

Aplicação Industrial do Pilar de Organização de Posto de Trabalho do *World Class Manufacturing* numa Área Modelo

Sofia Pinho Laranjeira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial
(2^o ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Fernando Manuel Bigares Charrua Santos
Co-orientadora: Prof. Doutora Tânia Daniela Felgueiras Miranda Lima

outubro de 2021

Folha em branco

Agradecimentos

Quero agradecer a cooperação de algumas pessoas e entidades, com as quais foi possível a realização e conclusão deste projeto, nomeadamente:

- Engenheiro e professor Alexandre Rios, da empresa FEPSA, por se ter disponibilizado a conhecer o meu projeto e ter permitido o desenvolvimento do mesmo em contexto industrial;
- Engenheira Sara França, da empresa FEPSA, pela monitorização, ensinamentos e disponibilidade durante todo o meu estágio;
- À FEPSA- Feltros Portugueses SA, por me terem recebido tão bem e permitirem não só realizar o meu projeto como integrar a equipa de colaboradores;
- Engenheiro Diego Marinho, especialista em *World Class Manufacturing*, pelos ensinamentos, formação e incentivo para este projeto.
- Professor Fernando Santos, da UBI, por me ter aceitado como sua orientada e por se ter interessado por um tema diferente do habitual.

Por fim e mais importante, quero agradecer aos meus pais e irmã por me terem sempre apoiado e aconselhado nas minhas escolhas do dia a dia e pela força que me dão.

Um Bem-haja a todos

Folha em branco

Resumo

A *Lean Manufacturing* (LM) não tem um método de implementação definido, o que pode dificultar a sua aplicação, tornando-a morosa, assim como acarretar custos elevados na implementação de melhorias e na sua manutenção ao longo do tempo. Já o *World Class Manufacturing* (WCM) é um sistema de implementação de melhoria contínua organizado, estruturado e sistémico, que permite a recuperação de equipamentos e postos de trabalho e permite implementar a melhoria contínua rapidamente, por fases, e garante que a melhoria fica em vigor ao longo do tempo.

O objetivo da presente dissertação foi validar a eficácia e a rapidez da implementação do pilar de Organização de Posto de trabalho através da metodologia WCM, em comparação à *Lean Manufacturing*. De modo, a estudar a viabilidade da utilização do WCM como uma alternativa à LM. As atividades foram divididas em 2 fases (atividades preliminares e fase reativa) com 4 passos no total (do passo zero ao passo 3). Nas atividades preliminares (passo zero) foram identificados os componentes do posto de trabalho e divididos em atividades/passos depois foi realizada uma recuperação do posto (passo 1) e uma melhoria (passo 2) no final realizou-se um estudo do método para validar os benefícios das melhorias no ciclo produtivo, no *setup* e nas limpezas.

O observou-se que no espaço de 3 meses, os equipamentos de limpeza e de *setup* deixaram de desaparecer, o tempo de *setup* diminuiu em 40% e que é possível atingir um aumento de 20% na produtividade do sector de enformação. Assim, concluiu-se que a metodologia WCM aplicada à organização de postos de trabalho é uma alternativa possível à *Lean Manufacturing*.

Palavras-chave

Manufatura de Classe Mundial;Melhoria Contínua;*Lean Manufacturing*;Indústria Têxtil;Feltros

Folha em branco

Abstract

Lean Manufacturing (LM) does not have a defined implementation method, which can make its application difficult, making it time-consuming, as well as incurring high costs in the implementation of improvements and maintenance over time. The World Class Manufacturing (WCM) is an organized, structured, and systemic continuous improvement implementation system, which allows the recovery of equipment and jobs and allows continuous improvement to be implemented quickly, in phases, and ensures that the improvement stays in force over time.

The objective of this dissertation was to validate the effectiveness and speed of the implementation of the Workplace Organization pillar through the WCM methodology, compared to Lean Manufacturing. To study the feasibility of using WCM as an alternative to LM. The activities were divided into 2 phases (preliminary activities and reactive phase) with 4 steps in total (from step zero to step 3). In the preliminary activities (step zero) the components of the workstation were identified and divided into activities/steps, after which a recovery of the post was carried out (step 1) and an improvement (step 2) at the end a study of the method was carried out to validate the benefits of improvements in the production cycle, setup and cleaning.

It was observed that within 3 months, cleaning and setup equipment stopped disappearing, setup time decreased by 40% and it is possible to achieve a 20% increase in productivity in the forming sector. Thus, it was concluded that the WCM methodology applied to the organization of jobs is a possible alternative to Lean Manufacturing.

Keywords

World Class Manufacturing; WCM; Continuous Improvement; Lean Manufacturing; textile; Felt.

Folha em branco

Índice

Agradecimentos	iii
Resumo	v
Abstract.....	vii
Índice	ix
Lista de Figuras.....	xi
Acrónimos.....	xv
1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura da Dissertação	3
2. Lean Manufacturing	5
3. World Class Manufacturing.....	11
3.1. Definição	11
3.2. Pilares Técnicos	12
3.2.1. Segurança (SEG)	13
3.2.2. Desdobramento de custos (DC)	13
3.2.3. Melhoria Focada (MF)	13
3.2.4. Organização de posto de trabalho (OPT).....	13
3.2.5. Manutenção Autónoma (MA)	14
3.2.6. Manutenção Profissional (MP)	14
3.2.7. Controlo da Qualidade	14
3.2.8. Gestão antecipada de produtos (GAP) e de equipamentos (GAE)	15
3.2.9. Logística	15
3.2.10. Desenvolvimento de pessoas (DP).....	15
3.2.11. Ambiente e energia (AE).....	15

3.3.Implementação dos Pilares Técnicos	16
3.4.Sistema de Auditorias	17
3.5.Os Envolvidos.....	18
3.6.Etapas de implementação do pilar OPT.....	19
3.6.1. Passo 0 (zero) – Atividades preliminares.....	19
3.6.2. Passo 1 – Limpeza Geral.....	20
3.6.3. Passo 2 – Reorganização dos processos	21
3.6.4. Passo 3 –Padronização inicial	21
3.6.5. Passo 4 – Formação.....	21
3.6.6. Passo 5 – Fornecimento JIT e balanceamento.....	22
3.6.7. Passo 6 – Padronização	23
3.6.8. Passo 7 – Sequência de trabalho padrão	23
3.7. <i>Lean</i> vs WCM	23
3.8.Barreiras à Implementação do WCM.....	23
4. Caso Prático.....	25
4.1. Empresa	25
4.2.Processo produtivo.....	26
4.3.Implementação.....	27
4.3.1. Passo 0 – Atividades Preliminares	28
4.3.2. Passo 1 – Limpeza inicial.....	30
4.3.3. Passo 2 – Reorganização dos processos	41
4.3.4. Passo 3 – Padronização Inicial.....	46
4.4.Outras atividades realizadas	55
5. Conclusão	57

Lista de Figuras

Figura 1 - Casa do Toyota Production System	9
Figura 2 - Fases e etapas do pilar OPT	17
Figura 3 – Fluxo de atividades preliminares	20
Figura 4 - VSM simplificado do fluxo de processos de feltragem	27
Figura 5 - Organização dos constituintes da enformação.	28
Figura 6 - <i>Radar Chart</i> dos operadores do setor de enformação	30
Figura 7 - Fluxo de atividades 5S do passo 1	30
Figura 8 - Ciclo produtivo de enformação	31
Figura 9 - Etapas do <i>setup</i>	32
Figura 10 - Processo de 5S sob as bancadas	34
Figura 11 - Processo de análise da organização das formas.....	34
Figura 12 - Tendências de procura de formas e tamanhos para o ano 2019	35
Figura 13 - Tendências de procura de formas e tamanhos para o ano 2020	35
Figura 14 - Composição de uma máquina de enformar.....	38
Figura 15 - Máquinas antes e depois dos 5S	39
Figura 16 – Processo de 5S nos painéis de controlo	39
Figura 17 - Processo de padronização das escalas metálicas.....	40
Figura 18 - Etapas de limpeza das máquinas de enformação.....	40
Figura 19 - Kits de limpeza antes e depois dos 5S	41
Figura 20 - Sistemas associados ao ciclo de produção	42
Figura 21 – Procedimento utilizado para enformação de copas ovais.	43
Figura 22 - Resultado da cronoanálise dos tempos de ciclo de produção.....	44
Figura 23 - Máquina de enformar antiga.	47
Figura 24 - Sugestão de melhoria para os métodos de aperto	49
Figura 25 - <i>Spaghetti Chart</i> de parte do setor da enformação.....	50
Figura 26 – Alterações sugeridas para a bancada de sinos e situação atual	52

Figura 27 - Máquinas de picotar abas Antiga e atual.....	54
Figura 28 - Fluxo de obra no setor enformação.....	54

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Níveis de consciencialização dos colaboradores	18
Tabela 2 - Classificação das 5 perguntas para zero defeitos.....	22
Tabela 3 - Mapa de polivalências do setor de enformação	29
Tabela 4 – Divisão de trabalho dos postos de trabalho	33
Tabela 5 - Organização de formas nos postos de trabalho	37
Tabela 6 – Quantidade total potencial de feltros enformados	45
Tabela 7 - Tempos do sinal sonoro	46
Tabela 8 – Problemas e resolução da implementação do sinal sonoro.....	46
Tabela 9 – Etapas do <i>setup</i> e possíveis otimizações.....	48
Tabela 10 - Motivos de registo manual e alternativas possíveis.....	49

Folha em branco

Acrónimos

5QPZD	5 Questões Para Zero Defeitos
5S	5 Sensores
ANAV	Atividade que Não Agrega Valor
DC	Desdobramento de Custo
DP	Desenvolvimento de Pessoas
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FCA	<i>Fiat Chrysler Automobiles</i>
HERCA	<i>Human Error Root Cause Analysis</i>
JIT	<i>Just-in-Time</i>
OPL	<i>One Point Lesson</i>
OPT	Organização de Posto de Trabalho
TPM	<i>Total Production Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production Manufacturing</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i>
TRD	Terminal de Recolha de Dados
TWTP	<i>The Way To Teach People</i>
WCM	<i>World Class Manufacturing</i>

Folha em branco

1. Introdução

Neste capítulo será apresentado o enquadramento da temática em estudo, os objetivos definidos, a metodologia adotada e a estrutura da presente dissertação.

1.1. Enquadramento

Hoje em dia as organizações encontram-se num cenário de intensa pressão resultante da competição internacional entre os mercados cuja vantagem competitiva é o baixo custo da produção e da gestão de recursos com alta eficiência (Mendes and Mattos, 2017; Carlo and Simioli, 2018). Assim, ao longo dos anos foram desenvolvidos sistemas, técnicas e ferramentas que procuraram melhorar o tempo de execução, a flexibilidade, a agregação de valor e o desperdício gerado na cadeia produtiva (Goes *et al.*, 2017). Qualquer sistema de gestão, que se foque na melhoria contínua, tem como foco a gestão eficaz da sequência da qualidade, o conceito de mínima movimentação do material, a eliminação das atividades sem valor agregado e o foco na redução do tempo de *lead time* (Jackson and Zanetti, 2017).

A filosofia *Lean*, ou *Toyota Production System* (TPS), desenvolvido no Japão, é ainda hoje um sistema de melhoria contínua atualizado e a base para muitos outros sistemas de melhoria contínua (Womack and Jones, 2003; Carlo and Simioli, 2018; Ebrahimi, Baboli and Rother, 2019). No entanto, o TPS carece de uma abordagem e metodologia estratégica, apesar do seu grande conjunto de ferramentas e práticas para a melhoria contínua. Então, nos anos 80, Richard Schonberger veio propor o conceito de “*World Class Manufacturing*” (WCM) como um termo abrangente para as muitas técnicas e tecnologias projetadas para ajudar as organizações a se igualarem aos seus melhores concorrentes no mercado internacional (Carlo and Simioli, 2018; Malindzakova and Malindzak, 2020).

No início do século XXI, o Prof. Dr. Hajime Yamashima adaptou a abordagem do WCM, já conhecida, para atender às necessidades do grupo *Fiat Chrysler Automobile* (FCA). Esta depressa se estendeu a outros setores industriais por ter metodologias e abordagens estratégicas capazes de levar as organizações para níveis globais de excelência (Murino, Naviglio and Romano, 2012; Mendes and Mattos, 2017; Carlo and Simioli, 2018).

O modelo de WCM ainda é desconhecido para muitos profissionais e entidades. A literatura mostra que a sua aplicação em empresas, de qualquer dimensão, tem grandes benefícios, como o retorno económico e produtivo (Carlo and Simioli, 2018).

1.2. Objetivos

Esta dissertação tem dois objetivos: o primeiro é realizar uma revisão bibliográfica sobre o WCM, em específico sobre o pilar de organização de posto de trabalho (OPT) e sobre os benefícios e contradições da metodologia WCM em relação à metodologia mais conhecida, a *Lean Manufacturing*. O segundo é validar a implementação da metodologia WCM em contexto industrial, através do indicador-chave de produtividade e outros relevantes.

Com o presente trabalho entende-se que haverá uma contribuição para comunidade científica na área da Gestão Industrial e da Melhoria Contínua para a compreensão e aplicação da metodologia WCM numa realidade laboral, onde já exista uma política de melhoria implementada.

1.3. Metodologia

Para a presente dissertação adotou-se uma metodologia de investigação-ação com uma abordagem mista do tema. Esta decisão deve-se ao facto de o objetivo ser o estudo de um método de melhoria contínua e a sua aplicação.

Numa primeira fase procedeu-se a uma pesquisa bibliográfica-teórica do conceito de “*World Class Manufacturing*”. Foi realizada uma abordagem por processos, em que se elaborou o objetivo da dissertação baseada numa questão para um problema. Após esta primeira abordagem realizou-se uma pesquisa através de bases de dados *online*, mais especificamente, a *Web of Science* e a *Science Direct*. Filtrou-se a pesquisa pela palavra-chave “*World Class Manufacturing*”, “*Workplace Organization*” e “*Production*”, para um período de 10 anos (>2010), com acesso aberto, sem filtro para origem ou tipo de documento. Os conteúdos foram analisados, interpretados, selecionados e organizados de acordo com o tema desta dissertação.

Numa segunda parte foi apresentado um estudo de caso realizado em contexto industrial sobre a Organização de Posto de Trabalho pelo método WCM, numa área modelo, onde as atividades foram divididas em 3 fases (atividades preliminares, fase reativa e fase preventiva) dentro das quais existem 4 passos ao todo (do passo zero ao passo 3). Nas atividades preliminares foram identificados os componentes do posto de trabalho e divididos em atividades/passos depois foi realizada uma recuperação do posto (passo 1) e

uma melhoria (passo 2) no final realizou-se um estudo de método (passo 3) a fim de analisar se havia benefícios para o setor, através de uma perspectiva de produtividade.

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos. O primeiro capítulo é o enquadramento da temática em estudo, onde se faz uma breve apresentação do tema, dos objetivos gerais e específicos e as metodologias utilizadas. O segundo capítulo é uma contextualização da *Lean Manufacturing*. O terceiro capítulo é a introdução teórica do tema, no qual são apresentados os conceitos e as definições do sistema WCM e do pilar OPT. No quarto capítulo é apresentado o caso prático, onde se contextualiza e caracteriza a empresa, local de atuação e os resultados da melhoria. No quinto capítulo são apresentadas as conclusões e as perspetivas futuras.

2. Lean Manufacturing

A *Lean Manufacturing (LM)* foi desenvolvida no Japão, na empresa *Toyota Motor Corporation*, e adotada mundialmente por todos os tipos de indústria, como unidades fabris, escritórios, hospitais e outros (Liker and Morgan, 2006; Lean Institute Brasil, 2021). O objetivo da LM é criar a habilidade de produzir mais valor num ambiente livre de desperdícios e com menos esforços (humanos, de tempo, espaço e equipamentos), desde que vá de encontro ao valor que os clientes estão dispostos a pagar (Liker and Morgan, 2006; Jasiulewicz-Kaczmarek and Saniuk, 2018; Rifqi *et al.*, 2021).

A filosofia *Lean* assenta na eliminação de 7 desperdícios provenientes do chão de fábrica: *Stock*, Espera, Defeitos, Sobreprodução, Movimento, Transporte e Sobreprocessamento, através de princípios e ferramentas de melhoria contínua (Liker and Morgan, 2006; Gupta and Jain, 2013; Jasiulewicz-Kaczmarek and Saniuk, 2018; Rifqi *et al.*, 2021):

- O *Just-In-Time (JIT)*: fazer a quantidade certa na hora certa de acordo com a procura do cliente, ou seja, eliminar o stock. O JIT é aplicado através de várias ferramentas e conceitos, como o planeamento do *Takt Time*, o Fluxo Contínuo, o Sistema *Pull*, o *Single Minute Exchange Die (SMED)* e a Logística Integrada (Gupta and Jain, 2013; Rifqi *et al.*, 2021);

- Fluxo Contínuo: é um método que permite mover um único produto através de todas as etapas do processo, em vez de agrupar itens de trabalho em lotes. Desta forma permite enviar mercadorias ao mercado continuamente. Oferecendo ao cliente a oportunidade de agregar valor com mais frequência (Kanbanize, 2021);

- Sistema *Pull*: neste sistema a produção só deve ser iniciada a partir de um pedido solicitado pelo cliente final, em vez de se produzir para acumular *stocks*, evitando assim o desperdício, como *stocks* excessivos ou sobreprodução (Dilanthi, 2015);

- SMED: este sistema garante uma mudança rápida e eficiente do produto que está em execução para o próximo. O tempo de Troca é a quantidade de tempo despendido entre a última peça de um produto até a primeira peça do próximo produto. Este tempo é utilizado para a limpeza e troca das peças da máquina e configuração do próximo produto (Karam *et al.*, 2018). Assume-se que a Troca deve ocorrer num tempo expresso por um único dígito (menos de 10 minutos) (Shingo, 1986);

- Logística integrada: a logística integrada, aliada ao conceito Lean, permite que o fluxo de matéria-prima, informação, pessoas ou outro tipo de valor, seja contínuo e o mais simplificado possível desde o fornecedor até ao cliente (Rifqi *et al.*, 2021);

- *Jidoka*: o objetivo é tornar os problemas visíveis através de mecanismos de alerta e paragem, como *Andon*, *Poka-Yoke* e 5 porquês (ferramenta que permite identificar a causa raiz de um erro);

- *Poka-Yoke*: *Poka-Yoke* (traduzido do japonês significa, à prova de erros) é um dos métodos da *Lean Manufacturing*. É um sistema que garante a existência das condições adequadas à produção, antes de realmente se executar uma etapa do processo, evitando assim a ocorrência de erros no processo que possam originar produto com defeitos ou que não cumpram na totalidade os requisitos de qualidade definidos. Quando isto não é possível, o *Poka-Yoke* tem uma função de deteção, eliminando os defeitos no processo o mais cedo possível. A aplicação de um sistema *Poka-Yoke*, quer seja no projeto de um produto ou no processo produtivo, permite eliminar erros mecânicos e humanos (Noskievičová and Skoumalová, 2016);

- *Andon* (traduzido do japonês, significa lanterna de papel), é um termo usado para definir um sistema de controlo visual que utiliza um quadro de luzes elétricas, ou outros dispositivos de sinalização, os quais são colocados na fábrica, para que os trabalhadores possam pedir auxílio e parar a linha de produção. Tem sido usado em muitas fábricas japonesas e americanas como uma abordagem eficaz para melhorar a qualidade do produto. Este sistema tem um dispositivo que o trabalhador aciona para acender a luz, sinalizando que precisa de auxílio e atrasando o trabalho quando é detetado um defeito. Com a implementação do *Andon*, os problemas não ficam ocultos, mas são visualizados e corrigidos para que uma boa qualidade possa ser alcançada à primeira vez (Jingshan and Blumenfeld, 2005);

- 5 porquês: técnica que consiste em perguntar 5 vezes o porquê de um acontecimento para identificar as causas-raiz distantes desse problema. Pode ser considerado uma ferramenta de aprendizagem (Card, 2017).

- *Total Quality Control* (TQC): controlo total da qualidade, vai permitir fazer bem à primeira, vai eliminar os defeitos ao longo do processo (Liker and Morgan, 2006; Rifqi *et al.*, 2021);

- *Total Production Maintenance* (TPM): a TPM vai permitir que as máquinas e os equipamentos não falhem e conseqüentemente, vai garantir a qualidade, evitar os defeitos e a manter o *lead time* mais curto (Liker and Morgan, 2006; Rifqi *et al.*, 2021);

A *LM*, associada ao *Kaizen* permite a eliminação das atividades conhecidas como *Muda* (desperdício), *Mura* (inconsistência ou variação de fluxo) e *Muri* (sobrecarga) que geram os desperdícios de chão de fábrica, (Liker and Morgan, 2006; Santos *et al.*, 2021). Dentro do *Mura*, *Muda* e *Muri*, pode-se enquadrar a análise ergonómica de movimentos. O movimento pode estar associado a vários defeitos de *layout*, processamento ou

organização dos postos de trabalho. O estudo da ergonomia, como uma forma de análise da eficiência dos postos de trabalho, vai permitir identificar e eliminar movimentos que podem provocar lesões músculo-esqueléticas e desperdícios no chão de fábrica. Os métodos de análise ergonómica de movimentos mais conhecidos são o OWAS (*Ovaco Working Posture Analysing System*), o RULA (*Rapid Upper-Limb Assessment*) e o REBA (*Rapid entire body assessment*). Estes métodos utilizam uma tabela de movimentos com diferentes pontuações para diferentes posturas dos membros do corpo ao longo de uma tarefa, o que permite identificar se os trabalhadores estão a trabalhar acima ou abaixo do limite considerado seguro (Ansari and Sheikh, 2014; Yusuff and Abdullah, 2016).

O *Kaizen*, palavra japonesa para a expressão “melhoria para melhor”, que consistem em proceder a várias pequenas melhorias para atingir a perfeição, através do Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) (Womack and Jones, 2003; Liker and Morgan, 2006). O ciclo PDCA é uma forma organizada e sistemática de realizar projetos de melhoria continua através de 4 etapas definidas como: Planear, em que se define os objetivos e o plano de ação; fazer, que é implementar o plano de ação; Verificar, onde se procede-se à verificação da eficácia das medidas implementadas e possíveis correções ou ajustes; e Expandir, que significa realizar as mesmas melhorias para outros locais da organização similares. Outra forma de aplicar o *Kaizen* é através do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), desenvolvido com base no ciclo PDCA, mas com maior número de etapas dentro o planeamento da ação (Liker and Morgan, 2006; Djokic, Arsovski and Djokic, 2011; Hys and Domagała, 2018).

O *Kaizen* disponibiliza várias ferramentas que podem ser utilizadas de acordo com os custos de implementação e com o seu efeito efetivo e de acordo com cada etapa do ciclo PDCA, como (Hys and Domagała, 2018):

- *Spaghetti Chart*: representação visual do fluxo de movimentos ou deslocações de material ou pessoas. Consiste em desenhar uma linha contínua sobre um *layout* do local a melhorar para identificar o caminho realizado pelos operadores ou materiais ao longo das tarefas. O *Spaghetti Chart* permite identificar e ajuda a eliminar os movimentos desnecessários de acordo com a disponibilidade de equipamentos e materiais (Hys and Domagała, 2018; Venkat Jayanth *et al.*, 2020);
- O 5S: os 5 Sentos de utilização, limpeza, padronização, organização e autodisciplina, permitem que o ambiente laboral se mantenha otimizado, organizado e apenas com os recursos essenciais à criação de valor do posto de trabalho (Liker and Morgan, 2006; Rifqi *et al.*, 2021);

- A Gestão Visual: é uma forma de comunicação de informação essencial através de estímulos e representações visuais, como gráficos, cores, símbolos e outros (Liker and Morgan, 2006; Rifqi *et al.*, 2021);
- Trabalho Padronizado: é a forma de realizar tarefas sempre da mesma forma. Segundo o *Lean Enterprise Institute* (2021), este consiste em três elementos: *Takt Time* (tempo em que uma atividade precisa de ser realizada de acordo com a procura dos clientes), uma sequência de trabalho precisa dentro do *takt time e um stock* padrão (saber a quantidade total de equipamentos e matéria-prima para uma tarefa);
- *Heijunka* (Trabalho Nivelado): manter balanceados os vários fatores necessários à adição de valor de um produto (matéria-prima, mão-de-obra, equipamentos e outros recursos).
- *Value Stream Mapping* (VSM): permite que uma organização identifique todo o valor e o seu fluxo, desde o fornecedor até ao cliente. O valor pode ser definido por matérias-primas, produto, informação, pessoas ou outros;
- Diagrama de Ishikawa ou Diagrama Espinha de Peixe: é um esquema que identifica as potenciais causas-raiz para um determinado defeito ou problema a partir de 4 fontes, matéria-prima, método, mão-de-obra e máquina. Atualmente, foram adicionados mais 2 M (meio ambiente e dinheiro (*Money* em inglês));
- *One-Piece-Flow*: é uma forma de organização de *layout* que permite que uma linha produtiva consiga produzir de forma fluída uma peça de cada vez entre processos consecutivos, sem que haja barreiras ou gargalos. Outra forma de trabalho alternativa ao *One-Piece-Flow* são as células de trabalho;
- *One Point Lesson*: é um documento que descreve a realização de uma tarefa. É maioritariamente constituído por imagens e símbolos, mas também tem frases simples. Permite que as pessoas aprendam uma tarefa de forma rápida, simples e eficaz.
- *Standard Operation Procedure*: é um documento que descreve passo a passo um procedimento que está padronizado e deve ser seguido pelos operadores

A filosofia do TPS é organizada no formato de uma casa, como se pode observar na Figura 1, tendo nos seus alicerces a filosofia do Sistema Toyota, o 5S, a Gestão Visual, o Trabalho Padronizado e o *Heijunka*. Os seus pilares são o *Just-In-Time* (JIT) e o *Jidoka*. No centro encontram-se as pessoas, que são os envolvidos na melhoria contínua. Os alicerces e os pilares que constituem a Casa do TPS permitem obter uma melhor qualidade, custos mais baixos, *Lead Time* (tempo entre o momento da encomenda até à entrega de produto no cliente) mais curtos, melhores condições de segurança e trabalhadores com uma moral elevada (Liker and Morgan, 2006; Gupta and Jain, 2013; Jasiulewicz-Kaczmarek and Saniuk, 2018; Rifqi *et al.*, 2021).

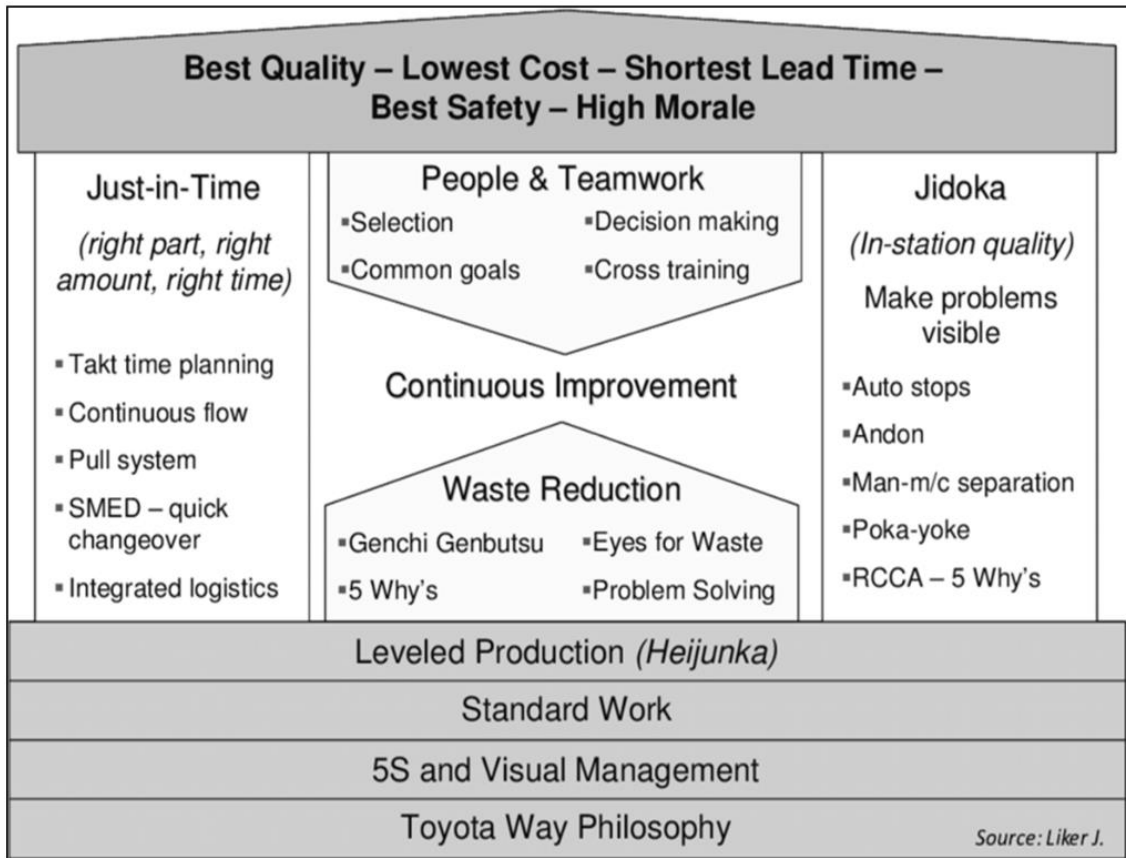


Figura 1 - Casa do Toyota Production System
Retirado de (Rifqi *et al.*, 2021, p. 3)

A partir da *Lean Manufacturing* surgiram outros métodos de melhoria contínua e controlo de produto como o *6 Sigma*, focado no controlo da qualidade dos processos, desenvolvido pela Motorola, o *Lean 6 Sigma*, que resulta da junção da *Lean Manufacturing* com o *6 Sigma*, e que consiste na eliminação de desperdícios através da redução de variações dentro dos processos produtivos, e o *World Class Manufacturing*, desenvolvido pelo grupo FCA, que é focado nos vários departamentos dentro de uma organização (Womack and Jones, 2003; Bahensky, Janet Roe and Bolton, 2005).

3. World Class Manufacturing

Neste capítulo apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre os conceitos teóricos do tema estudado. O capítulo segue a lógica de desenvolvimento da profundidade do tema. Inicia-se com uma definição da metodologia estudada, a sua comparação com o *Lean Manufacturing* e são apresentados os conceitos técnicos mais profundos e a aplicação do pilar Organização do Posto de trabalho.

3.1. Definição

O conceito de “World Class Manufacturing” (WCM) foi apresentado por Richard Schonberger, nos anos 80, com o objetivo de fornecer um termo abrangente para as muitas técnicas e tecnologias projetadas e que todas as empresas as pudessem usar sem se sentirem na sombra da Toyota. Foi também Schonberger, que desenvolveu a primeira versão do WCM. Em meados de 2006, o Prof. Dr. Hajime Yamashina, da Universidade de Kioto (Japão), redefiniu o conceito de WCM, a partir da incorporação do conceito de *Total Quality Control* (TQC), para se adaptar às necessidades do grupo FCA (Mendes and Mattos, 2017; Ebrahimi, Baboli and Rother, 2019; Malindzakova and Malindzak, 2020).

Carlo & Simioli (2018) citaram um trabalho de Yamashina do ano de 2000 na sua pesquisa. Este afirmava que a base do WCM é muito simples, começa-se por identificar o problema, qual a sua perda maior, o método a ser adotado e depois controlam-se os resultados.

Na sua revisão bibliográfica, Carlo & Simioni (2018) reuniram a contribuição ao longo dos anos de vários autores para criar uma definição do conceito de WCM. O conceito pode ser resumido como uma metodologia estruturada e integrada que otimiza os vários processos dos diferentes departamentos existentes dentro de uma organização e elimina progressivamente desperdícios, precedido da identificação e avaliação de custos nas áreas de ocorrência de perdas (Carlo & Simioli, 2018).

O objetivo principal da metodologia WCM é eliminar progressivamente os desperdícios, melhorar continuamente a produção, pela aplicação com rigor das ferramentas e instrumentos existentes, e garantir a qualidade e flexibilidade na resposta às necessidades dos clientes, para alcançar a competitividade ao nível global dos mercados (Borges and De Oliveira, 2016; Goes *et al.*, 2017).

Os princípios do WCM propõem a implementação contínua de padrões com o envolvimento de todas as pessoas em todos os níveis da organização, através da aplicação de práticas como a *Total Productive Maintenance* (TPM), *Total Quality Control* (TQM) e o *Just-In-Time* (JIT), até atingir zero *stock*, zero falhas, eficiência máxima, desperdício zero, zero perdas e zero defeitos (Goes *et al.*, 2017; Carlo and Simioli, 2018).

3.2. Pilares Técnicos

O WCM é dividido em dois níveis de atuação distintos: um nível administrativo, coordenado por um só responsável e que suporta os pilares do nível técnico; e um nível técnico, projetado para cobrir a gestão de toda a organização e que envolve todos os seus níveis (Dudek, 2013; Goes *et al.*, 2017; Malindzakova and Malindzak, 2020). Pode-se afirmar, que os pilares administrativos vão fornecer os recursos para a manufatura, enquanto os pilares técnicos vão manter a “máquina oleada”. Cada nível é construído por 10 pilares com 7 passos de desenvolvimento de melhoria padronizados e mensuráveis (Dudek, 2013; Goes *et al.*, 2017; Malindzakova and Malindzak, 2020).

O nível administrativo é constituído por 10 pilares que definem os responsáveis e as obrigações do setor administrativo das organizações. Os pilares são: compromisso da gestão de topo, gestão de objetivos e indicadores, planeamento das atividades, qualificação da organização, competências em melhoria contínua, planeamento de orçamentos, nível de explicação e motivação dos colaboradores (Murino, Naviglio and Romano, 2012; Ebrahimi, Baboli and Rother, 2019).

O nível técnico é constituído por pilares vinculados a diferentes áreas do sistema produtivo. Para cada pilar existe um responsável, que é também responsável pelos resultados de auditorias WCM (Ebrahimi, Baboli and Rother, 2019; Malindzakova and Malindzak, 2020). O nível técnico tem 10 pilares, com 13 conceitos, dos quais se incluem:

- a. Segurança;
- b. Desdobramento de custo;
- c. Melhoria focada;
- d. Atividades autónomas;
- e. Organização de posto de trabalho;
- f. Manutenção autónoma;
- g. Manutenção profissional;
- h. Controlo da qualidade;
- i. Logística;
- j. Gestão antecipada de equipamento/produto;

- k. Desenvolvimento de pessoas;
- l. Ambiente e energia.

3.2.1. Segurança (SEG)

O pilar de segurança apoia-se em normas e regulamentos de segurança no trabalho em vigor em cada país e/ou comunidade. O facto de se colocar a segurança como primeiro pilar do WCM salienta a sua relevância nas diretrizes do sistema de gestão (Carlo & Simioli, 2018). O objetivo é criar condições de segurança, eliminando condições de perigo, e fomentar a adoção de atos seguros pelos envolvidos através de uma abordagem de prevenção de acidentes, uso correto de equipamentos de proteção individual (EPI) e de proteção coletiva (EPC), formação e campanhas de segurança (WCM institution, 2006; Carlo and Simioli, 2018; Malindzakova and Malindzak, 2020).

3.2.2. Desdobramento de custos (DC)

O pilar de Desdobramento de Custos tem como objetivo definir um programa de melhoria e redução de custos baseado em informações sobre as perdas, em custos periódicos, e priorizar os desperdícios nos quais a organização deve atuar com maior prioridade, através da relação custo-benefício e da disponibilidade de orçamento, dentro das áreas da de Segurança, Qualidade e Produtividade (Ebrahimi, Baboli and Rother, 2019; Malindzakova and Malindzak, 2020).

3.2.3. Melhoria Focada (MF)

O pilar de melhoria focada vai ajudar a combater as perdas resultantes do pilar DC cujas causas são facilmente identificáveis, os resultados atingidos num período curto (inferior a 3 meses) e cujo benefício para o orçamento da organização seja elevado em relação ao custo. O pilar MF vai apoiar-se em ferramentas simples de melhoria contínua (WCM institution, 2006).

3.2.4. Organização de posto de trabalho (OPT)

O pilar de OPT é o primeiro de dois pilares que constituem as atividades autónomas. O segundo é o pilar de manutenção autónoma, que vai atuar sobre as atividades de estrutura, ou seja, as máquinas. O pilar de OPT vai focar-se na reorganização dos postos de trabalho e no desenvolvimento da cultura de melhoria nas pessoas. Desta forma são garantidas as melhorias na ergonomia do posto de trabalho e na segurança dos operadores e é assegurada a qualidade do produto, com o princípio da movimentação mínima de materiais e a repetição do processo (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017).

Os resultados positivos deste pilar são visíveis na redução de desperdícios ligados à qualidade do produto e à produtividade (Jackson and Zanetti, 2017).

3.2.5. Manutenção Autônoma (MA)

O pilar de manutenção autônoma cria e mantém as condições de trabalho, de disponibilidade e de padronização na manutenção base de máquinas e equipamentos, permitindo a extensão do ciclo de vida dos bens (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017). Este pilar vai envolver e atribuir responsabilidades aos operadores de linha na gestão e manutenção dos equipamentos de trabalho, através de limpeza, lubrificação, controlo de parâmetros e pequenas reparações e afinações (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017).

3.2.6. Manutenção Profissional (MP)

O pilar de manutenção profissional é responsável por todas as atividades que o pilar de manutenção autônoma não pode realizar, como desenvolver atividades de manutenção planeada, adequando o tipo de manutenção ao *layout* da organização para estabelecer e manter as condições ideais das instalações (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017). O objetivo é aumentar a eficiência e otimizar a confiabilidade do *layout*, melhorando as habilidades de manutenção através de técnicas de análise de erros, e facilitar a cooperação entre os operadores e o pessoal de manutenção para os objetivos de autossuficiência (Ebrahimi, Baboli and Rother, 2019)). Este pilar faz parte dos processos de melhoria contínua dos equipamentos e, é o resultado do pilar de gestão antecipada de equipamentos.

3.2.7. Controlo da Qualidade

Segundo o pensamento *Lean*, a qualidade deve ser uma parte intrínseca do produto e não deve exigir uma verificação posterior, pois a atividade de controlo da qualidade é considerada um desperdício. Já o WCM destaca o controlo da qualidade como sendo um pilar técnico e como uma das três matrizes estratégicas da sua implementação. O controlo da qualidade deve ser considerado em todas as divisões organizacionais e fases do processo de valor (Carlo and Simioli, 2018). O objetivo do pilar de controlo da qualidade é determinar e manter as condições do processo produtivo, que garantem a conformidade do produto, garantir a sua qualidade ao com um custo mínimo e melhorar o conhecimento dos operadores na resolução de problemas da qualidade (Carlo and Simioli, 2018; Ebrahimi, Baboli and Rother, 2019; Malindzakova and Malindzak, 2020).

3.2.8. Gestão antecipada de produtos (GAP) e de equipamentos (GAE)

O pilar GAP é um pilar direcionado para o departamento de engenharia de produto e o pilar GAE para o departamento de engenharia de equipamentos e fornecedores. O pilar GAP foca-se no processo de conceção, teste e produção dos produtos e equipamentos, respetivamente, e o pilar GAE foca-se na manutenção preventiva dos equipamentos de modo a evitar ou prever avarias e consequentes paragens e custos associados (Jackson and Zanetti, 2017; Mróz, 2018). O objetivo é otimizar o custo do processo de design, de engenharia e de produção na conceção de novos produtos e/ou as suas alternativas e de equipamentos (Mróz, 2018).

3.2.9. Logística

O pilar de Logística foca-se na sincronização entre a produção e as vendas. O responsável pelo pilar tem de integrar as redes de vendas, produção e compra da organização, através da criação de um fluxo contínuo, da minimização dos níveis de *stock* (sistema de produção JIT) e do tempo de espera e da redução do custo do manuseio de materiais (Ebrahimi, Baboli and Rother, 2019; Malindzakova and Malindzak, 2020).

3.2.10. Desenvolvimento de pessoas (DP)

O pilar de DP está ligado a todos os outros pilares, através da identificação e eliminação de desperdícios e perdas causadas pela falta de conhecimento e competências das pessoas a todos os níveis. Ao dotar as pessoas de conhecimento específico e focado nas suas funções e no seu local de trabalho, as organizações estão a dar a oportunidade de melhoria profissional e pessoal aos seus colaboradores. Com as competências certas de melhoria contínua e de gestão industrial, os trabalhadores podem sentir-se envolvidos e responsáveis pelo seu posto de trabalho. Assim, a organização vai depender menos de engenheiros de topo, conseguir ter menos paragens e manutenção autónoma mais eficaz e eficiente (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017).

3.2.11. Ambiente e energia (AE)

O pilar Ambiente é o pilar técnico que se foca na implementação e respeito pelas leis e normas referentes ao meio ambiente, que no caso de Portugal será a NP EN ISO 14001:2015. Também tem a visão de envolver todos os colaboradores em ações de proteção do meio ambiente durante as atividades profissionais e o objetivo é a melhoria do ambiente de trabalho tendo em conta os requisitos de gestão ambiental e a redução dos impactes negativos no meio ambiente ao longo da cadeia de valor (WCM institution, 2006; Mendes and Mattos, 2017).

Inicialmente, o pilar ambiente também englobava a energia, mas devido ao surgimento de normas específicas de energia e ao impacto da tecnologia energética, os conceitos foram separados em dois pilares. Tal como o pilar anterior, o pilar da energia baseia-se na proteção ambiental e no uso eficiente de energia. O objetivo é reduzir o desperdício de recursos limitados e recorrer a fontes de energias alternativas mais sustentáveis (WCM institution, 2006)

3.3. Implementação dos Pilares Técnicos

A implementação do WCM é uma tarefa desafiadora devido à combinação das várias ferramentas e técnicas rigorosas utilizadas, mas as metodologias e abordagens estratégicas fazem do WCM um sistema eficiente e de excelência (Carlo and Simioli, 2018).

O WCM tem uma metodologia estratégica focada em três matrizes orientadoras: segurança, qualidade e produtividade (custos), que vão trabalhar colaborativamente com os pilares técnicos para atacar as perdas cujo custo/benefício é maior (Carlo and Simioli, 2018) Tem uma abordagem estratégica de 7 etapas precisas e certificadas para encontrar soluções para problemas por processos, baseadas no ciclo PDCA, ou seja, existe um planeamento (atividades preliminares), realizam-se as atividades de melhoria (fase reativa), verifica-se a sua implementação (fase preventiva) e expande-se as atividades para áreas similares (fase proativa) (Dudek, 2013; Malindzakova and Malindzak, 2020). Esta abordagem faz com que os métodos corretos de complexidade gradual sejam aprendidos e implementados de forma lógica através do desenvolvimento de competências profissionais específicas e a melhoria contínua do ambiente laboral (Jackson and Zanetti, 2017; Malindzakova and Malindzak, 2020).

À exceção do pilar de DC, todos os pilares são divididos em 3 fases, com 7 passos ao todo, como se pode ver na figura 2 (Malindzakova and Malindzak, 2020):

- Reativa– fase onde se identificam os problemas e anomalias mais urgentes da organização e onde se planeia a solução mais adequada. E engloba os seguintes passos:
 - Passo 1: limpeza geral, que significa a implementação de atividades 5S;
 - Passo 2: reorganização de processos;
 - Passo 3: padronização de processos.
- Preventiva – fase onde se aplicam os métodos de melhoria e padronização para evitar a ocorrência de problemas e a produção de desperdício e engloba os passos:
 - Passo 4: formação e treino;
 - Passo 5: balanceamento de processos.

- Pró-ativa– fase onde se realiza o controlo e monitorização da melhoria realizada (passo 6) e expansão para áreas similares (passo 7).

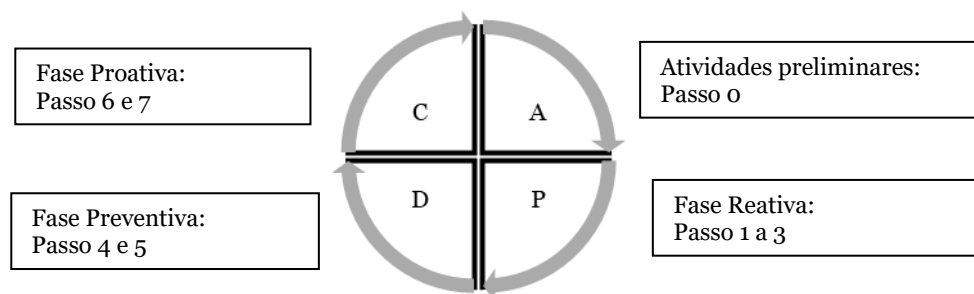


Figura 2 - Fases e etapas do pilar OPT
Adaptado de (WCM Institution, 2006)

A implementação dos 7 passos, acima mencionados, é realizada numa área modelo, que pode ser uma máquina, um posto de trabalho ou um setor, determinado por análise estatística. Após a conclusão dos 7 passos, as metodologias de melhoria podem ser expandidas sistematicamente para outras áreas similares e posteriormente a toda a organização (WCM, 2006).

3.4. Sistema de Auditorias

O sistema de avaliação do WCM é descrito como um sistema pormenorizado de auditorias, que permite que os níveis da organização realizem, de forma simples e rápida, o *feedback* sobre a eficiência e sobre o desempenho dos processos melhorados, o que reforça o aspeto competitivo do WCM (Midor, 2012; Carlo and Simioli, 2018).

Este sistema de auditorias atribui uma determinada pontuação, de 0 a 5, às melhorias implementadas (Midor, 2012; Jackson and Zanetti, 2017):

- 0 pontos: nenhuma atividade implementada;
- 1 ponto: abordagem reativa;
- 2 pontos: abordagem preventiva nas áreas modelo;
- 3 pontos: abordagem preventiva em todas as principais áreas;
- 4 pontos: abordagem proativa nas áreas modelo;
- 5 pontos: abordagem proativa em todas as áreas do *Layout*.

A pontuação dá acesso a quatro níveis de WCM, determinados por diferentes medalhas: bronze (de 50 a 59 pontos), prata (de 60 a 69 ponto), ouro (de 70 a 84 pontos) e *World Class* (mais de 85 pontos) (WCM institution, 2006; Midor, 2012). Assim, a organização tem uma avaliação real da evolução do modelo de implementação, é capaz de informar os

trabalhadores da eficácia das suas ações e ainda apela à motivação competitiva da equipa de trabalho (Carlo & Simioli, 2018).

3.5. Os Envolvidos

Segundo (Carlo and Simioli, 2018, p. 13), “O modelo WCM, apesar de ter um carácter marcadamente individualista, possui um forte espírito competitivo, que canaliza a sua aplicação para o desejo de se destacar globalmente. No entanto, os funcionários, para poderem trabalhar juntos para atingir esse objetivo, precisam de um forte conjunto de regras e motivações, que os obrigue a deixar de lado os seus interesses pessoais e perseguir os interesses da empresa.”.

Uma das diferenças entre o *Lean* e o WCM é que foram desenvolvidos para diferentes culturas, oriental e ocidental, respetivamente. Esta orientação faz com que o *Lean* não seja focado na formação e motivação dos colaboradores, pois está subjacente na cultura oriental (Carlo & Simioli, 2018; Mendes & Mattos, 2017). Já na Europa e nos Estados Unidos da América, existe a necessidade de formar os funcionários de forma multidisciplinar e motivá-los para se comprometerem com os sistemas de melhoria. Esta necessidade acontece, porque é mais fácil para os povos ocidentais, envolverem-se na mudança quando entendem os fundamentos e conceitos dos processos produtivos e organizacionais (Carlo & Simioli, 2018; Mendes & Mattos, 2017). Segundo Malindzakova & Malindzak (2020), existem 5 níveis de consciencialização dos colaboradores como se pode observar na Tabela 5, cujo objetivo é alcançar o nível 5.

Tabela 1 - Níveis de consciencialização dos colaboradores
Fonte: (Malindzakova and Malindzak, 2020)

Nível	Descrição
1	Os funcionários não percebem a existência de nenhum problema ou questionam os seus problemas dentro da produção.
2	Os funcionários admitem que identificaram um problema, mas procuraram desculpas para não lidar com o problema.
3	Os funcionários admitem que existem problemas na organização, mas não sabem como resolvê-los.
4	Os funcionários percebem os problemas; eles podem identificá-los e selecionar uma solução usando um método apropriado
5	Os funcionários conhecem o tipo de problemas e os métodos apropriados para resolvê-los. Eles também podem envolver outras pessoas para eliminar os problemas.

Segundo Mendes & Mattos (2017, p. 16), o WCM pode ser complementado pela gestão de conhecimento de modo “a melhorar a capacidade de usar o conhecimento que será direcionado para melhorar a tomada de decisões e entregar resultados na melhoria das estratégias de negócios existentes.”. O objetivo é que os funcionários atinjam um nível de

conhecimento e autonomia que lhes permita identificar os problemas e resolvê-los de forma correta (Mendes and Mattos, 2017; Malindzakova and Malindzak, 2020).

No que diz respeito à gestão de topo, o WCM formaliza os seus papéis e responsabilidades, mas como em todos os sistemas de melhoria, o compromisso da gestão de topo é essencial. Os responsáveis pela gestão da empresa necessitam de ficar envolvidos de forma empenhada e intelectual no sistema WCM, sendo os primeiros a receber o conhecimento (Jackson and Zanetti, 2017; Carlo and Simioli, 2018).

É muito importante para a implementação WCM a presença de um “agente de mudança” ou “suporte WCM”. Um agente de mudança é um especialista em WCM capaz de envolver todos os indivíduos da organização na mudança WCM e desenvolver uma cultura de melhoria. Esta pessoa vai ter como objetivos, dar suporte à implementação de todos os pilares do WCM através da procura e partilha de informação e conhecimento com todos os envolvidos, promover a interação entre os projetos e o cliente, supervisionar o processo de mudança e aconselhar os superiores da organização (Jackson and Zanetti, 2017; Carlo and Simioli, 2018).

3.6. Etapas de implementação do pilar OPT

A dissertação foca-se na validação a implementação do pilar OPT. Desta forma é importante descrever o âmbito, o objetivo, as atividades e os resultados cada um dos seus sete passos deste pilar.

3.6.1. Passo 0 (zero) – Atividades preliminares

O passo inicial vai focar-se na identificação das perdas de atividades que não agregam valor (ANAV) e das perdas de qualidade com maior impacto na empresa, na definição do objetivo do pilar de OPT e na identificação da área modelo, onde a equipa de melhoria vai focar o primeiro ciclo de melhoria (os sete passos). É um procedimento padrão que segue uma lógica de desenvolvimento, como mostrado na figura 3 de modo a passar para o passo seguinte. A identificação das perdas por ANAV com maior impacto para a empresa é realizada através análise da Matriz C do pilar DC e as perdas de qualidade pela análise da Matriz QA.

A Matriz C é uma tabela que classifica as perdas causais, os parâmetros físicos e os seus custos totais (diretos e indiretos) associados, em tipo de perda, processos, unidades de trabalho, subprocessos e em criticidade, ao associar uma Matriz ICE (*Impact, Cost, Easly*). A matriz ICE ajuda a classificar as perdas provenientes das causas-raiz (numa

escala de 1-125) pela criticidade de ataque, através do seu impacto (1-5), custo (1-5) e facilidade de implementação (1-5). É uma ferramenta poderosa para auxiliar a selecionar a ordem de ataque das perdas, pela equipa de melhoria (WCM institution, 2006; Sukarma, Azmi and Abdullah, 2014; CNH industrials, 2015).

Depois de se analisarem as causas e os custos associados, seleciona-se uma área modelo, onde se vai focar a melhoria, e define-se os objetivos de melhoria e a equipa de trabalho. Através da área modelo e dos objetivos é desenvolvido o plano do projeto de OPT e a lista de material necessário e, através da definição da equipa, é realizado um mapeamento de características das pessoas envolvidas no projeto e um plano de formação.

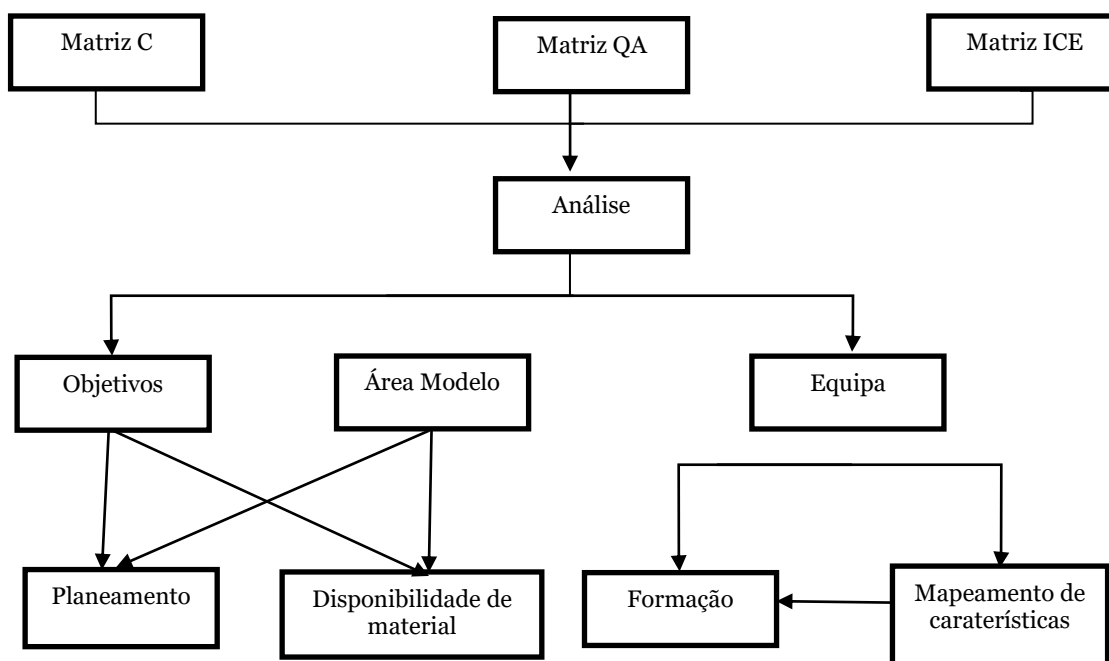


Figura 3 – Fluxo de atividades preliminares
(Adaptado de WCM Institution (2006))

3.6.2. Passo 1 – Limpeza Geral

Dá-se início às atividades de recuperação da área modelo. O objetivo é restaurar as condições iniciais (antes do início da atividade operacional) do posto de trabalho e mantê-las com a implementação do 5S. Estas atividades englobam a limpeza de poeiras e sujidade, pintura, identificação e eliminação de anomalias, organização de instrumentos e ferramentas, remoção de objetos desnecessários e abertura e exposição de cartões OPT/MA (cartões identificativos de atividades a serem realizadas no âmbito da Manutenção Autónoma ou Organização do Posto de Trabalho) e abertura do OPL (*One Point Lesson*) (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017).

3.6.3. Passo 2 – Reorganização dos processos

O objetivo é estudar os desperdícios associados aos processos e a ergonomia do posto de trabalho e analisar possíveis soluções para eliminar estes desperdícios. As atividades englobam o estudo do *Muda*, *Muri* e *Mura*, otimização da disposição dos materiais de trabalho, padronização e identificação à vista de contentores e componentes, *displays*, placas, entre outros, e a verificação de métodos de reabastecimento e armazenamento de matéria-prima em linha (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017).

A análise do *Muda*, *Muri* e *Mura* é realizada através de filmagem e cronoanálise. O responsável filma os ciclos de trabalho e atividades na área modelo em diferentes turnos, com diferentes colaboradores; posteriormente vai realizar a análise e estudo de tempos e de movimentos, e organizar tudo em tabelas. Algumas ferramentas utilizadas neste passo são o *Spaghetti Chart*, e a tabela de movimentos, para classificação da ergonomia do posto de trabalho (WCM institution, 2006; Felice, Petrillo and Monfreda, 2013). Depois desta análise, o responsável deve sugerir e/ou estabelecer ações de melhoria e de padronização de toda a envolvente ao posto de trabalho (WCM institution, 2006).

3.6.4. Passo 3 – Padronização inicial

O passo 3 é o último relacionado com as ações de restauro e padrões iniciais. O objetivo é criar e estabelecer padrões de limpeza, de ciclos de trabalho, realizar o rebalanceamento da linha e de outras atividades relacionadas com a linha produtiva; melhorar a gestão visual, colocar em ação medidas preventivas contra erros de produção e implementar uma cultura de 5S nos trabalhadores. As atividades englobam exposição de gestão à vista (SOP e OPL), com mais imagens do que frases, criação de sistemas *Poka-Yoke*, ou seja sistemas que evitam erros, *Andon* (sistemas de luzes que identificam o estado atual de um equipamento – parado, em funcionamento ou avariado) entre outros (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017).

3.6.5. Passo 4 – Formação

Este passo vai interagir com os pilares de DP e de controlo da qualidade. Para este passo é fundamental identificar os principais problemas da qualidade e saber solucioná-los de forma simples e à prova de erros, com ferramentas/instrumentos seguros e de fácil manuseamento. O objetivo é dotar os operadores de conhecimento e cultura 5S (WCM institution, 2006; Carlo and Simioli, 2018).

As ferramentas utilizadas são o TWTP (*The Way To Teach People*), HERCA (*Human Error Root Cause Analyse*), classificação de operadores e 5QPZD (5 questões Para Zero

Defeitos). Todas as ferramentas servem para identificar e classificar os tipos de erros identificados e identificar a melhor forma de resolvê-los. O TWTP baseia-se em algumas perguntas-chave para determinar se o erro é causado por falta de conhecimento. Caso não seja, procede-se para o HERCA ou “Human Error Root Cause Analysis” (Análise da causa raiz do erro humano) para uma análise mais profunda sobre a causa de erro humano (Felice, Petrillo and Monfreda, 2013; CNH industrials, 2015). Por fim, o 5QPZD (Cinco Questões Para Zero Defeitos) são grupos de cinco perguntas para identificar problemas causados pela mão-de-obra, material, método e/ou máquinas e que os permite classificá-los relativamente às ações a serem aplicadas (Tabela 2) (WCM institution, 2006; CNH industrials, 2015; Weigert, 2018).

Tabela 2 - Classificação das 5 perguntas para zero defeitos (Adaptado de Weigert, 2018)

Pergunta	Pontuação e respetiva resposta		
	1 ponto	3 pontos	5 pontos
As condições são claras?	Padrões definidos	Método de verificação simples	Verificação visual simples
É fácil retornar às condições ideais?	Dificuldade de estabelecer, faltam pontos de referência	Fácil de estabelecer, presença dos pontos de referência	Ajuste automático
As condições são variáveis?	Durante a produção	Somente no início/começo de produção	Exceccionalmente
A variação é fácil de detetar?	Dificuldade de verificar visualmente	Através de um sistema padrão de medição	Continuamente a ser monitorizado
As condições são fáceis de restabelecer?	Pelo profissional de manutenção	Pelo operador treinado	Automaticamente

3.6.6. Passo 5 – Fornecimento JIT e balanceamento

O 5º passo foca-se na logística de abastecimento da linha. O objetivo é gerir o reabastecimento e passar a tarefa para o departamento de logística. Desta forma, a linha de produção não vai perder elementos para o seu abastecimento, tarefa considerada como ANAV. Assim, o saturamento da linha vai diminuir e alguns operadores vão passar a integrar a equipa de logística (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017).

Algumas atividades deste passo são a introdução de fontes de utensílios/matérias-primas ao nível adequado, melhoria de gestão de *stocks* e revisão de materiais e *layout*, como criar células de trabalho ou *One-Piece Flow* (WCM institution, 2006; Jackson and Zanetti, 2017).

3.6.7. Passo 6 – Padronização

O primeiro passo da fase proativa vai consolidar e rever os padrões definidos e melhorá-los, na direção da simplicidade. Vai realizar revisões do processo produtivo e treino de processos. de um modo geral, vai manter a melhoria contínua do posto de trabalho em desenvolvimento contínuo (WCM Institution, 2006; Felice, Petrillo and Monfreda, 2013).

3.6.8. Passo 7 – Sequência de trabalho padrão

O último passo do pilar de organização do posto de trabalho vai combater desvios aos requisitos de qualidade. O objetivo é replicar e expandir as melhorias concluídas para outras áreas similares dentro das empresas (WCM institution, 2006; Felice, Petrillo and Monfreda, 2013).

3.7. Lean vs WCM

De acordo com o estudo de revisão de Carlo & Simioli, (2018), que compara a *Lean Manufacturing* com o WCM, é possível identificar diferenças relevantes entre as duas estratégias de melhoria. As claras dissemelhanças entre os dois modelos de melhoria provêm dos contextos culturais em foram desenvolvidos (oriental e ocidental), o que segundo os mesmos autores “não devem ser consideradas negativamente, mas sim observadas como um elemento positivo que os modelos absorveram do contexto em que nasceram” (Carlo and Simioli, 2018, p. 13).

Dentro das diferenças listadas pode-se dar destaque à presença no WCM de uma estrutura e estratégia de implementação, que consegue atingir toda a organização, e ainda à presença de estratégias para implementação de segurança, ambiente e energia, consequência do aumento do número de normas e regulamentos (Carlo and Simioli, 2018).

O WCM também deixa bem claro o papel dos envolvidos no processo de melhoria contínua dentro das organizações. O papel da liderança é explorado através dos 10 pilares administrativos e o papel dos restantes envolvidos pelos pilares técnicos. O WCM defende ainda uma formação rigorosa apenas em ferramentas de melhoria necessárias para o empoderamento e autonomia dos trabalhadores, ao contrário do *Lean* que defende uma formação multidisciplinar (Carlo and Simioli, 2018).

3.8. Barreiras à Implementação do WCM

Sandeep and Attri (2016a) identificaram um conjunto de barreiras à implementação de estratégias e práticas de melhoria contínua relacionadas com o WCM. Os autores listaram

as práticas mais frequentemente utilizadas na metodologia WCM, como o *Kaizen*, a *Lean Manufacturing*, a TQM, o JIT, a TPM, o 5S, a *Supply Chain Management* e o *Lean 6 Sigma*, identificaram as barreiras à implementação destas técnicas e o seu peso na eficácia da metodologia (Sandeep and Attri, 2016a, 2016b). O compromisso e liderança apropriada da gestão de topo, a educação, treino, motivação e envolvimento dos operadores e o planeamento apropriado, foram identificados como os principais aspetos influenciadores da eficácia do WCM.

Os autores afirmaram que a implementação do WCM pode ser dificultada pela resistência dos operadores à mudança, a inexistência de objetivos organizacionais claros, os constrangimentos financeiros, a cultura organizacional e indicadores-chave de desempenho (KPI) pobres (Sandeep, Attri and Panwar, 2016a).

4. Caso Prático

Neste capítulo apresenta-se a descrição de um caso prático de aplicação da metodologia do WCM na organização de um posto de trabalho numa área modelo. O capítulo está dividido em 3 subcapítulos: apresentação da entidade colaboradora do estudo, implementação do método e outras atividades realizadas fora do caso de estudo.

4.1. Empresa

O caso prático foi realizado em contexto industrial, na empresa FEPSA- Feltros Portugueses, S.A.

A FEPSA é uma empresa portuguesa de feltros para o fabrico de chapéus sediada em S. João da Madeira, Aveiro, Portugal. Foi fundada em 1969 por seis empresários da área da chapelaria com o objetivo de produzir chapéus de qualidade em grandes quantidades. Hoje, a empresa é a única fabricante de chapéus de feltros na cidade, que já foi considerada a capital do chapéu, e é considerada líder na fabricação de feltro de alta qualidade. A FEPSA, tem uma grande componente exportadora (cerca de 98%) com clientes em todo o mundo e demarca-se dos seus concorrentes, não só pela qualidade dos seus feltros, mas também pela inovação e variedade dos seus produtos (Pereira, 2017; FEPSA, 2019, 2021).

A empresa tem o Código de Atividade Económica (CAE) 14190 – confeção de outros artigos e acessórios de moda e um volume de faturação que ronda os 15 milhões de euros, em anos comuns. É certificada pela norma ISO 9001 (Gestão da qualidade), pela ISO 14001 (Ambiente) e tem uma Política de Gestão Integrada personalizada à sua dimensão e necessidades. Tem cerca de 250 colaboradores e em condições sociais comuns (antes da pandemia) laborava em 3 turnos. A organização administrativa da FEPSA está bem definida e é estabelecida por departamentos e setores (Pereira, 2017; FEPSA, 2019).

Os recursos mais utilizados pela FEPSA são a energia elétrica, que provém em 90% de painéis fotovoltaicos instalados sobre a unidade fabril, e água, que provem em parte de furos privados e da rede municipal. As águas residuais resultantes do processo de feltragem são tratadas por uma ETAR privada dentro do terreno fabril antes de ser lançada para a rede pública e antes são reutilizadas para limpeza de pavimentos, em certas secções do chão de fábrica.

A matéria-prima da FEPSA é pelo e lã, cujo fornecedor é a empresa Cortadoria Nacional do Pelo, pertencente ao grupo FEPSA e sediada igualmente em S. João da Madeira. As principais matérias-primas fornecidas são pelo de coelho, lebre, lã de ovelha e castor, e para encomendas especiais, de vison ou de caxemira. O pelo fornecido pela Cortadoria Nacional do Pelo é principalmente um subproduto da indústria alimentar, contribuindo assim para uma economia circular.

4.2. Processo produtivo

O processo de transformação de pelo em feltros é basicamente um processo mecânico de batimento na presença de um meio de humidade, temperatura e acidez controlada. E passa pelos processos descritos abaixo de acordo com a figura 4:

- Mistura: é realizado num tambor de grandes dimensões onde diferentes qualidades de pelo são misturadas (coelho, lã, castor e outros);
- Suflagem: o pêlo passa pelo interior de um equipamento que separa o pelo fino (utilizado na feltragem) do pelo grosso (chamado de canhão). Este último não é aproveitado e equivale a 20% do peso inicial;
- Arcagem: é criada uma pasta de pelo uniforme sobre um cone metálico com furos através de um sistema a vácuo e pela adição de água. São criados os feltros;
- Semussagem: início do processo de feltragem. A semussagem é um processo de feltragem leve em que os feltros, protegidos por panos e redes, são batidos de forma suave, adquirindo alguma resistência;
- Revista: nesta operação, o feltro está pronto para limpeza e remoção de imperfeições naturais do processo de arcagem e semussagem;
- Fula: são 4 processos de feltragem (2 processo de multirolos, fulão e pré-rematação). Na multirolos, o feltro passa por um sistema de rolos que rodam sobre si e mantêm movimentos laterais, provocando fricção sobre os feltros e, por consequência, o aumento de resistência. Depois o feltro passa para o fulão, que é um equipamento que martela a obra provocando um nível de feltragem mais intenso e rápido;
- Pré-rematação e rematação: No final da fula e depois de serem tingidos, os feltros são alisados e raspados para retirar vincos e para acertar as abas;
- Tinturaria: nem todos os feltros são tingidos, alguns vão para o cliente na sua cor natural;
- Enformação: até esta secção o feltro é trabalho em forma de cone. Dentro da enformação também se faz a secagem dos feltros em estufa estática. A partir daqui o feltro pode ficar com 3 aspetos finais:
 - Em cone: o feltro não é enformado;
 - Em sino: a copa do feltro é arredondada e enformada a vapor em forma de sino;

- Em capeline: é o aspeto mais comum de um feltro para chapéus, onde se preparam as abas e a copa para serem enformadas em máquina ou à mão;
- Em *flaire*: enformação idêntica às capelines, mas com as abas em barco.
- Acabamento: secção onde se adicionam os diferentes aspetos ao feltro, como aparado, cardado, veludo ou outros;
- Goma: gomar é um processo em que é adicionada uma resina para endurecer o feltro. Pode ser realizado dentro da secção da enformação ou no final, como um acabamento;
- Inspeção: devido ao facto de o feltro ser um produto de origem animal, cada lote tem características própria que podem levar à ocorrência de defeitos únicos. Para isso a FEPSA dispõe de um departamento de inspeção, antes de aprovar o envio dos produtos para os clientes.

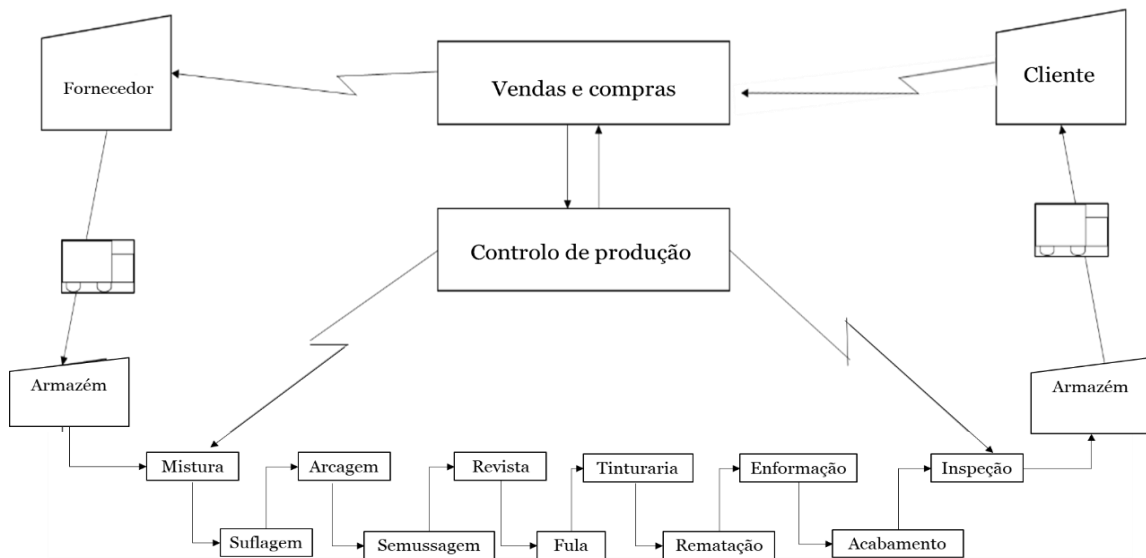


Figura 4 - VSM simplificado do fluxo de processos de feltragem
Adaptado de (FEPSA, 2019)

4.3. Implementação

A metodologia WCM defende a implementação de melhoria e controlo da gestão industrial através de 7 passos padronizados e controlados. Por ser uma metodologia flexível, o WCM permite adaptar alguns passos aos objetivos dos clientes. Assim, algumas atividades/etapas iniciais foram flexibilizadas para atender ao objetivo estabelecido pela empresa e se adaptar ao tempo limitado do estudo. Pretende-se assim, estudar a eficácia da implementação do pilar de OPT numa área modelo real, pela metodologia WCM, de modo a demonstrar que é uma metodologia válida como alternativa à *Lean Manufacturing*.

O objetivo da empresa era atingir a produtividade de 500 feltros/homem/dia no setor enformação. Quanto à situação atual, a empresa já tinha um estudo preliminar realizado

para o ciclo de produção, o qual se baseou na identificação do tempo de troca de feltro na máquina e associou um sinal luminoso do lado direito da máquina, que acelera ao fim de 8 segundos. Esta melhoria não trouxe benefício ao setor por dois motivos: o sinal encontra-se num local pouco perceptível ao operador (lado oposto da bancada) e existem qualidades de feltros, que pelas suas características intrínsecas, são exceções ao tempo estipulado.

4.3.1. Passo 0 – Atividades Preliminares

O WCM inicia-se com a escolha da área modelo e do tipo de melhoria a ser realizada através de uma análise preliminar da matriz C + ICE, onde se classifica e se prioriza as perdas causais identificadas pelo seu custo/benefício. Conforme referido anteriormente, a área modelo já tinha sido escolhida pela empresa e o pilar a ser estudado é o da organização do posto de trabalho. Assim, identificaram-se todos os aspetos que constituem o posto de trabalho a melhorar, através de uma lógica de pensamento dos 4M, associando cada um a uma ou mais etapas do pilar de OPT, como se pode ver na figura 5.

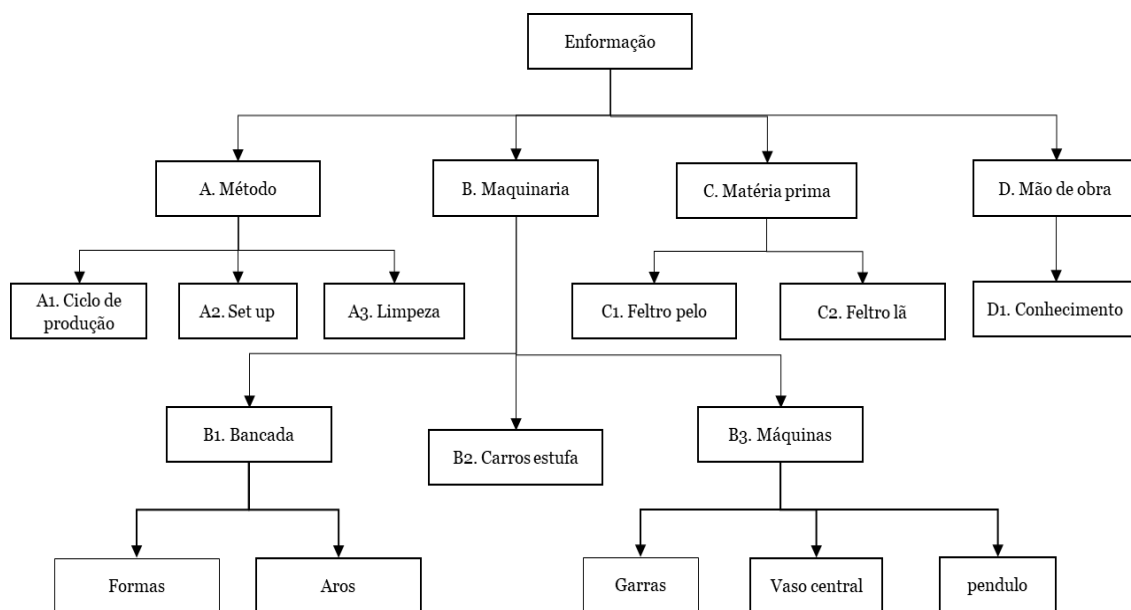


Figura 5 - Organização dos constituintes da enformação.

Para cada posto de trabalho foram identificados os constituintes designados como maquinaria (B), os quais são a bancada (B1), os carros de estufa (B2) e a máquina de enformar (B3). A maquinaria deve ser recuperada no passo 1: limpeza inicial. Também foram identificados três métodos (A) – produção (A1), *setup* (A2) e limpeza (A3) – que foram reorganizados no passo 2: reorganização de processos e a matéria-prima (C), que são os feltros de pelo (C1) e de lã (C2), não incluídos no presente trabalho, pois entende-se que poderão estar incluídos em outro pilar técnico como o de controlo da qualidade.

A mão-de-obra (D) deve ser focada no passo 4 (formação) e cuja implementação não foi englobada neste estudo, devido à limitação de tempo. Segundo a metodologia WCM, o desenvolvimento humano através da formação e treino (D1) deve ser específico para o trabalho e a educação sobre a cultura da melhoria (5S e outras técnicas apropriadas ao posto de trabalho) também deve ser dada a conhecer aos operadores.

Ainda no passo 0 (zero) foi realizado um levantamento das polivalências, através de uma matriz 3x3x3 (tabela 3), reconhecidas no departamento de relações humanas (a verde), conhecidas pelo responsável (a amarelo) e com potencial para aprender (a vermelho) de cada operador do setor estudado. Acompanhou-se a tabela 3 com dois *radar charts* que se podem observar na Figura 6): *Radar chart* superior: polivalência, de acordo com o nível de conhecimento, de cada enformador; *Radar chart* inferior: polivalência, de acordo com o nível de conhecimento de cada pré-enformador. Desta forma é possível dar uma perceção das necessidades e oportunidades de formação para o setor da enformação à empresa.

Tabela 3 - Mapa de polivalências do setor de enformação

Nº do funcionário	Arrear	Abrir copas	Enformar	Sinos	Picotar abas	Goma em curso
44	4	1	4	1	1	1
198	4	4	4	1	1	4
258	1	1	4	1	1	1
264	5	5	5	4	4	5
271	1	1	4	1	1	1
354	5	5	5	5	5	5
398	4	4	4	4	4	4
435	1	1	5	1	1	1
440	1	1	5	4	1	1
472	4	4	1	1	1	1
508	4	4	4	4	4	3
521	1	1	4	1	1	1
524	3	3	1	1	1	1
1605	2	3	1	1	1	1
1625	1	1	2	1	1	1
1657	1	3	1	3	1	1
1681	1	1	3	1	1	1
Total	9	9	13	6	4	5

Legenda de cores

	Foi avaliado
	Sabe fazer, mas não foi avaliado
	Com potencial para aprender

Escala de conhecimento utilizada na tabela 3

Nível	Descrição
1	Apenas ouviu falar ou não sabe
2	trabalha com acompanhamento
3	sabe, mas não consegue resolver problemas
4	É autônomo, é independente, mas não consegue passar conhecimento
5	sabe e ainda pode dar formação

Esta ferramenta é possível de ser replicada para outros setores ou para toda a organização. O que se pode observar dos dados analisados é que a enformação automática é o processo com maior número de operadores qualificados (12), enquanto a enformação manual é o que tem menos pessoas qualificadas (2), mas com 5 operadores com competência. Pode-se concluir, através da matriz 3x3x3 que o setor tem operadores suficientes para cobrir as necessidades em situação de falta dos colegas.

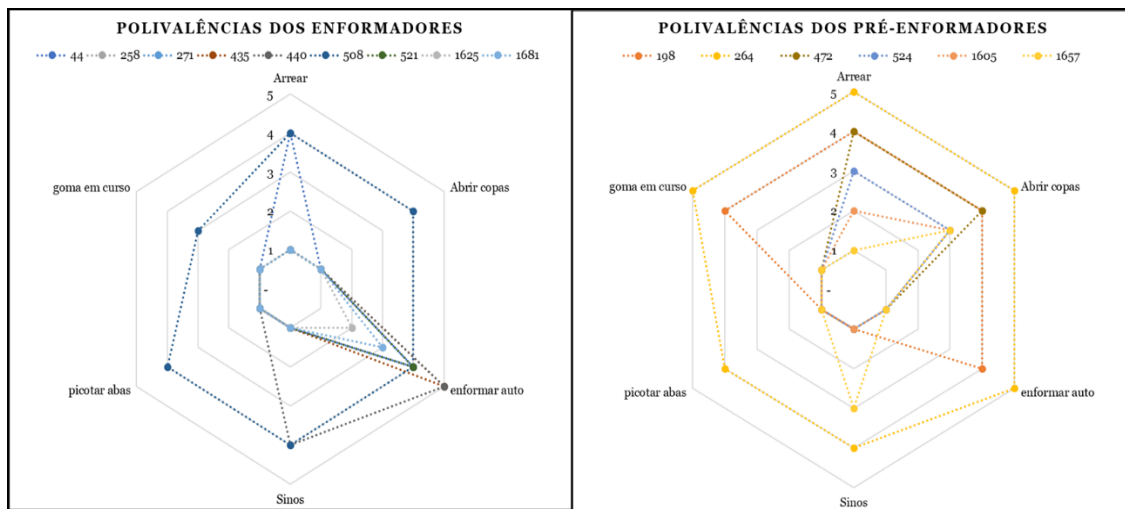


Figura 6 - Radar Chart dos operadores do setor de enformação

4.3.2. Passo 1 – Limpeza inicial

O pilar de organização do posto de trabalho inicia-se com uma limpeza inicial. Assim, entendeu-se que se deveria iniciar o processo pela identificação do ciclo de produção e do *setup* passando para a implementação dos 5S da maquinaria (B) necessária aos dois métodos de trabalho, de acordo com a Figura 7.

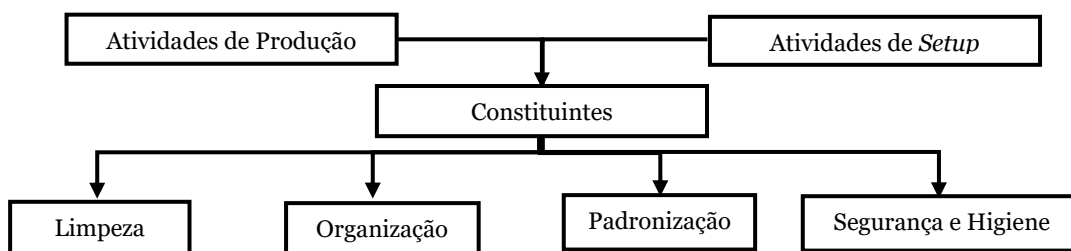


Figura 7 - Fluxo de atividades 5S do passo 1

A1. Ciclo de produção

No processo de enformação existem três atividades que constituem o seu ciclo de produção, como se pode observar pelas fatias cinzentas da Figura 8: vaporizar o feltro, enformar e trocar o feltro. Dentro do tempo de máquina (vaporizar e enformar) existem atividades que podem ser realizadas para compor o feltro enformado anteriormente e colocá-lo no carro de estufa. Segundo o departamento de engenharia de produto, qualquer outra atividade necessária ao processo de enformação deve ser realizada durante o tempo de máquina.

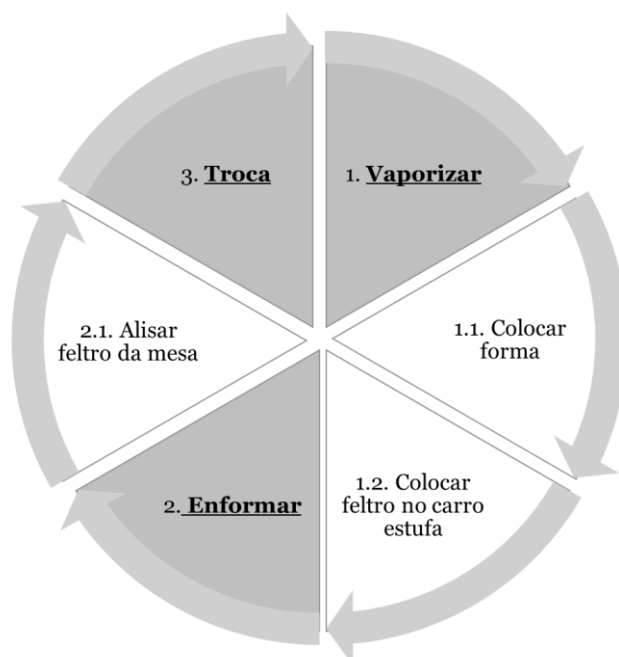


Figura 8 - Ciclo produtivo de enformação

A2. Setup

Como se pode observar pela figura 9, o *setup* inicia-se com o fecho da ordem de produção (OP) finalizada, tanto no sistema informático como num registo manual de produção. Depois, o operador limpa/arruma a bancada, passa o conjunto de feltros da OP seguinte, que estão junto da máquina (*shopping* do posto de trabalho) para a bancada de trabalho. De seguida, o operador prepara a bancada: identifica as formas, troca o aro da máquina, mede a distância entre as garras e o aro em quatro pontos, formando uma cruz, e ajusta a altura do pêndulo. As distâncias entre as garras e o aro têm de ser iguais nos quatro pontos. Depois abre a OP no sistema e dá início ao ciclo de produção ao colocar o 1º chapéu na máquina.

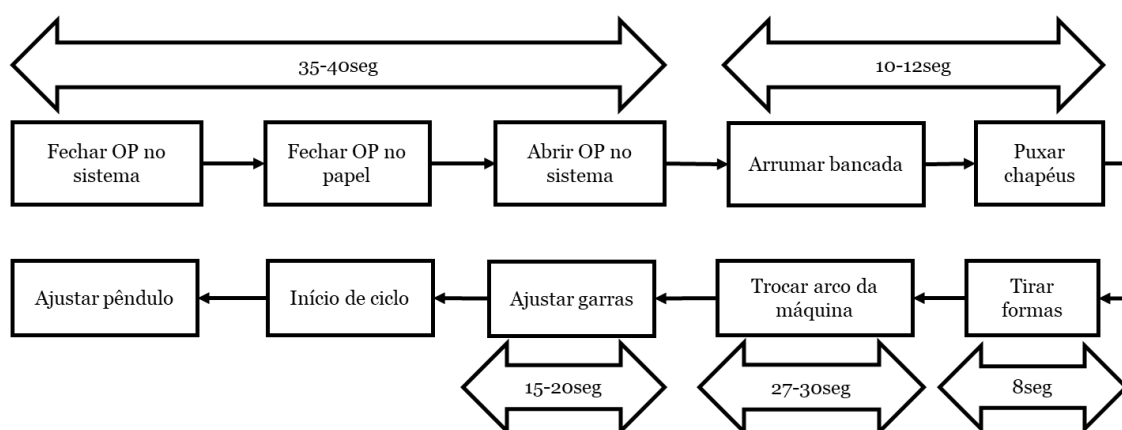


Figura 9 - Etapas do *setup*

B. Maquinaria

Os postos de trabalho estão organizados em *layout* em L por células de trabalho. Cada posto de trabalho é constituído permanentemente por uma máquina de enformar (pentágono), uma bancada (retângulos com arestas arredadas) e um carro de estufa (retângulos cinzentos). Ainda existe um carro do lado direito das máquinas, que funciona como bancada de armazenamento da célula. A organização dos postos de trabalho permite, um movimento mínimo entre os três componentes do posto de trabalho e a rotação/troca rápida do carro de estufa.

O operador faz um ângulo de 180° entre a máquina (junto à parede) e o carro de estufa (junto do corredor central). Os feltros são movimentados no sentido dos ponteiros dos relógios, entrando pela pré-enformação e saindo pela enformação, em carros de estufa. No centro do setor é colocada a obra a ser dividida pelas etapas e postos de trabalho. De notar, que junto à escoadeira ficam os feltros com tons pastel, branqueados e intermédios claros, no centro ficam os feltros com tons intermédios e intermédios escuros e depois ficam os feltros escuros. Esta divisão foi idealizada para minimizar a distância entre as máquinas que trabalham tons específicos e a obra a ser trabalhada (Tabela 4). É possível observar que existe uma padronização e organização do *layout* de acordo com o fluxo de valor e respeitando a divisão de tons.

Observou-se que não existe uma marcação fixa das células de trabalho. Por fim, ainda se observou que os cacifos e o local designado por “pirrós” não está em conformidade com o espaço, uma vez que está junto a um posto de trabalho.

Tabela 4 – Divisão de trabalho dos postos de trabalho
(Divisão realizada de acordo com os tons de feltros existentes e capacidade/necessidade de trabalhar formas redondas e ovais. ID: identificação do posto de trabalho por cor)

ID	Posto de trab.	Tons a trabalhar	Tipo forma
Verde/amarelo	Enf.1	Branco e pastéis	Todas
Amarelo	Enf.2	Intermédios claros e intermédios	Todas
Cinza	Enf.3	Intermédios claros e intermédios	Todas (aba>16cm)
Azul	Enf.4	Intermédios escuros e escuros	Redondas
Verde	Enf.5	Intermédios escuros e escuros	Redondas
Castanho	Enf.6	Intermédios escuros e escuros	Todas
Preto	Enf.7	Intermédios escuros e escuros	Ovais

B1. Bancada

As bancadas estão todas do lado esquerdo da máquina. Estas são constituídas por uma base de metal inoxidável e armação em ferro, com superfície protegida. A empresa optimizou o espaço sob as bancadas, como se pode observar pela figura 10, com tubos PVC para armazenamento de formas e ganchos para os aros, um suporte para água e local para utensílios, como luvas, escala metálica e blocos de notas.

Para armazenar as formas foram utilizados tubos de PVC duro, com diâmetro suficiente para armazenar a maioria das formas sob a bancada. O comprimento estipulado para cada tubo, de acordo com a profundidade da bancada, permite que sejam armazenadas até 3 formas por tubo, se estas não forem muito altas. A disposição dos tubos faz com que haja espaço nas laterais internas da bancada para armazenar outros componentes, como luvas e garrafas de água (no lado esquerdo).

Na lateral esquerda exterior foram disponibilizados e identificados arcos metálicos com medidas definidas e identificadas. Estes aros são fixados nas máquinas de enformação e permitem segurar o feltro pela dobra da copa, enquanto se procede a enformação. O objetivo é que cada posto de trabalho tenha o seu conjunto de arcos, um de cada tamanho, necessários para o processo de enformação automatizado e identificados por cores.

Como se pode observar na Figura 10, para as bancadas realizou-se a organização e identificação de formas, de acordo com o ponto seguinte, e a limpeza do espaço.

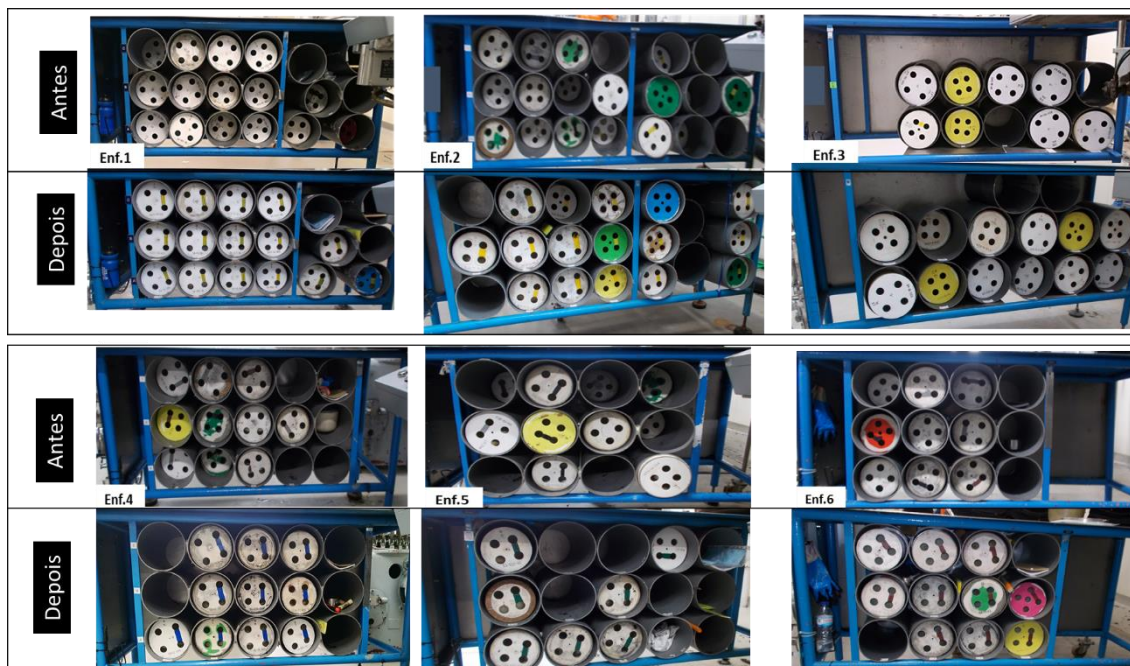


Figura 10 - Processo de 5S sob as bancadas

Organização das formas

O setor tem o espaço sob as bancadas otimizado para armazenar formas, conforme explicado antes. Esta intervenção teve como objetivo permitir que o *setup* fosse mais curto, pois as formas mais comuns deveriam de estar organizadas e disponíveis sob a bancada de cada célula de trabalho. No entanto, além de este espaço ser limitado à quantidade de formas existentes no setor, ainda se observou que existem formas que não estão identificadas ou não correspondem à máquina onde estão armazenadas.

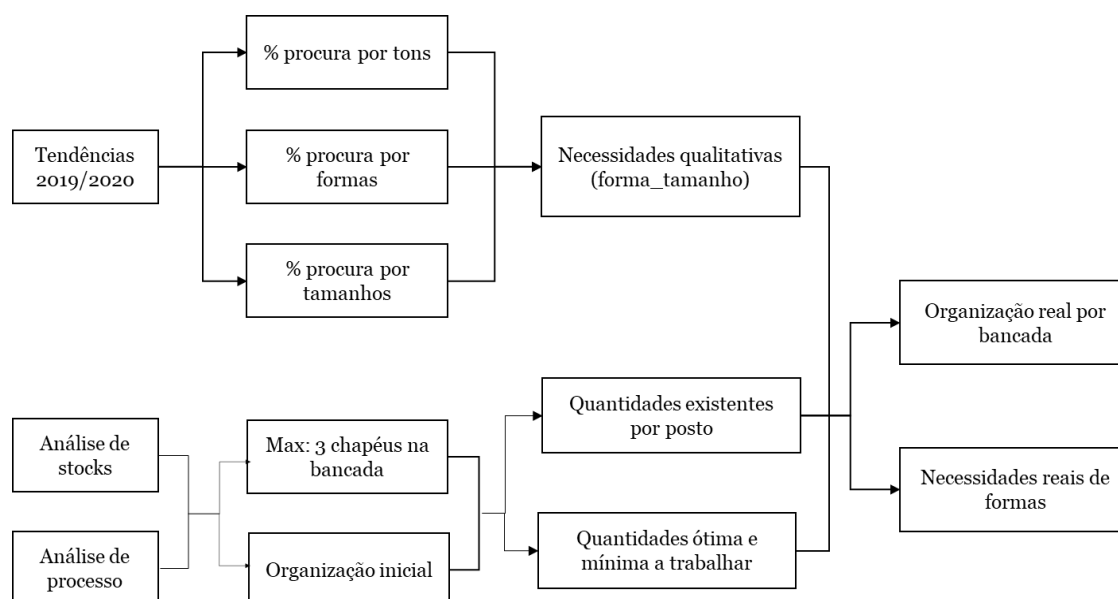


Figura 11 - Processo de análise da organização das formas

Assim, realizou-se um estudo de tendências, seguido de levantamento do *stock* de formas no chão de fábrica e obtiveram-se as necessidades e a organização mais adequada, de acordo com o pensamento lógico apresentado na Figura 11.

• **Organização das formas - Tendências 2019/2020**

Realizou-se uma análise das tendências de procura de feltros enformados para os anos 2019 e 2020, sendo que se quis incluir um ano comum e o ano anterior ao atual (ano atípico). As tendências foram filtradas por ano, cor, forma e tamanho da copa, o que resultou nos gráficos das Figuras 12 e 13. A escolha dos filtros deveu-se à organização do *layout* por tons, percentagens de procura dos diferentes tons e às tendências por forma e tamanhos.

As formas estão identificadas com “cod_tamanho”, sendo “cod” a referência de cada tipo de forma e “tamanho” o tamanho de forma de acordo com a classificação entre XS e XXL. Segundo a análise de tendências conseguiu-se concluir que as formas com mais utilização são as A, B e C, identificar os tamanhos mais utilizados (S, M, L e XL) e os menos ou não utilizados por forma (XS e XXL).

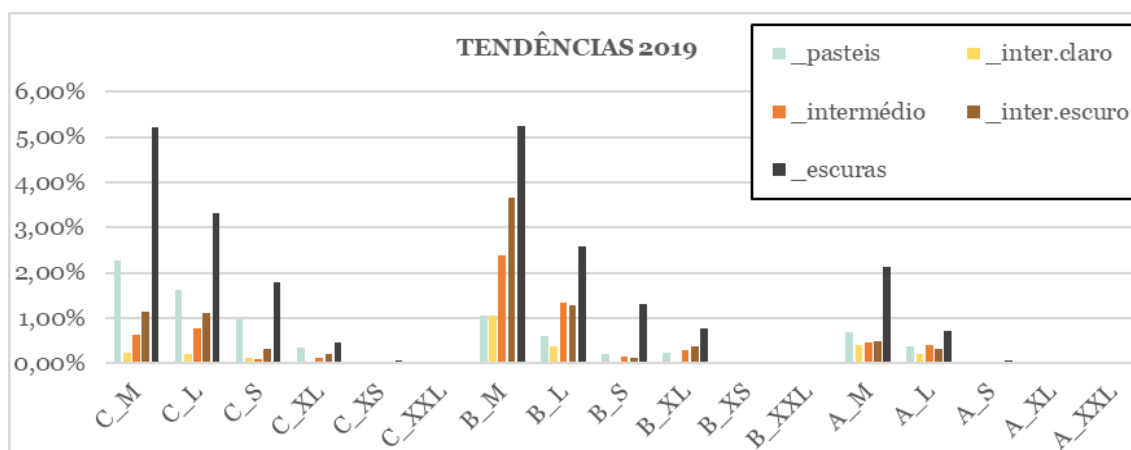


Figura 12 - Tendências de procura de formas e tamanhos para o ano 2019

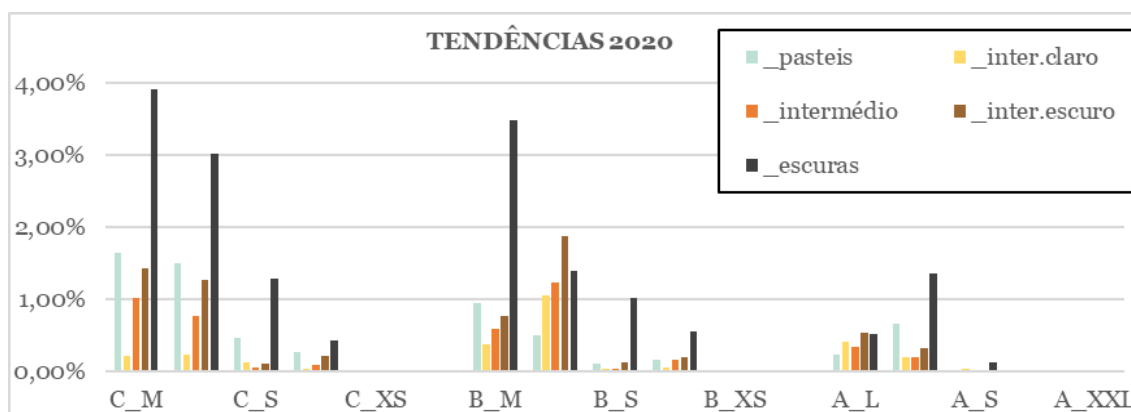


Figura 13 - Tendências de procura de formas e tamanhos para o ano 2020

- **Organização das formas – Análise de stocks**

Depois da análise de tendências procedeu-se ao levantamento dos *stocks* existente de formas no chão de fábrica e a sua organização inicial por posto de trabalho (Tabela 5 – parte superior). De salientar, que apenas as formas redondas e de enformação automática são armazenadas nos postos de trabalho. As formas ovais e as formas manuais são armazenadas à parte. Sabe-se que os operadores devem trabalhar com uma quantidade mínima de 2 formas, mas idealmente deveriam ser 3 formas ao mesmo tempo para ter um método mais otimizado.

- **Reorganização de formas**

O cruzamento das informações retiradas anteriormente permitiu identificar uma organização das formas sob as bancadas otimizada e as necessidades reais de formas (Tabela 5 – parte inferior). Desta forma considera-se que existe um movimento mínimo no *setup* e o método de enformação vai manter-se otimizado. Após a organização, foi realizada a identificação dos tubos de PVC sob as bancadas, de acordo com a organização idealizada, e foi adicionada uma fita na base de cada forma da cor do posto de trabalho correspondente. Também foi realizada, por parte da empresa, uma encomenda das necessidades de formas em falta.

Tabela 5 - Organização de formas nos postos de trabalho

local	ME1	local	ME2	local	ME3 + SINO	local	ME4	local	ME5	local	ME6	local	ME7
Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.
A_M	4	A_L	3	A_L	2	A_L	2	A_L	1	A_L	3	A_S	1
A_XL	3	A_M	3	A_M	4	A_M	2	A_M	1	A_M	3	A_XL	3
B_L	3	A_XL	1	A_XL	1	A_S	5	A_S	2	A_S	3	B_XL	3
B_M	2	B_L	3	A_XXL	2	A_XL	3	A_XL	2	B_L	2	BB_L	2
B_S	3	B_M	3	B_L	1	B_L	1	B_L	2	B_M	3	BB_M	4
B_XL	2	C_M	2	B_M	1	B_M	1	B_M	4	B_S	1	BB_S	3
B_XS	2	C_S	1	B_S	3	C_L	3	B_S	3	C_L	3	BB_XL	3
BB_L	2	Cio_L	3	B_XXL	3	C_M	4	C_L	2	C_M	3	C_XL	3
C_L	3	Cio_M	1	C_XL	1	C_S	3	C_M	3	C_S	2	D_M	3
C_M	3	Cio_S	1	Cio_M	2	Total	24	C_XL	1	Total	23	E_L	3
C_S	3	Cio_XS	1	Cio_S	1			C_XXL	3			E_M	4
C_XL	3	Total	22	Cio_XL	2			CX_XL	6			H	2
C_XS	2			Cio_XS	1			CX_XXI	4			M_55	2
Total	35			Cio_XXL	4			Total	34			Total	36
				CX_L	3								
				CX_S	3								
				Total	34								

local	ENF1	local	ENF2	local	ENF3	local	ENF4	local	ENF5	local	ENF6	local	ENF7
Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.	Forma	Quant.
A_L	3	A_L	2	A_M	2	A_L	3	A_M	3	A_L	3	A_XL	3
A_M	3	A_M	3	A_XXL	2	A_M	3	A_S	3	A_M	3	B_XL	3
A_S	3	A_XL	2	B_M	4	A_S	3	A_XL	1	A_S	2	BB_L	2
A_XL	3	B_L	1	B_XXL	3	A_XL	1	B_L	2	A_XL	2	BB_M	2
B_L	3	B_S	1	C_XL	5	B_L	3	B_M	2	B_L	3	BB_S	3
B_M	2	C_M	3	C_XXL	3	B_M	3	B_S	2	B_M	3	BB_XL	3
B_S	3	Cio_L	3	Cio_XL	2	B_S	1	C_L	3	B_S	3	CX_L	2
B_XL	2	Cio_M	3	Cio_XXL	4	C_L	3	C_M	3	B_XS	2	D_M	3
BB_L	2	Cio_S	2	CX_XL	6	C_M	3	C_S	3	C_L	2	E_L	3
BB_M	2	Cio_XS	2	CX_XXL	4	C_S	3	Total	22	C_M	3	E_M	4
C_L	3	CX_L	1	Total	35	Total	26			Total	26	H	2
C_M	3	CX_S	3									M_55	2
C_S	3	falta B_XL										Total	32
C_XL	3	C_S											
C_XS	2	C_L											
Total	40	B_XS											

B2. Carros de estufa

O carro de estufa é o componente móvel essencial dos postos de enformação, onde se transportam os feltros enformados para as estufas. Os carros são em inox, ou ferro, com prateleiras feitas com várias linhas arame de solda. Assim, durante o processo de secagem na estufa, os feltros conseguem secar de forma uniforme. Deve-se salientar, que a empresa já tinha iniciado um projeto nos carros de estufa para a adição de um quadro de lousa para a identificação das OP em cada carro. Isto evita a confusão e desperdício de tempo da responsável pelas estufas.

Para o presente caso de estudo realizou-se um levantamento do stock de carros de estufa, identificação por letras e identificação através de um sistema de cores do tipo de arranjo necessário (vermelho para arranjo de arame e amarelo para arranjo das rodas).

Concluiu-se, que existem 71 carros na empresa para utilização no setor de enformação, dos quais 44 (57%) estão conformes e 27 (35%) não estão conformes. Dos não conformes, 8 têm só problemas de rodas, 15 têm só problemas de arames e 4 têm problemas de rodas e de arames. Este levantamento foi entregue ao responsável pela conservação dos carros de estufa para uma intervenção mais rápida e focada.

B3. Máquina de enformação

Por fim, analisou o estado de conservação das máquinas de enformação. Estas funcionam através de um sistema eletromecânico, hidráulico e de vapor. Por este motivo todos os constituintes têm de ser resistentes a altas temperaturas e à humidade presente no processo. As máquinas são constituídas por um vaso, onde encaixa um aro metálico, um conjunto de garras com pontas de borracha, um pêndulo, um sistema de vaporização e de ventilação, botoneiras de emergência, um sistema de modo de trabalho e um painel de controlo, segunda a Figura 14.

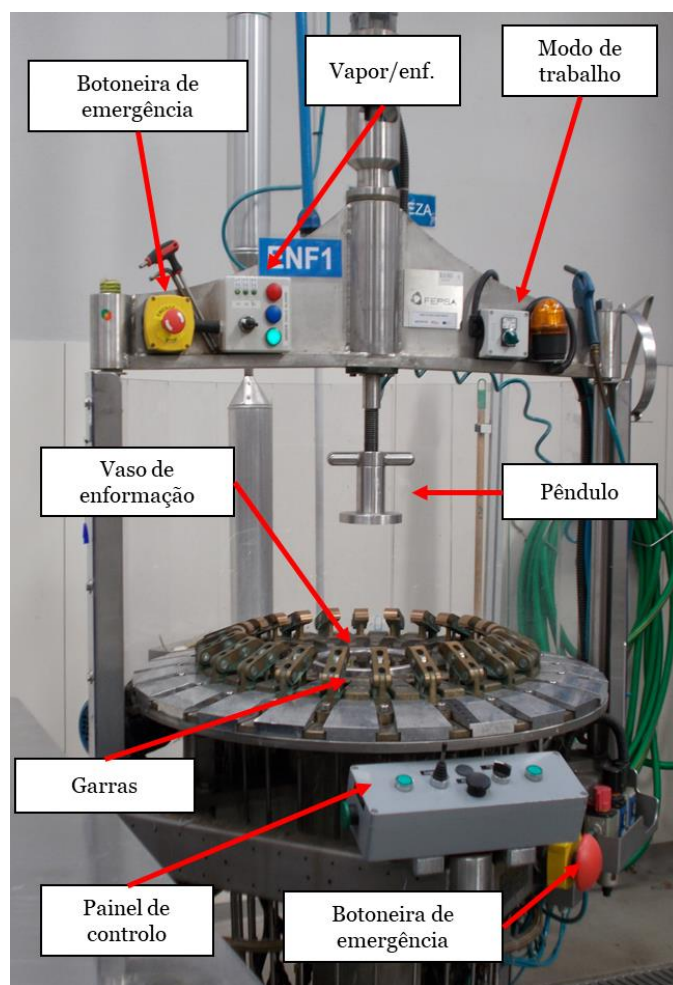


Figura 14 - Composição de uma máquina de enformar

Observou-se que existem duas máquinas de enformação que são utilizadas apenas para obra especial: a máquina enf.3 é utilizada apenas para abas de grandes dimensões (>16 cm), e a máquina enf.7 é unicamente utilizada para enformação de copas ovais, pois não está preparada para copas redondas. São 2 postos de trabalho utilizados ocasionalmente e que podem armazenar algumas formas menos utilizadas (enf.7) ou de tamanhos maiores (enf.3).

Os principais problemas das máquinas de enformação é o excesso de humidade e a sujidade (fibras têxteis) acumulada na parte inferior da máquina. A humidade é uma consequência do vapor necessário para o processo de enformação. Devido à grande quantidade de vapor e calor existente, a empresa tem um sistema de ventilação espalhado por todo o chão de fábrica que permite dar aos operadores maior conforto térmico durante as operações. As fibras têxteis agarram-se na parte inferior da máquina devido à humidade acumulada, mas são sopradas com ar comprimido e varridas ao fim de cada turno ou entre qualidades ou tons.



Figura 15 - Máquinas antes e depois dos 5S



Figura 16 – Processo de 5S nos painéis de controlo

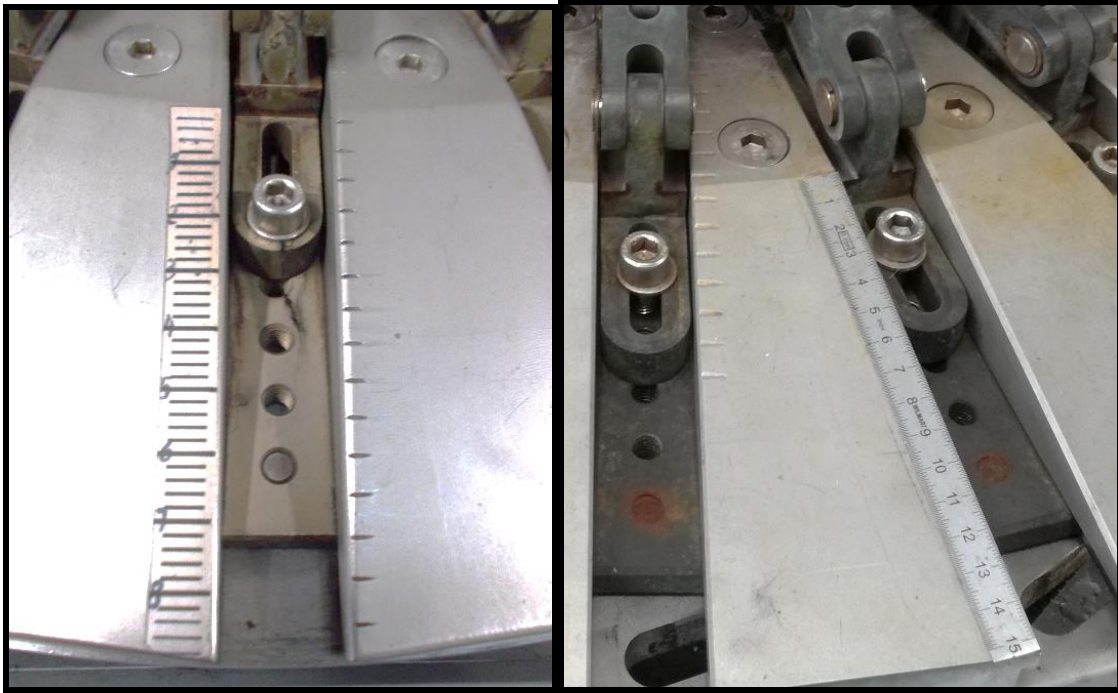


Figura 17 - Processo de padronização das escalas metálicas

Na limpeza inicial da máquina não se realizaram grandes atividades. Apenas se padronizou a identificação das máquinas, acrescentou-se uma IT que estava mal posicionada na bancada e identificaram-se as ferramentas de *setup* com as fitas correspondentes a posto de trabalho, como se pode observar na Figura 15. No passo 1, também se realizou a identificação, organização, padronização e limpeza das máquinas nos painéis de controlo (Figura 16) e na escala de medição (Figura 17).

A3. Limpeza

O processo de limpeza é realizado tanto no final como no início de cada turno. É da responsabilidade de cada operador ter o seu posto limpo no final do turno de acordo com a IT de limpeza disponibilizada no chão de fábrica com as atividades da Figura 18.

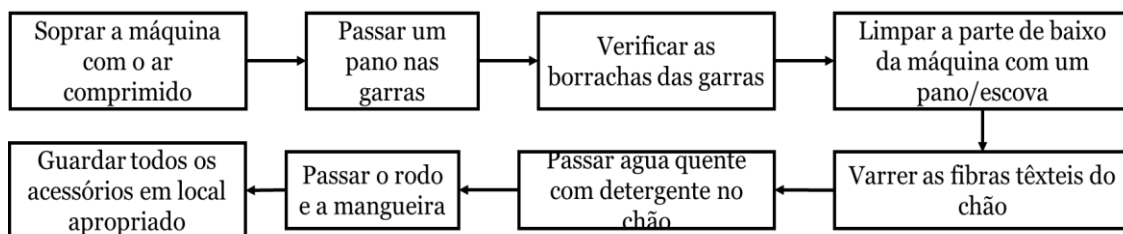


Figura 18 - Etapas de limpeza das máquinas de enformação
Fonte: Instrução de trabalho interna da FEPSA, SA.



Figura 19 - Kits de limpeza antes e depois dos 5S

Observou-se que alguns kits de limpeza não tinham identificação, alguns conjuntos estavam incompletos e/ou faltava o gancho para os acessórios. Assim, realizou-se uma intervenção 5S em todos os Kits Limpeza, de acordo com a Figura 19. Padronizaram-se todos os Kits, de modo a serem todos fixos à parede ao invés de ter um poste móvel metálicos e adicionaram-se os utensílios em falta. Também se realizou a manutenção da mangueira de limpeza e se sensibilizaram os operadores para a necessidade de autodisciplina para manterem os kits de limpeza organizados e limpos.

4.3.3. Passo 2 – Reorganização dos processos

O passo 2 focou-se no estudo da reorganização dos processos, que se assume como o método (A). Como se pode observar, o método pode ter três processos: o ciclo de produção, o *setup* e a limpeza do posto de trabalho. A manutenção das máquinas não está contemplada neste trabalho uma vez que a empresa possui um departamento de manutenção profissional interno.

Foram realizados estudos, apresentados abaixo, através da identificação e da cronometragem dos métodos de trabalho. Todos os processos foram discutidos e analisados junto do Departamento de Gestão Industrial, responsáveis do setor de enformação (horários 1 e 2) e junto dos operadores. Depois no passo 3 avaliou-se a implementação do estudo e algumas atividades de melhoria.

A1. ciclo de produção

O ciclo de produção engloba as atividades da Figura 8. Apesar de as atividades das fatias a branco serem necessárias, a engenharia de desenvolvimento de produto entende que devem ser realizadas durante o tempo-máquina (fatias cinzas). Isto permite, que as máquinas de enformação estejam constantemente em funcionamento e o tempo despendido a arranjar o feltro seja “mascarado”.

O tempo de máquina que está automatizado, como se pode observar pela Figura 20, através de dois sistemas elétricos:

- Sistema de vaporização/enformação: é um sistema que tem três conjuntos de tempo de vaporização e de enformação estabelecidos. Apenas funciona com o modo automático acionado;
- Sistema de trabalho: a máquina tem três modos de trabalho - automático, pausa e *setup*. O modo automático permite que o operador realize o ciclo de produção, o modo pausa bloqueia todos os comandos da máquina e o modo *setup* deve ser utilizado na troca das ordens de produção.

Associado ao sistema de trabalho, existe um sinal luminoso intermitente de acordo com a figura 20 – à direita, que está programado para acelerar o ritmo de intermitência após 8 segundos de máquina parada, no modo automático. O objetivo é obrigar os operadores a iniciar um novo ciclo de produção imediatamente após o final do anterior. No entanto, o seu posicionamento, do lado direito da máquina, faz com que não seja eficiente. Caso o operador esteja virado para a bancada, o sinal irá ficar nas costas dele. Assim, o operador não dá conta da alteração de ritmo do sinal.

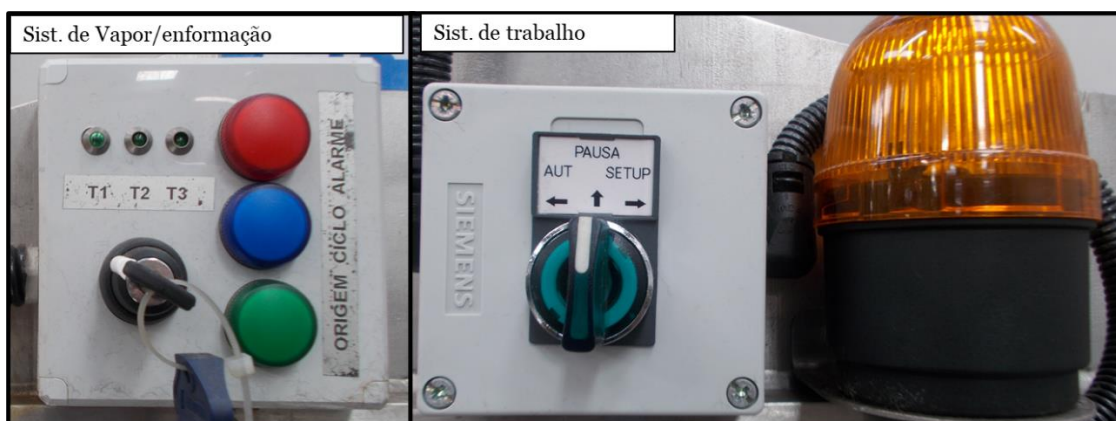


Figura 20 - Sistemas associados ao ciclo de produção

Outra situação, e muitas vezes referida pelos operadores, é que existem três fatores que influenciam o tempo-homem necessário por ciclo de produção e que devem ser tomados em consideração:

- Os defeitos provenientes de processos anteriores;
- A qualidade do pelo. Existem qualidades de pelo que necessitam de ser penteados depois de saírem do vaso de enformação;
- Tipo de formas (como as ovais). Neste caso é necessário vaporizar duas vezes (uma no interior do chapéu e outra no exterior) antes da enformação e esticar o feltro entre vaporizações.

Quanto aos defeitos provenientes dos processos anteriores é de grande importância conseguir entender quais são, identificar as suas causas raiz e eliminá-los. A qualidade do pelo é um aspeto intrínseco ao produto, que não pode ser eliminado e as formas ovais não são um problema real para o ciclo de produção, pois apenas é acrescentado duas etapas durante a enformação e não entre enformações como se pode observar na Figura 21.

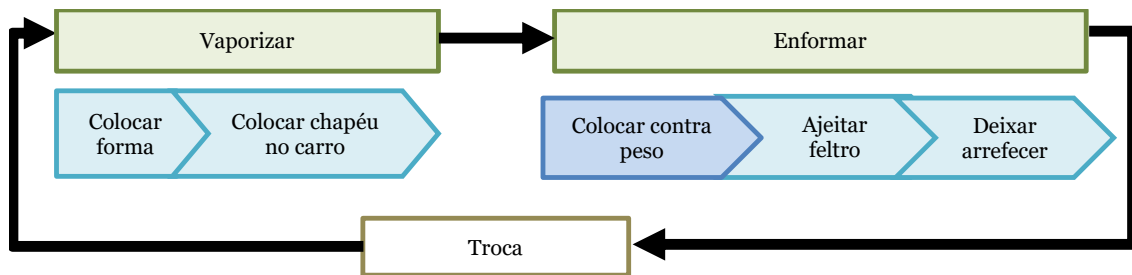


Figura 21 – Procedimento utilizado para enformação de copas ovais.

Depois de identificadas as atividades necessárias ao ciclo de produção realizou-se a sua cronoanálise com o seguinte método: cronometraram-se os tempos de dois enformadores, que têm uma boa performance para a mesma qualidade de feltros. Dentro do tempo-homem de cada um, foi determinado um tempo médio por ciclo para ser respeitado. Sabe-se que a máquina está determinada para realizar ciclos de 28 segundos.

No final, chegou-se ao resultado máximo de 15 segundos para o tempo-homem, como se pode observar pela Figura 22:

- Troca de chapéu = 8 segundos (já implementado com sinal luminoso);
- Colocar contrapeso e verificar feltro = 7 segundos (considerado tempo-homem em excesso).

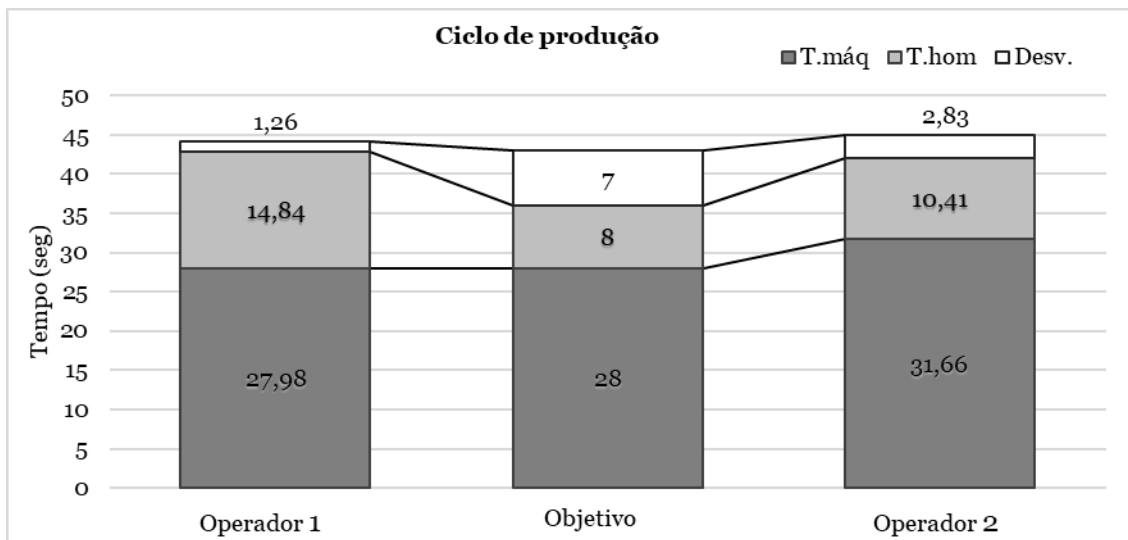


Figura 22 - Resultado da cronoanálise dos tempos de ciclo de produção

Das cronometragens realizadas, foi possível observar que, para a maioria dos feltros, o tempo de troca imposto pela empresa de 8 segundos está dentro das capacidades dos operadores, portanto manteve-se o mesmo. Para o caso de o operador pretender colocar um contrapeso e fazer um rápido alisamento do feltro antes da troca de feltro, identificou-se o tempo de compensação de mais 7 segundos, que deve ser contabilizado como tempo limite de máquina parada.

Também foi observado que, em alguns casos como o do operador 2 da Figura 22, o tempo de máquina aumenta. Isto acontece, porque para acionar o pêndulo é necessária a intervenção do operador com as duas mãos. Então, entre a vaporização e a enformação, o operador realiza alguns arranjos no chapéu que está na bancada. Caso a intervenção humana seja mais demorada, o tempo de máquina aumenta também, estando esta parada entre processos.

A2. Setup

Da análise das atividades de *setup* completo chegou-se a um tempo médio de 110 segundos (1 minuto e 50 segundos) e ao tempo de compensação de 120 segundos (2 minutos). A empresa considera que os tempos calculados vão de encontro aos cálculos teóricos já realizados.

Com o máximo de 28 segundos de tempo-máquina (Tempo vapor = 8 segundos e Tempo enformação = 20 segundos), de 15 segundos de tempo-homem, 90% de performance e com as perdas de disponibilidade consideradas pela empresa (incluindo o tempo de *setup* máximo de 2 minutos), a quantidade total potencial de enformação

por homem é de 532 feltros (Tabela 6), tendo um aumento de produtividade de 20% (média inicial de feltro/homem/dia = 444 unidades).

Tabela 6 – Quantidade total potencial de feltros enformados

	Cálculo	valor
Tempo - homem	Cronometragem	15
Tempo ciclo padrão (segundos)	Cronometragem	44,85
Tempo ciclo padrão (minutos)	$44,85 * 60$	0,75
90% performance (minutos)	$0,75 * 0,9$	0,83
Perda de disponibilidade		
Limpeza (minutos)	----	5
Setup minutos)	$2\text{min} * 9 \text{ OP}$	18
Outras ineficiências (minutos)	----	14,40
Soma perdas (minutos)	$5 + 18 + 14,40$	37,40
Tempo total a produzir (minutos)	$480\text{min} - 37,40$	442,60
Quantidade total potencial (unidades)	$442,60 / 0,83$	532,92
Média de feltros enformados (unidades)	----	444
% produtividade ganha	$532/444$	20%

Desta forma, foi comprovado que o objetivo estabelecido pela empresa é possível de ser alcançado com uma margem de 32 feltros.

Também se realizou um cálculo da quantidade total potencial para o tempo de *setup* de 5 minutos, mantendo todas as outras condições inalteradas, obtendo-se 500 unidades enformadas. Isto significa, que o tempo máximo de 5 minutos aceite atualmente para o *setup*, mantém-se no limite do objetivo idealizado pela empresa e não pode ser ultrapassado.

• **Atividades logísticas dos postos de trabalho**

As atividades logísticas da enformação, como o abastecimento dos postos de trabalho, a adição e retirada de carros de estufa de cada posto de trabalho e as formas ovais, é da responsabilidade do responsável do setor. Este tem a sensibilidade de colocar um carro pequeno atrás do colaborador com várias OP de características idênticas (cor, forma e tamanho) e por ordem de necessidade (caso haja alguma OP urgente ele avisa o operador). Desta forma o operador só tem de verificar inicialmente as características dos feltros no carro de abastecimento e selecionar a OP pela ordem estabelecida.

4.3.4. Passo 3 – Padronização Inicial

O objetivo do passo 3 é implementar o que se estudou no passo anterior, validar a eficácia da implementação e realizar melhorias na gestão visual da área modelo. É o último passo da restauração dos postos de trabalho e já aborda a questão da melhoria. Aqui são apresentadas a validação do sinal sonoro das máquinas e depois as melhorias realizadas e sugeridas para o setor.

• Sinal sonoro

O objetivo da empresa era garantir o controle do tempo dos ciclos de produção e de *setup*, para atingir o objetivo de produtividade de 500feltros/homem/dia, através da adição de um sinal sonoro.

Por observação sugeriu-se adicionar 2 sinais sonoros associados ao sinal luminoso: um sinal de aviso e outro sinal de alerta, de acordo com a Tabela 7. O sinal de aviso (um “bip” simples) vai advertir o operador, que o tempo está a esgotar-se e toca em primeiro lugar e o sinal de alerta (“bip” intermitente), vai alertar o operador que é necessário colocar um feltro na máquina.

Tabela 7 - Tempos do sinal sonoro

Modo de trabalho	Sinal de aviso	Sinal de alerta
Automático	8 segundos	+7 segundos
<i>Setup</i>	110 segundos	+10 segundos

O sinal sonoro foi implementado e testado no posto de trabalho enf.4 juntamente com o responsável do setor e um operário da máquina, onde se analisou as dificuldades de cumprir os tempos estabelecidos e tentou-se chegar a uma solução, apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 – Problemas e resolução da implementação do sinal sonoro

Problema	Descrição	Resolução
Obra com defeito	As abas têm larguras diferentes	- Está dentro da referência? Pode seguir. - Está fora da referência? Colocar de lado e chamar o responsável do setor.
	A obra tem meia cana	- O problema está nos processos anteriores. Chamar responsável do setor.
	Feltro rasgado ou com defeito incorrigível	- Colocar de lado e chamar o responsável no final da OP.
	A copa não sela na forma	- Chamar o responsável.

Qualidade com necessidade de trabalho manual	Feltros com tipos de acabamento com necessidade de serem penteados imediatamente após enformação	Usar outra máquina semelhante. Identificar as qualidades e desligar o sinal sonoro para essas.
Copas ovais	Necessidade de fazer uma vaporização para esticar o feltro	Não é um problema.

Durante o período de teste, teve-se a sensibilidade para atribuir obras mais simples a esta máquina, pois a enformação é um dos setores que mais resistência oferece à mudança devido à idade dos enformadores e à modernização recente das máquinas. As máquinas antigas obrigavam a um trabalho mais moroso, delicado e de grande esforço físico da parte dos enformadores, como se pode ver pela Figura 23, aspecto que não se observa agora devido à automação dos equipamentos. No entanto, no futuro deve ser adicionado ao sistema uma forma controlada de cancelar o sinal sonoro, para as obras que justifiquem o cancelamento.



Figura 23 - Máquina de enformar antiga.
(fonte: museu da chapelaria)

Os entraves causados pela resistência à mudança devem ser acompanhados, através de ferramentas de identificação e resolução de problemas ou através de um projeto de implementação do pilar de controlo de qualidade do WCM.

• **Setup - Intervenções e melhorias**

De todas as etapas do *setup* identificadas na Figura 9, verificou-se que já existem etapas que estão otimizadas (ok), parcialmente otimizadas (ok + int.) e outras que necessitam de intervenção (int.), conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Etapas do *setup* e possíveis otimizações

Nível	Etapas	OK	Int.	Observações	Sugestão
1	Fecho/abertura de ordens de produção (OP) no terminal de recolha de dados	X	X	C/ passos	Colocar por posto
2	Registo manual de OP		X	Sobreprocesso	Retirar
3	Local de formas/aros	X	X	Desorganizada	Passo 1
3	Ferramentas	X		Manualmente e organizada	Passo 1
1	Método de aperto	X	X	Pode ser melhorado	Parafuso bloqueio
3	Ajustar pendulo		X	Definir altura	Desenvolver IT

Estas etapas foram separadas em 3 níveis de intervenção de acordo com os custos e tempo necessário para finalizar a intervenção:

- Nível 1: alto custo e a longo prazo;
- Nível 2: custo intermédio e/ou necessita de algum estudo de tempo (> 1mês);
- Nível 3: baixo custo e rápido (<1 mês).

• **Registo manual – estudo**

Após a identificação de todas as etapas do *setup* e possíveis intervenções, focou-se na necessidade de se realizar um registo manual das OP trabalhadas, uma vez que demora certa de 60 segundos. Assim, realizou-se um estudo da sua necessidade, juntamente com o responsável do setor, e identificaram-se as possíveis alternativas, mostradas na Tabela 10, de modo a retirar este tipo de registo.

Concluiu-se, que para o processo de enformação apenas é necessário fazer o registo manual caso o terminal de registo dados (TRD) falhe (por exemplo, falha de rede). Para

atividades que não são possíveis de registrar (por exemplo, picotar abas) deve ser criado um posto de trabalho no sistema como “outros” ou com o próprio nome do processo.

Tabela 10 - Motivos de registo manual e alternativas possíveis

Necessidades	Alternativa possível
Justificação de tempos mortos (> 5 minutos)	Considerar pausas; Controlo de <i>setup</i>
Falha no sistema de registo informático	Registo manual
Justificação de atividades que não são possíveis de registrar no sistema (exemplo, picotar abas)	Criar estas atividades no sistema informático

• Método de aperto

Observou-se que as garras e o aro metálico têm um método de aperto convencional com parafusos sextavados internos, como se pode observar pela Figura 24. Este método, além de demorar algum tempo para as máquinas em estudo, pode ter outras desvantagens: o parafuso pode cair para dentro do vaso/máquina, local onde está muito quente; nem todas as pessoas têm a mesma força de aperto, mesmo com as ferramentas existentes nos postos de trabalho; o sextavado pode desgastar-se e ficar inoperável.

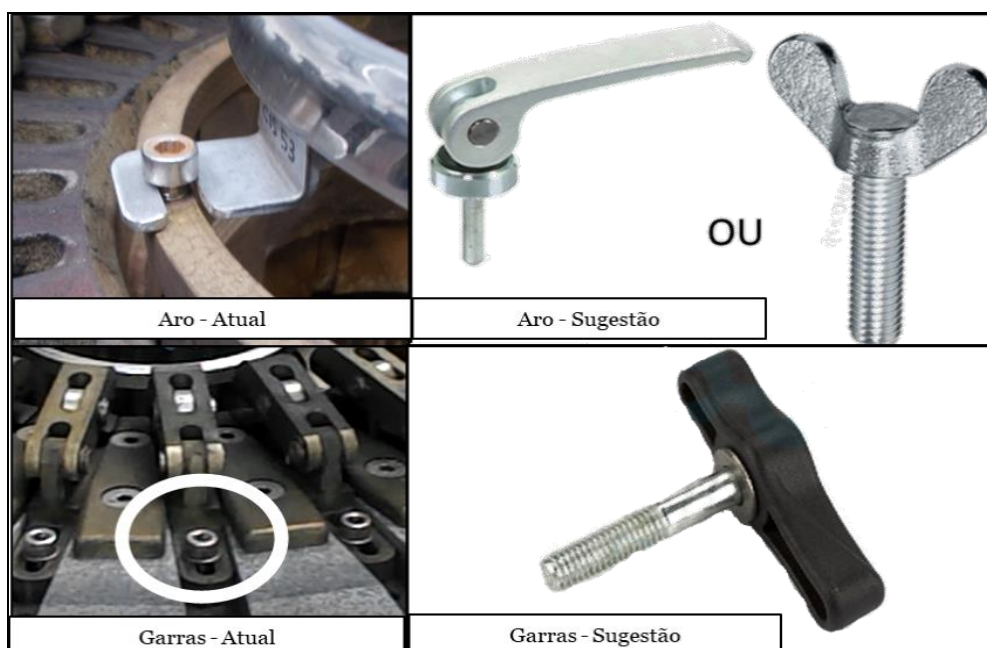


Figura 24 - Sugestão de melhoria para os métodos de aperto

Sugere-se, que a longo prazo se altere o tipo de aperto para métodos mais rápidos e simples, como parafusos de blocagem ou de aperto para os aros, e para parafusos de aperto de junta para as garras, como mostra a figura 24. Hoje em dia, também existem parafusos com tecnologia de aperto para os dois lados que podem resultar nestes casos.

- **Registo de OP no sistema TRD**

O TRD (Terminal de Recolha de Dados) é o aparelho eletrónico de registo utilizado pelos operadores. Existem vários espalhados por todos os setores, incluindo no setor da enformação, onde existem dois de acordo com a figura 24 utilizados pelos operadores da enformação e da pré-enformação. Estes aparelhos permitem fazer vários registos, nos quais se incluem as entradas, saídas e pausas dos operadores, abertura, fecho e alteração das ordens de produção, fazer requisitos de manutenção e armazenar dados na rede interna da empresa.

Na Figura 25 é apresentado o *Spaghetti Chart* do sector da enformação em que ENF é o posto de enformação; Sinos significa enformação manual; Pirrós é a estante de formas manuais; os retângulos cinzentos sem descrição são carros de estufa; os pentágonos são máquinas de enformação; os retângulos azuis-escuros e amarelos são supermercados de cada posto de trabalho; e os quadrados amarelos são vaporizadores. Pode-se observar que existe uma divisão entre os dois TRD disponíveis, de acordo com a proximidade dos postos de trabalho. Assim, o TRD à esquerda fica com os postos 1 a 4 e os TRD da direita com os postos 5 a 7. Esta divisão permite que as movimentações entre o posto e o aparelho eletrónico tenha um máximo de 13 passos, mas não esteja eliminada, continuando a existir uma deslocação mínima de 9 passos.

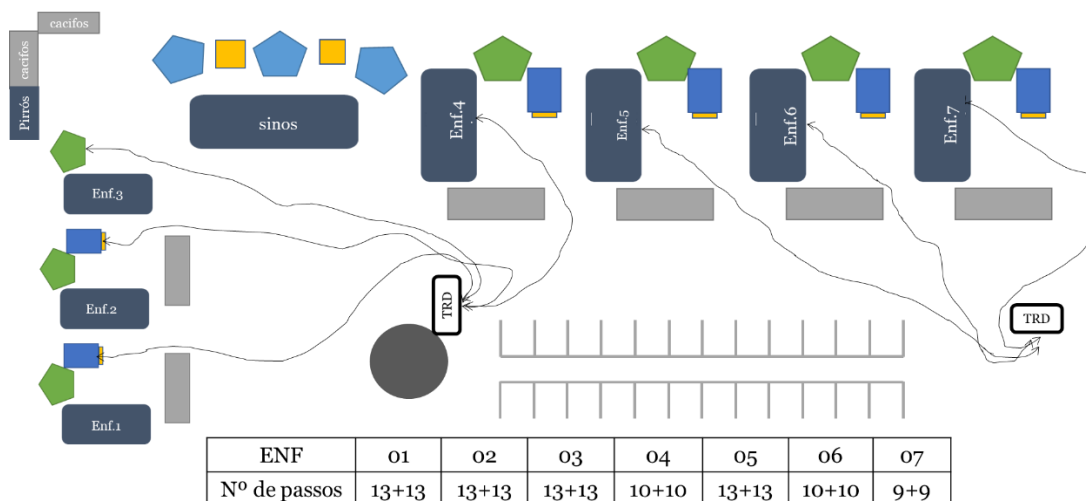


Figura 25 - *Spaghetti Chart* de parte do setor da enformação

De modo, a eliminar as movimentações sugere-se a implementação de um dispositivo eletrónico ligado à rede da empresa (ou ao TRD) e ao cartão do operador, que permita o registo das OP junto de cada posto de trabalho. Esta sugestão deve ser entendida como um projeto a longo prazo, pois entende-se que tenha um custo elevado para a empresa. Devem ser estudados ainda os seus benefícios para a empresa, pois a partir desta

separação há a possibilidade de realizar estudos de produtividade por cada operador/máquina, em tempo real, para todas as qualidades e gramagens trabalhadas.

- **Melhorias no *Layout***

Realizaram-se e/ou sugeriram-se outras melhorias dentro do setor de enformação que serão pertinentes para a otimização dos processos. Dentro destas melhorias estão a organização das formas manuais e ovais e otimização do espaço. No decorrer do estudo ainda houve a oportunidade de realizar um projeto para a troca de lugar de duas máquinas de picotar abas juntamente com a restauração dos mecanismos de proteção da mais antiga, descrito neste passo.

- a) Formas manuais (*pirreot* e sinos)**

Além das formas redondas mencionadas acima foram identificados 2 tipos de forma que são pouco usadas e têm características diferentes das mais comumente utilizadas: as formas ovais e as formas manuais (designadas de *pirreot* e sinos). As formas manuais estão armazenadas em dois locais diferentes, de acordo com a figura 24 os *pirreot* estão armazenados numa prateleira atrás da máquina Enf.3 e os sinos sob a bancada de sinos.

Depois de analisada a bancada de sinos, observou-se que é possível armazenar os *pirreot* e os sinos sob a mesma bancada, caso se instale uma prateleira da tipologia ilustrada na figura 26. Assim, é possível retirar a prateleira por trás da enf.3 e libertar este espaço para o acesso à máquina de enformação. Esta sugestão foi apresentada ao setor de manutenção e será posteriormente analisada/implementada pela empresa.

Observou-se que na mesma prateleira, onde estão os *pirreot*, também existem tubagens e material de apoio à enformação. Para estes materiais sugere-se que se retire o material de maiores dimensões de manutenção para o departamento de manutenção e o restante para a área de controlo, à entrada do setor.

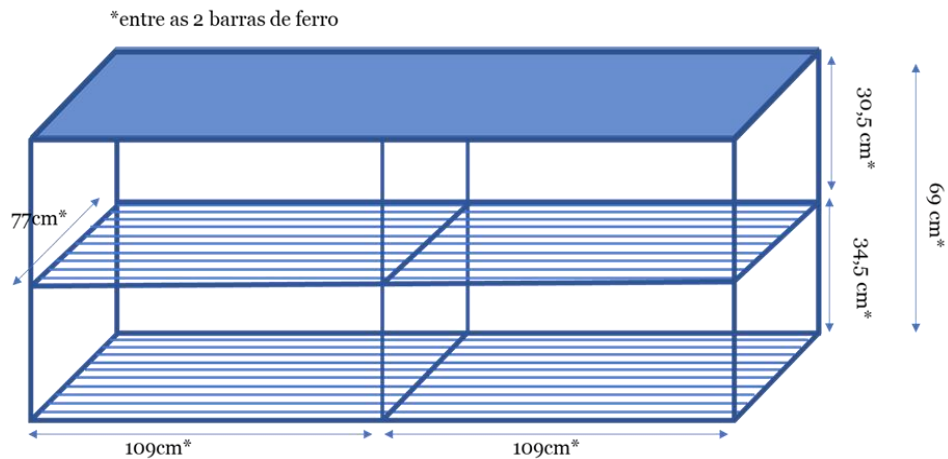


Figura 26 – Alterações sugeridas para a bancada de sinos e situação atual

b) Formas redondas pouco usadas e/ou grandes (tamanho > L)

Observou-se que as formas maiores, apesar de identificadas com fitas de cor cinza ou preta, não têm um local específico para serem armazenadas. Também se observou que o posto de trabalho enf.7 (fita preta) é utilizado unicamente para enformações ovais e o posto Enf.3 (fita cinza) é utilizado para abas extremamente largas, o que é raro de aparecer. Os tubos armazenados sob a bancada da enf.3 são mais largos do que os tubos das outras bancadas e existe espaço para aumentar mais uma coluna e uma linha (8 tubos ao todo) sob a bancada. Assim, de acordo com o levantamento de stock, o posto enf.7 deve ficar com as formas redondas pouco utilizadas, mas de tamanhos mais pequenos (até ao tamanho L) e o posto enf.3 com as formas redondas de grandes dimensões (tamanho > L).

Entende-se que também a enf.1 e a enf.2 devem conter um conjunto de formas redondas pouco utilizadas (por exemplo, CX e C10) para que não haja troca de formas dos tons pretos para os mais claros. Desta forma, evita-se que a obra de tons pastel, branqueados e intermédios claros seja manchada. A organização das formas redondas pouco usadas já foi contemplada no passo 1.

c) Formas ovais

As formas ovais estão armazenadas num mural fora do setor. Durante o período de desenvolvimento deste trabalho, não foi possível identificar um lugar mais adequado e mais perto do setor para estas formas. Assim, não se vai englobar as formas ovais nas sugestões de melhoria. No entanto, é importante realizar um projeto de melhoria para a realocação destas para dentro do setor de enformação, por exemplo com a adição/criação de um mural de parede.

d) Máquina de picotar abas

Após o controlo dimensional dos feltros, um dos processos iniciais do setor de enformação é o de picotar abas. Neste processo uma máquina com uma roda dentada, roda a uma velocidade constante, sobre uma base lisa (zona de corte) com pouca folga. O operador coloca a extremidade da aba do feltro, com a linha de marcação, junto à zona de corte e deixa o feltro rodar até perfazer uma volta completa.

Este processo tem o objetivo de cortar o “cordão”, que é formado quando a extremidade da aba fica mais grossa que o restante feltro, consequência natural dos processos anteriores à enformação. O cordão faz com o que o feltro fique mais duro na extremidade, o que acarreta dificuldades e defeitos no processo de abrir abas. Não é realizada a todos os feltros, porque depende de características do feltro, como a qualidade do pelo e a cor. Por norma, o departamento de I&D faz um estudo para determinar quais os feltros que podem picotar abas. O processo de bater abas também vai atuar sobre o cordão, mas sem cortá-lo.

Atualmente, a empresa tem uma máquina antiga de picotar abas, que está instalada no setor de rematação, e adquiriu uma mais moderna para otimizar o processo, como se pode observar pela Figura 27. Com esta aquisição foi possível passar o processo de picotar abas da rematação para o setor de enformação, de modo a diminuir a necessidade de transporte dos feltros entre setores.



Figura 27 - Máquinas de picotar abas Antiga e atual

O principal obstáculo do projeto era o espaço dentro do setor. Segundo o fluxo de processo, a atividade de picotar abas é realizada depois do escoamento da obra pelo responsável do setor e antes das atividades de pré-enformação. Entendendo o fluxo e observando o *layout* do setor, entendeu-se que as máquinas teriam de ficar entre a escoadeira e o estacionamento da pré-enformação. Entre estas duas áreas do setor o local mais indicado seria por trás da escoadeira, de acordo com a Figura 28.

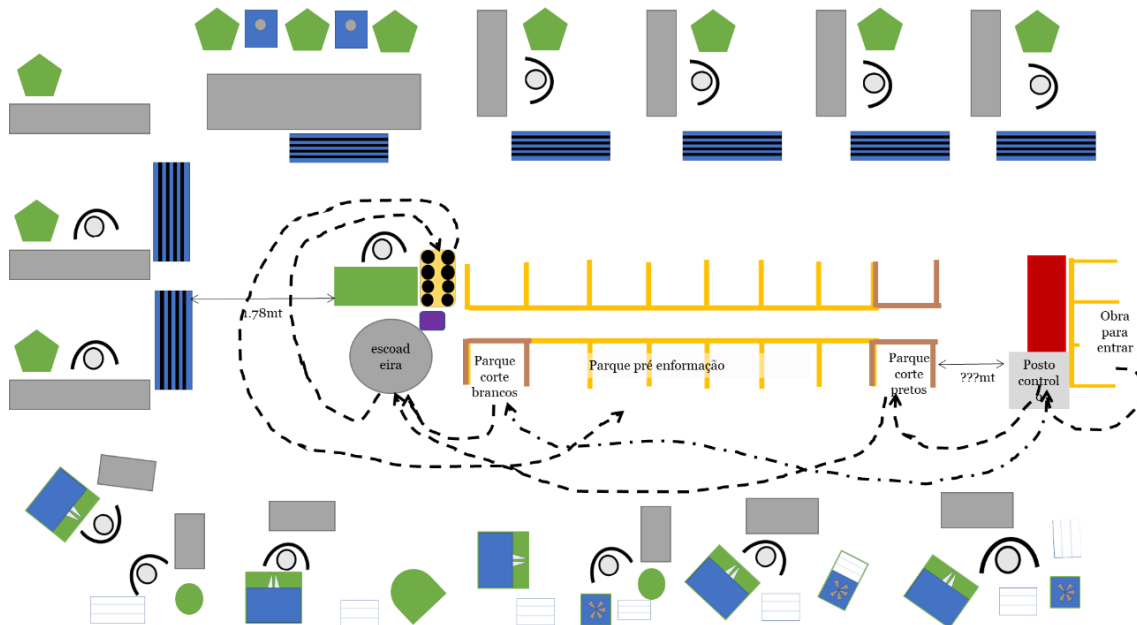


Figura 28 - Fluxo de obra no setor enformação

De forma a evitar defeitos no feltro, entendeu-se que se teria de utilizar a máquina antiga para cores claras e a máquina nova para cores escuras. Esta decisão prendeu-se

pela quantidade de obra de cada tom a ser picotada. Com a adição das máquinas de picotar abas no setor, surgiu a necessidade de adicionar dois lugares de parque para o picotar abas. Decidiu-se, que os dois lugares teriam de ficar um em cada extremo do parque de pré-enformação (feltros de tons claros junto à escoadeira e de tons escuros junto ao posto de controlo) para evitar que obra clara se manchasse com obra escura.

4.4. Outras atividades realizadas

Além das atividades relativas ao projeto de melhoria de posto de trabalho, a empresa pediu colaboração para outras atividades relacionadas com controlo da qualidade e melhoria contínua. As atividades realizadas são as abaixo mencionadas:

- Identificação de potenciais locais para melhoria contínua no chão de fábrica

Durante uma visita aos vários setores do chão de fábrica observou-se vários pontos com necessidade de melhoria e manutenção, em principal no armazém de matéria-prima e suflagem. Estes setores têm uma grande tendência a ganhar sujidade devido ao manuseio de pelo seco entre processos de limpeza e/ou mistura das qualidades de pelo. Observou-se que existe uma necessidade de manutenção, limpeza e reorganização das estruturas e espaços de armazenamento, o local de mistura dos pelos necessita de um projeto de melhoria de posto de trabalho, como implementação de 5S e controlo de qualidade, e de o setor de suflagem necessita de um projeto de melhoria para estabelecimento de uma limpeza periódica de infraestruturas e implementação de um sistema FIFO eficaz.

- Ajuda em várias atividades de controlo da qualidade para a atualização da certificação da ISO 9001:2015

Foram realizadas, em conjunto com a responsável da Gestão Industrial, verificações de stock de reagentes químicos e corantes, verificação da validade do mesmo e a indicação para revalidação dos reagentes químicos e corantes necessários.

- Cronometragem de tempo em diversos setores da empresa

Além da atividade de tempos e métodos realizada dentro do âmbito da dissertação, também se realizou a cronometragem para os postos de trabalho de pré-rematação e marcação de feltros. Os dados obtidos foram organizados e entregues à responsável da Gestão Industrial para análise posterior.

- Implementação dos 5S no setor das malhas

O setor das malhas é o mais recente na empresa e foi pensado e desenvolvido para a produção de boinas. A responsável das malhas é uma operadora multifacetada com formação em tricotagem, tinturaria, feltragem e acabamento. Foram implementados alguns sentidos dos 5S, nomeadamente, padronização e organização, no setor das malhas, uma vez que já existe um costume e cultura para a limpeza e utilização de equipamentos.

- Elaboração de IT de processo e de segurança em diferentes setores

Tanto para o setor de enformação como para o setor das malhas, falado anteriormente, foram realizadas atualizações dos métodos de trabalho existentes, desenvolvimento de instruções de trabalho e instruções de segurança não existentes. Isto foi importante para a renovação da certificação ISO 9001:2015, uma vez que podia resultar em uma não conformidade.

- Colaboração em pequenos projetos de melhoria contínua/restauração

Um dos projetos realizados fora do âmbito da dissertação foi a colaboração na recuperação e melhoria dos postos de trabalho e dos circuitos de abastecimento do setor de feltros de lã. Foram realizadas marcações no chão, divisão de bancadas e organização de equipamentos de controlo de pH dos depósitos de água das máquinas de feltragem. Este projeto é do âmbito de um estágio a decorrer em simultâneo na empresa.

5. Conclusão

O WCM foi desenvolvido para empresas com cultura ocidental enraizada e atua, de acordo com custo/benefício, onde existe maior necessidade nas matrizes de segurança, qualidade e produtividade dentro de uma organização. Segue uma metodologia organizada, padronizada e controlada o que torna esta metodologia mais simples, sólida e grande interesse para as organizações.

O objetivo do presente trabalho foi conhecer a metodologia WCM, através de uma pesquisa teórica, e validar a implementação do pilar organização de posto de trabalho em contexto industrial, através de um estudo colaborativo com a empresa FEPSA – Feltros Portugueses, SA. A empresa já tinha escolhido a área modelo – posto de trabalho de enformação - e tinha o objetivo de atingir uma quantidade total potencial de 500 feltros/homem/dia enformados. Procedeu-se aos 3 primeiros passos do pilar OPT e conseguiu-se implementar os 4 dos 5S nos postos de trabalho, encontrar uma cadência para os ciclos de produção e *setup* e ainda realizar, e sugerir, um conjunto de melhorias para o setor.

Deste modo, obteve-se um aumento potencial de 20% na produtividade, passando de 443 feltros dias para 532 feltros/dia. Concluiu-se, que o controlo do *setup*, até ao máximo de 5 minutos, não tem uma grande influência no aumento da produtividade, mas o controlo dos ciclos de produção tem. Concluiu-se, também, que o maior fator de perda de tempo nos ciclos produtivos são os defeitos resultantes dos processos anteriores, seguido de preconceitos adquiridos ao longo dos anos.

Em suma, a metodologia WCM é possível de implementar dentro de empresas, é uma metodologia flexível, simples e organizada, de fácil compreensão. No entanto, também se concluiu que o fator humano é o mais complicado de ser contornado, devido à resistência para a mudança, tal como no *Lean Manufacturing*.

Futuramente, seria do interesse da empresa realizar um estudo idêntico ou de controlo da qualidade para todos os setores de produção, de modo a eliminar gradualmente os defeitos até aos setores finais (acabamento e inspeção), e posteriormente um projeto dentro do pilar desenvolvimento de pessoas. Desta forma, além de haver uma formação técnica e sobre a política da empresa também seria possível integrar nos operadores comportamentos de organização e padronização da produção.

Referências Bibliográficas

Ansari, N. A. and Sheikh, D. M. J. (2014) 'Evaluation of work Posture by RULA and REBA: A Case Study', *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering*, 11(4), pp. 18–23. doi: 10.9790/1684-11431823.

Bahensky, J. A., Janet Roe, M. S. and Bolton, R. (2005) 'Lean Sigma — Will It Work for Healthcare?', *JHIM*, 19(1), pp. 39–44.

Borges, R. C. and De Oliveira, E. H. (2016) 'World class manufacturing (WCM): Estudo de caso da implantação do pilar controle da qualidade no processo de cromação de uma empresa do setor automotivo no Sul de Minas Gerais', in *ANAIS*. São Paulo, Brasil: FGV/EAESP, pp. 85–96. doi: 10.5585/exactaep.v14n1.5404.

Card, A. J. (2017) 'The problem with 5 whys', *BMJ Quality and Safety*, 26(8), pp. 671–677. doi: 10.1136/bmjqs-2016-005849.

Carlo, F. De and Simioli, G. R. (2018) 'Lean Production and World Class Manufacturing: A Comparative Study of the Two Most Important Production Strategies of Recent Times', *International Journal of Industrial and Operations Research*, 1(1), pp. 1–15. doi: 10.35840/ijior/6501.

CNH industrials (2015) Manual de Ferramentas WCM. Edited by CNH industrials. Belo Horizonte, Brasil: CNH.

Djokic, I., Arsovski, S. and Djokic, snezana pesic (2011) 'Quality and World Class', in *6th International Quality Conference*. Kragujevac, pp. 483–488.

Dudek, M. (2013) 'Organizing of logistic pillar in WCM systems', in *CLC'2013: Carpathian Logistics Congress*. Cracow, Poland: AGH University of Science and Technology, pp. 391–396.

Ebrahimi, M., Baboli, A. and Rother, E. (2019) 'The evolution of world class manufacturing toward Industry 4.0: A case study in the automotive industry', *IFAC-PapersOnLine*. Elsevier Ltd, 52(10), pp. 188–194. doi: 10.1016/j.ifacol.2019.10.021.

Felice, Fabio de, Petrillo, A. and Monfreda, S. (2013) 'Improving Operations Performance with World Class Manufacturing Technique: A Case in Automotive Industry', in *Operations Management*. IntechOpen, pp. 1–30. doi: 10.5772/54450.

FEPSA (2021) *FEPSA SA - felts hat Bodies*. Available at: <https://www.fepssa.pt/company> (Accessed: 6 February 2021).

FEPSA, S. (2019) Manual de acolhimento FEPSA.

Goes, G. A. *et al.* (2017) 'Social Network Analysis on Lean Production and World Class Manufacturing: how are associated in the literature?', *Independent Journal of Management & Production*, 8(2), p. 536. doi: 10.14807/ijmp.v8i2.596.

Gupta, S. and Jain, S. K. (2013) 'A literature review of lean manufacturing', *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 8(4), pp. 241–249. doi: 10.1080/17509653.2013.825074.

Hys, K. and Domagała, A. (2018) 'Application of spaghetti chart for production process streamlining. Case study', *Archives of Materials Science and Engineering*, 89(2), pp. 64–71. doi: 10.5604/01.3001.0011.7173.

Jackson, D. and Zanetti, M. E. (2017) Aplicação do sistema de produção WCM - World Class Manufacturing na linha de montagem. Centro Universitário Internacional UNINTER.

Jasiulewicz-Kaczmarek, M. and Saniuk, A. (2018) *How to Make Maintenance Processes More Efficient Using Lean Tools?*, *Advances in Intelligent Systems and Computing*. doi: 10.1007/978-3-319-60828-0.

Lean Institute Brasil (2021) Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System - TPS*). Available at: [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx) (Accessed: 9 August 2021).

Liker, J. K. and Morgan, J. M. (2006) 'The toyota way in services: The case of lean product development', *Academy of Management Perspectives*, 20(2), pp. 5–20. doi: 10.5465/AMP.2006.20591002.

Malindzakova, M. and Malindzak, D. (2020) 'Linking the world class manufacturing system approach with a waste management', *TEM Journal*, 9(2), pp. 750–755. doi: 10.18421/TEM92-43.

Mendes, R. de C. and Mattos, M. C. de (2017) 'Knowledge Management and World Class Manufacturing: an initial approach based on a literature review', *Perspectivas em Ciência da Informação*, 22(2), pp. 244–263. doi: 10.1590/1981-5344/3103.

Midor, K. (2012) 'World Class Manufacturing – characteristics and implementation in an automotive enterprise', *Zeszyty Naukowe / Akademia Morska w Szczecinie* Midor, K. (2012). *World Class Manufacturing – characteristics and implementation in an automotive enterprise. Zeszyty Naukowe / Akademia Morska w Szczecinie*, nr 32 (104(104), 42–47., nr 32 (104(104), pp. 42–47.

Mróz, A. (2018) 'About some aspects of advanced manufacturing engineering department in WCM-oriented production plants', *Management and Production Engineering Review*, 9(4), pp. 76–85. doi: 10.24425/119548.

Murino, T., Naviglio, G. and Romano, E. (2012) 'A world class manufacturing implementation model'. conference: Applied Mathematics in Electrical and Computer Engineering, p. 6.

Pereira, J. (2017) FEPSA/Cortadoria Nacional do Pêlo/Flymaster Avionics: Aqui, chapéus há muitos... e não só, Exame. Available at: <https://visao.sapo.pt/exame/2017-07-21-fepsa-cortadoria-nacional-do-pelo-flymaster-avionics-aqui-chapeus-ha-muitos-e-nao-so/> (Accessed: 7 July 2021).

Rifqi, H. et al. (2021) 'Lean Manufacturing Implementation through DMAIC Approach: A Case Study in the Automotive Industry', *Quality Innovation Prosperity*, 25(2), pp. 54–77. doi: 10.12776/qip.v25i2.1576.

Sandeep, R. K. and Attri, N. P. (2016a) 'Identification of barriers in implementation of World Class Manufacturing (WCM) Practices: A Literature analysis', *International Research Journal of Engineering and Technology*, pp. 2363–2366. Available at: www.irjet.net.

Sandeep, R. K. and Attri, N. P. (2016b) 'World Class Manufacturing (WCM) Practices: An Introspection', *International Research Journal of Engineering and Technology*, 3(5), pp. 2395–56.

Santos, A. et al. (2021) *Lean Management: Continuous Improvement, Kaizen-Muda, Mura And Muri, War On Waste In An Automobile Company: Case Study*. 2021st edn, Atas do VII Encontro Científico da UI&D (ecUI&D'21). 2021st edn. Santarém, Portugal: ISLA Santarém – Instituto Superior de Gestão e Administração de Santarém. Available at: <http://www.encontro.i2es.islasantarem.pt/>.

Sukarma, L., Azmi, H. and Abdullah, N. L. (2014) 'The Impact of World Class Manufacturing Practices on Company Performance: A Critical Review', *Applied*

Mechanics and Materials, 564(June), pp. 727–732. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.564.727.

Venkat Jayanth, B. *et al.* (2020) 'Implementation of lean manufacturing in electronics industry', *Materials Today: Proceedings*. Elsevier Ltd., 33, pp. 23–28. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.718.

WCM institution (2006) A implantação do WCM na FIAT e a perenidade do Blue Book: Guia sobre os pilares técnicos da metodologia. CAILAB con, CAILAB consulting. CAILAB con. Italy: FCA group.

Weigert, A. (2018) Estudo de caso de implantação das ferramentas wcm em uma indústria textil para crescimento da confiabilidade. Curitiba. Available at: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/18777>.

Womack, J. P. and Jones, D. T. (2003) *Lean Thinking*. 1st edn. FREE PRESS.

Yusuff, R. M. and Abdullah, N. S. (2016) 'Ergonomics as a lean manufacturing tool for improvements in a manufacturing company', in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, pp. 581–588.