;
- Criar um local visível e de fácil acesso para propostas de melhoria, bem como para outras informações relevantes e indicadores;
- Melhorar a capacidade de escolha manual, substituindo a cadeira do escolhedor e isolando melhor a entrada de luz natural na escolha;
- Realizar formações de forma a aumentar o conhecimento dos trabalhadores e melhorar o método de trabalho.

Deste modo, através da alteração de pequenos hábitos inicia-se a transformação gradual de melhorias de dificuldade superior, evitando um choque no dia-a-dia dos trabalhadores ao tentar mudar tudo de uma só vez.

Referências Bibliográficas

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation : A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total Productive Maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Al-Zwainy, F. M. S., & Mezher, R. A. (2018). Diagnose the Causes of Cost Deviation in Highway Construction Projects by Using Root Cause Analysis Techniques. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43(4), 2001–2012. <https://doi.org/10.1007/s13369-017-2850-2>
- Almannai, B., Greenough, R. Ā., & Kay, J. (2008). A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24, 501–507. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.07.002>
- Andersen, B., & Fagerhaug, T. (2006). *Root Cause Analysis: Simplified tools and techniques*. Retrieved from <https://books.google.pt/books?id=N7bCQty-yH0C&printsec=frontcover&dq=Root+Cause+Analysis:+Simplified+Tools+and+Techniques&hl=pt-PT&sa=X&ved=0ahUKEwifsnPUpojAhVbDWMBHYfdCYMQ6AEIKDAA#v=onepage&q&f=false>
- Arabian-Hoseynabadi, H., Oraee, H., & Tavner, P. J. (2010). Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) for wind turbines. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, 32(7), 817–824. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2010.01.019>
- Bamber, L., & Dale, B. G. (2010). Lean production : A study of application in a traditional manufacturing environment. *Production Planning and Control*, 11(3), 291–298. <https://doi.org/10.1080/095372800232252>
- Batumalay, K., & Santhapparaj, A. S. (2009). Overall Equipment Effectiveness (OEE) through Total Productive Maintenance (TPM) practices - A study across the Malaysian industries. *International Conference for Technical Postgraduates 2009, TECHPOS 2009*.

<https://doi.org/10.1109/TECHPOS.2009.5412049>

Ben-Daya, M. B. (1999). Integrated production maintenance and quality model for imperfect processes. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 31(6), 491–501. <https://doi.org/10.1023/A:1007642104680>

Bhasin, S. (2011). Performance of organisations treating lean as an ideology. *Business Process Management Journal*, 17(6), 986–1011. <https://doi.org/10.1108/14637151111182729>

Brown, L. A., George, B., & Mehaffey-Kultgen, C. (2018). The development of a competency model and its implementation in a power utility cooperative: an action research study. *Industrial and Commercial Training*, 50(3), 123–135. <https://doi.org/10.1108/ICT-11-2017-0087>

Candra, N. E., Susilawati, A., Herisiswanto, & Setiady, W. (2017). Implementation of Total Productive Maintenance (TPM) to improve sheeter machine performance. *MATEC Web of Conferences*, 135, 00028. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713500028>

Cavaye, A. L. M. (1996). Case study research: A multi-faceted research approach for IS. *Information Systems Journal*, 6(3), 227–242. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2575.1996.tb00015.x>

Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of Total Productive Maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71–94. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.10.021>

Chiang, S.-Y., Kuo, C.-T., & Meerkov, S. M. (1998). Bottlenecks in Markovian production lines: A systems approach. *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, 14(2), 352–359. <https://doi.org/10.1109/70.681256>

Chiarini, A. (2014). Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: An empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Journal of Cleaner Production*, 85, 226–233. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080>

Chin, K., Wang, Y., Ka, G., Poon, K., & Yang, J. (2009). Failure mode and effects analysis using a group - based evidential reasoning approach. *Computers and Operations Research*, 36, 1768–1779. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2008.05.002>

Das, B., Venkatadri, U., & Pandey, P. (2014). Applying lean manufacturing system to improving

- productivity of airconditioning coil manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1–4), 307–323. <https://doi.org/10.1007/s00170-013-5407-x>
- De Ron, A. J., & Rooda, J. E. (2006). OEE and equipment effectiveness: An evaluation. *International Journal of Production Research*, 44(23), 4987–5003. <https://doi.org/10.1080/00207540600573402>
- Eaidgah Torghabehi, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodaei, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2), 187–210. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028>
- Gouiaa-Mtibaa, A., Dellagi, S., Achour, Z., & Erray, W. (2018, May 1). Integrated Maintenance-Quality policy with rework process under improved imperfect preventive maintenance. *Reliability Engineering and System Safety*, Vol. 173, pp. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.12.020>
- Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128–1134. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.174>
- Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almström, P. (2016). Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE. *Procedia CIRP*, 57, 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.023>
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- John, A., Meran, R., Roenpage, O., & Staudter, C. (2009). *Six Sigma+Lean Toolset* (S. Lunau, Ed.). <https://doi.org/10.1007/978-3-540-32350-1>
- Kuo, C. T., Lim, J. T., & Meerkov, S. M. (1996). Bottlenecks in serial production lines: A system-theoretic approach. *Mathematical Problems in Engineering*, 2(3), 233–276. <https://doi.org/10.1155/S1024123X96000348>
- Li, L. (2018). A systematic-theoretic analysis of data-driven throughput bottleneck detection of

- production systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 47, 43–52.
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.03.001>
- Lolli, F., Ishizaka, A., Gamberini, R., Rimini, B., & Messori, M. (2015). A novel group multi-criteria decision support system for sorting problems with application to FMEA. *Expert Systems with Applications*, 42(17–18), 6342–6349. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.04.028>
- McCutcheon, D. M., & Meredith, J. R. (1993). Conducting case study research in operations management. *Journal of Operations Management*, 11(3), 239–256.
[https://doi.org/10.1016/0272-6963\(93\)90002-7](https://doi.org/10.1016/0272-6963(93)90002-7)
- Murata, K., & Katayama, H. (2010). Development of Kaizen case-base for effective technology transfer-a case of visual management technology. *International Journal of Production Research*, 48(16), 4901–4917. <https://doi.org/10.1080/00207540802687471>
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM : total productive maintenance*. Productivity Press.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: Beyond large-scale production*. Cambridge: MA: Productivity Press.
- Pantazopoulos, G., & Tsinopoulos, G. (2005). Process failure modes and effects analysis (PFMEA): A structured approach for quality improvement. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 5(April), 5–10. <https://doi.org/10.1361/15477020522933>
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning and Control*, 17(1), 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>
- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable standardized work in a lean company - A case study. *Procedia CIRP*, 52, 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>
- Pinto, J. L. Q., Matias, J. C. O., Pimentel, C., Azevedo, S. G., & Govindan, K. (2018). Just in Time Factory: Implementation through lean manufacturing tools. In *Springer*.
<https://doi.org/doi.org/10.1007/978-3-319-77016-1>
- Runeson, P., & Höst, M. (2009). Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14(2), 131–164.

<https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>

- Somsuk, N., & Pongpanich, P. (2008). The application of FMEA in defect reduction for the spindle motor assembly process for hard disk drives. *4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, 704–709. <https://doi.org/10.1109/ICMIT.2008.4654451>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tezel, A., & Aziz, Z. (2017). Visual management in highways construction and maintenance in England. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(3), 486–513. <https://doi.org/10.1108/ECAM-02-2016-0052>
- Tezel, B. A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. *International Research Symposium*, 201–219. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/10883/>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—Banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Womack, James. P., Jones, D. T., & Ross, D. (1990). *The machine that changed the world*. New York: NY: Rawson Associates.

Anexos

Anexo A. Folha de registo de tempos de paragem

[illegible]

Anexo B. Tabela de recolha das cadências produtivas

Linha 1	Escolha				Embalagem			Lote			Tipo Escolha	Facilidade	Família
	Data	Referência	m2/peça	Pç/cx	Cx/Lot	seg/10p	m2/hora	seg/1cx	m2/hora	seg/1Lot	m2/hora		
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,60	308,90	9,67	376,94	19,83	367,62	início ref.	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	24,04	303,24	9,91	367,81	19,7	370,05	início ref.	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,83	305,92	9,56	381,28	20,45	356,48	início ref.	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,72	307,34	9,48	384,49	19,6	371,94	início ref.	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,78	306,56	9,63	378,50	19,34	376,94	normal	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,98	304,00	9,51	383,28	19,52	373,46	normal	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,64	308,38	9,66	377,33	20,04	363,77	normal	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,19	314,36	10,15	359,11	19,18	380,08	normal	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,90	305,02	9,95	366,33	24,48	297,79	normal	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,30	312,88	13,90	262,23	24,00	303,75	normal	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,69	307,72	9,68	376,55	19,93	365,78	normal	45x45 n/p
18/fev		45ND1 NR	0,2025	5	2	23,82	306,05	18,68	195,13	24,43	298,40	normal	45x45 n/p
						Média	307,53	Média	350,75	Média	352,17		

Anexo C. Antes e depois da ficha de mudança de referência de produto

INFORMAÇÕES NECESSÁRIAS PARA A EMBALAGEM E PALETIZAÇÃO DA REFERÊNCIA		VALIDAÇÃO		
CARIMBO CAIXA	Carimbo: para Touch = TC (66TL1 TC)		<input type="checkbox"/>	
	Carimbo: para AS NR = ASR (66EX1 ASR)		<input type="checkbox"/>	
	Referência	33IF23 NR	<input type="checkbox"/>	
	Info Palet Card 1	B2533IF23BF	<input type="checkbox"/>	
Manter estes dados sempre atualizados nos quadros dos paletizadores	Info Palet Card CM	B2533IT23BF	<input type="checkbox"/>	
	3ª escolha só produto NATURAL	0	<input type="checkbox"/>	
	Info Palet Card 1	33IF23 NR 1	<input type="checkbox"/>	
	Info Palet Card CM	33IT23 NR CM	<input type="checkbox"/>	
ATENÇÃO ESCRIVER UGL NO CARIMBO em todos os produtos. Exceto PRESTIGE (PT's) GL	Acabamento	NR	<input type="checkbox"/>	
	Tipo de Superfície	Escraver UGL no carimbo	<input type="checkbox"/>	
	Espessura (mm)	10,5	<input type="checkbox"/>	
	Classes de escolha	"1"/CM	<input type="checkbox"/>	
Caixa XXX leva GL	NFUPEC (só 1ª escolha)	0	<input type="checkbox"/>	
	Embalagem	9XB000413/9XB000126	<input type="checkbox"/>	
	Peças por caixa	11	<input type="checkbox"/>	
	m² por caixa	0,99	<input type="checkbox"/>	
Tipo de Paleta	NORMAL	800 x 1200	<input type="checkbox"/>	
	Caixas por Paleta	48	<input type="checkbox"/>	
	m² por Paleta	47,52	<input type="checkbox"/>	
	Caixas por Lote	4	<input type="checkbox"/>	
Cadência peças/minuto	50	Lote	<input type="checkbox"/>	
	Meta de 1ª Escolha	82	Calibre	<input type="checkbox"/>
	Observações			

