



Aumento da eficiência na produção de moldes de gesso numa fábrica de cerâmica

Rodrigo Duarte Silva Freudenthal

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial

Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Dr. Daniel Rebelo dos Santos

Júri

Presidente: Prof. Susana Isabel Carvalho Relvas

Orientador: Dr. Daniel Rebelo dos Santos

Vogal: Prof. Maria João Santos

Novembro 2021

Resumo

Nos dias que correm a eficiência na produção é um fator primordial para o sucesso no contexto industrial. Cada vez mais, as empresas procuram eliminar os desperdícios associados ao seu processo produtivo tornando-se, por isso, mais eficientes e, conseqüentemente, mais competitivas.

Nesta dissertação é feito um estudo à secção de produção de moldes de gesso numa fábrica de cerâmica, no setor de produtos sanitários. Estes moldes de gesso servem para dar a forma desejada à peça de cerâmica, sendo por isso uma das primeiras operações do processo. Esta secção é crítica neste processo produtivo, pois além de ser uma das secções que inicia o processo produtivo, revela muitos desperdícios, motivando falta de eficiência. Este caso engloba um dos mais recentes projetos desenvolvidos pelo Kaizen Institute e por uma empresa reconhecida neste setor. O objetivo do Kaizen Institute, neste projeto, é aumentar a eficiência na produção de moldes de gesso, de modo a aumentar a produtividade da fábrica. Nesse sentido, foram implementadas soluções com base nas metodologia e ferramentas *lean* que visam desenvolver a secção e atingir os objetivos propostos.

O presente documento pretende analisar de que forma podem ser aplicadas as metodologias e ferramentas *lean* que visam criar fluxo na produção e na logística interna da secção de moldes de gesso. Assim, é feita uma revisão teórica destas ferramentas de modo a validar a sua aplicação no contexto deste caso de estudo. Tendo como base o fundamento teórico, é feita uma análise da implementação destas ferramentas e metodologias na secção de moldes de gesso.

As soluções implementadas trouxeram benefícios diretos nos indicadores escolhidos para avaliar a eficiência da secção. Nomeadamente, a redução de cerca de 60% do tempo de reprocessamento na Olaria (indicador que mostra o tempo perdido em retrabalho de moldes); o aumento do cumprimento do plano (mede o cumprimento do plano de produção mensal por parte dos operadores) que inicialmente estava a 84% e neste momento está em 92%; o aumento de 1,2% nos pontos por hora por molde (a cada molde é atribuído um numero de pontos e um aumento neste indicador significa um aumento da produtividade na secção); e uma redução de quase 50% no tempo de troca de madres (tempo perdido a trocar de uma referência para outra).

Palavras-Chave: *lean*, fluxo na produção, fluxo na logística interna, eficiência de processos, ferramentas

Abstract

Nowadays, production efficiency is a key factor for success in the industrial context. More and more, companies are trying to eliminate the waste associated with their production process becoming therefore more efficient and, consequently, more competitive.

In this dissertation is made a study of the production section of plaster moulds in a ceramics factory, in the sanitary ware sector. These plaster moulds are used to give the desired shape to the ceramic piece and are therefore one of the first operations in the process. This section is critical in this production process as, besides being one of the sections that initiate the production process, it reveals a lot of waste, causing a lack of efficiency. This case encompasses one of the most recent projects developed by the Kaizen Institute and a renowned company in this sector. The objective of the Kaizen Institute in this project is to increase the efficiency in the production of plaster moulds, to increase the productivity of the factory. In that sense, solutions based on lean methodology and tools were implemented in order to develop the section and reach the proposed goals.

This document intends to analyse how lean methodologies and tools can be applied to create flow in the production and internal logistics of the plaster moulds section. Thus, a theoretical review of these tools is made in order to validate their application in the context of this case study. Based on the theoretical foundation, an analysis of the implementation of these tools and methodologies in the plaster moulds section is made.

The implemented solutions brought direct benefits in the indicators chosen to evaluate the efficiency of the section. Namely, the reduction of about 60% of the reprocessing time in the Pottery (indicator that shows the time lost in mould reworking); the increase of the plan accomplishment (measures the accomplishment of the monthly production plan by the operators) that initially was at 84% and now is at 92%; the increase of 1.2% in the points per hour per mould (each mould is assigned a number of points and an increase in this indicator means an increase in productivity in the section); and a reduction of almost 50% in the changeover time (time lost when changing from one reference to another).

Keywords: lean, production flow, internal logistics flow, process efficiency, tools

Índice

Resumo.....	IV
Abstract	V
Índice.....	VI
Lista de Figuras.....	VIII
Lista de Tabelas.....	VIII
Acrónimos.....	IX
1. Introdução.....	1
1.1 Contextualização do Problema.....	1
1.2 Objetivos da Análise	1
1.3 Estrutura da Dissertação	2
2. Caso de Estudo	3
2.1 Enquadramento da Empresa X.....	3
2.2 Enquadramento do Kaizen Institute	4
2.3 Processo Produtivo da Empresa X	6
2.3.1 Cadeia de Valor	6
2.3.2 Processo de Produção de Moldes de Gesso	9
2.4 Caracterização do Problema.....	12
2.4.1 Problemas gerais da fábrica.....	12
2.4.2 Problemas na Produção de Moldes.....	13
2.5 Conclusões do Capítulo	18
3. Enquadramento e Fundamentação Teórica.....	19
3.1 Introdução ao Pensamento <i>Lean</i>	19
3.2 Ferramentas e Conceitos Lean	20
3.2.1 Gestão Visual e 5S.....	20
3.2.2 <i>Value Stream Mapping</i> (VSM).....	21
3.2.3 Ciclo de Melhoria PDCA.....	21
3.3 TFM.....	22
3.3.1 Desenho de Linha e <i>Layout</i>	22

3.3.2 Bordo de Linha	23
3.3.3 <i>Standard Work</i>	23
3.3.4 SMED	24
3.3.5 Supermercados	25
3.3.6 <i>Mizusumashi</i>	26
3.4 Exemplos Práticos de Aplicação das Ferramentas	26
3.5 Conclusões do Capítulo	28
4. Análise da Situação Inicial	29
4.1 Avaliação Preliminar	29
4.2 Recolha de Dados Iniciais e Definição de Indicadores de Desempenho	30
4.3 Estratégia de Implementação de Melhorias.....	34
4.4 Estabelecimento de Objetivos.....	36
4.5 Conclusões do Capítulo.....	37
5. Desenvolvimento e Implementação de Melhorias.....	38
5.1 Bordos de Linha normalizados	38
5.2 <i>Mizusumashi</i> e Standard de Reposição.....	40
5.3 Arrumação do Armazém de Madre	41
5.4 Acompanhamento do Horário de Produção e Recolha dos Motivos para Desvios.....	43
5.5 Instruções de Trabalho e Termómetro para Desmoldar	44
5.6 Sustentabilidade das iniciativas	45
5.7 Conclusões do Capítulo	46
6. Apresentação e Análise dos Resultados Obtidos.....	47
7. Conclusões Finais e Trabalho Futuro	53
Referências	55

Lista de Figuras

Figura 1 - Origem da palavra Kaizen	4
Figura 2 - Princípios Kaizen	5
Figura 3 - Processo Produtivo da Fábrica.....	7
Figura 4 - Etapas da Produção de Moldes de Gesso.....	10
Figura 5 - Horário e Distribuição de Tarefas na Produção de Moldes de Gesso	11
Figura 6 - Planta da Secção de Moldes de Gesso	11
Figura 7 - Falta de Logística Interna na Fábrica	12
Figura 8 - Desarrumação na Secção de Moldes de Gesso.....	13
Figura 9 - Diagrama de Spaghetti na Secção de Moldes de Gesso	15
Figura 10 - Disposição do Armazém de Madres	16
Figura 11 - Número de Trocas de Madre por Dia.....	17
Figura 12 - Tempos de Utilização de Madres	17
Figura 13 - Estrutura da Ferramenta Total Flow Management (TFM).....	22
Figura 14 - Passos da Ferramenta SMED	25
Figura 16 - Tempo de Reprocessamento na Olaria	30
Figura 17 - Cumprimento do Plano na Produção de Moldes de Gesso	31
Figura 18 - Pontos por hora por molde.....	32
Figura 19 - Pareto de Falhas.....	33
Figura 20 - Tempo de Troca de Madres	34
Figura 21 - Exemplo de BOM.....	39
Figura 22 - Novo Bordo de Linha	39
Figura 23 - Carrinho de Abastecimento do Mizusumashi	40
Figura 24 - Rota de Abastecimento do Mizusumashi	41
Figura 25 - Novo Layout do Armazém de Madres	42
Figura 26 - Novo Layout do Armazém de Madres com Zonas 1, 2 e 3.....	43
Figura 27 - Ficha de Ritmo de Trabalho	44
Figura 28 - Instruções de Trabalho	45
Figura 29 - Matriz de Competências.....	46

Lista de Tabelas

Tabela 1 - 7 Muda.....	20
Tabela 2 - Objetivos dos Indicadores.....	37
Tabela 3 - Resultados Obtidos.....	52

Acrónimos

BDL – Bordo de Linha

BOM – *Bill of Materials*

IT – Instrução de Trabalho

KBS – *Kaizen Business System*

KI – *Kaizen Institute*

KIWE – *Kaizen Institute Western Europe*

PDCA – *Plan, Do, Check, Act*

SW – *Standard Work*

TFM – *Total Flow Management*

TPM - *Total Productive Maintenance*

TPS - *Toyota Production System*

TQM - *Total Quality Management*

TSM - *Total Service Management*

WIP – *Work in Progress*

1. Introdução

Neste primeiro capítulo é feita, numa primeira instância, uma contextualização geral do problema, assim como definido o âmbito desta dissertação. De seguida, são determinados os principais objetivos da análise feita ao longo deste trabalho e, por fim, descrita a estrutura que irá ser utilizada.

1.1 Contextualização do Problema

O Kaizen Institute (KI) iniciou o seu trabalho na Empresa X com um *Value Stream Analysis* (VSA), uma análise aos desperdícios em toda a fábrica. A Empresa X (descrita mais à frente), que produz artigos sanitários de cerâmica, tinha como objetivo aumentar a produtividade e o fluxo de produção em todas as suas fábricas da Europa e, nesse sentido, as duas fábricas de Leiria foram utilizadas como as piloto. No final deste VSA determinou-se as secções da fábrica mais críticas, entre elas a secção de produção de moldes de gesso.

Ao contrário da maioria das outras secções do processo produtivo, a secção de moldes de gesso abastece as duas fábricas de Leiria. A função deste departamento é produzir moldes de gesso que servem como moldes para formar as peças de cerâmica. Ou seja, a pasta que irá formar a peça é inserida dentro do molde e, depois de algum tempo, a peça ganha a forma desejada. Esta secção é uma das primeiras etapas da produção, pelo que a falta de eficiência no departamento gera menos produtividade no processo inteiro.

Neste sentido, foi feita uma análise profunda à produção de moldes de gesso para identificar as principais causas de ineficiências. O âmbito desta dissertação é a identificação dos problemas críticos desta secção, o estudo de metodologias que possam ser úteis na solução destes problemas e a implementação das mesmas.

As ferramentas e metodologias utilizadas pelo KI, sendo esta uma empresa de melhoria contínua, estão todas associadas ao *lean*. A definição deste termo traduz-se num conjunto de ferramentas e sistema de produção, que se desenvolveu para a um conjunto de princípios e sistema de gestão. As ferramentas, metodologias e princípios *lean* convergem todas para o mesmo resultado: criar valor eliminando os desperdícios, sendo que para tal, o primeiro passo é criar eficiência de fluxo.

1.2 Objetivos da Análise

A análise desenvolvida ao longo desta dissertação de mestrado pretende fundamentar teoricamente as ferramentas e metodologias implementadas, de modo a suportar o estudo do aumento da eficiência na produção de moldes de gesso numa fábrica de cerâmica. Neste sentido, os principais objetivos deste estudo são os seguintes:

- A contextualização da prestadora de serviços KI bem como os seus fundamentos e metodologias que serão utilizados no âmbito desta dissertação;

- Enquadramento da Empresa X, empresa cliente do KI, e caracterização dos principais problemas de estudo;
- A revisão bibliográfica e fundamentação dos conceitos e ferramentas utilizados na dissertação de mestrado;
- A descrição e análise das soluções propostas e implementadas para combater os problemas identificados
- O estudo dos benefícios das iniciativas implementadas

1.3 Estrutura da Dissertação

De modo a atingir os objetivos anteriormente descrito, adotou-se uma estrutura dividida em quatro partes:

1. **Introdução** – É contextualizado o problema em análise e definida a estrutura e os principais objetivo desta dissertação
2. **Caso de Estudo** – Neste capítulo é feito um enquadramento tanto do KI como do seu cliente, uma caracterização dos processos produtivos relevantes para o estudo, e uma análise aos principais problemas produção de moldes de gesso.
3. **Fundamentação Teórica** – É feito uma revisão bibliográfica dos conceitos, termos e metodologias Kaizen e *lean*, utilizados ao longo deste estudo que fundamenta e apoia a dissertação de mestrado.
4. **Análise da Situação Inicial** – É analisado o estado inicial da secção de moldes utilizando os indicadores mais relevantes e são estabelecidos os objetivos a atingir
5. **Desenvolvimento e Implementação de Melhorias** – Neste capítulo são descritas detalhadamente as soluções implementadas
6. **Apresentação e Análise dos Resultados Obtidos** – São estudados os resultados e benefícios das soluções implementadas

2. Caso de Estudo

Depois de definida a estrutura desta dissertação, é abordado neste capítulo o caso de estudo, nomeadamente o enquadramento do KI como também da empresa estudada; o processo produtivo geral da fábrica e da secção de moldes de gesso e, por fim, a caracterização do problema. Os principais objetivos do capítulo são, além de deixar claro o processo produtivo geral da fábrica e as características da secção de moldes de gesso, caracterizar os principais problemas existentes nas fábricas da Empresa X, mas sobretudo evidenciar os problemas críticos na produção de moldes de gesso e as causas associadas respetivas.

2.1 Enquadramento da Empresa X

Em 1917 a Empresa X foi fundada, em Barcelona, e dedicava-se à produção de radiadores de ferro fundido. Passados doze anos, em 1929, a Empresa X iniciara atividade naquilo que viria a ser o seu mercado principal: banheiras sanitárias. Com uma excelente visão futura, a Empresa X percebeu que a água vinha a ser um recurso natural cada vez mais utilizado para fins sanitários e, poucos anos mais tarde, assumiu o desafio de se focar apenas na produção de porcelana sanitária. Assim o fez, até ao presente, onde incluiu também o fabrico de torneiras. No início dos anos 90, a empresa iniciara a sua expansão internacional em alguns países da Europa, e atuando inclusivamente na China, Brasil e Marrocos. Para solidificar a sua presença nos mercados internacionais, a Empresa X adquiriu o grupo suíço Y (quarto fabricante mundial de loiça sanitária), o que permitiu também que a empresa entrasse com destaque em grandes mercados como o dos EUA. Em 2006 a Empresa X torna-se líder mundial no setor de espaços de banho. Hoje em dia, a empresa destaca-se como líder na produção de produtos para o setor de espaços de banho, contando com mais de 80 fábricas que abastecem mais de 170 países no mundo.

Quando chegou a Portugal em 1972, a Empresa X ainda comercializava banheiras em ferro fundido. Apenas catorze anos mais tarde iniciava a comercialização de artigos sanitários. A primeira fábrica situava-se em Leiria, onde a empresa sentia haver um grande potencial de crescimento e onde apostou com uma visão a longo prazo, registando 200 mil peças produzidas num ano. A prova do crescimento precoce da fábrica de Leiria veio-se a confirmar no ano seguinte com uma produção de 1 milhão de peças no fim do ano. Em 1995 a Empresa X expandira a fábrica com a unidade Leiria 2, que ao fim de dois anos tinha uma capacidade produtiva anual de 1.8 milhões de peças.

Tendo a Empresa X um grande foco na qualidade dos seus produtos e no desafio de se manter constantemente a par das novas tecnologias, inaugurou em 1997 uma unidade fabril de torneiras, em Cantanhede, que veio a ser considerada a fábrica com a tecnologia mais avançada da Europa.

Nos dias que correm, a Empresa X distingue-se pela elevada qualidade dos seus produtos, o design disruptivo dos mesmos e pelo nível de serviço de excelência a que se comprometeu com os seus clientes.

2.2 Enquadramento do Kaizen Institute

O Kaizen Institute Consultant Group (KICG), fundado em 1985 por Masaaki Imai na Suíça, é uma empresa multinacional que presta serviços de consultoria, pioneira e líder na implementação de ferramentas Kaizen *Lean*.

Em 1955, a *Toyota Motors Company* estava prestes a ir à falência devido ao impacto devastador da 2ª Guerra Mundial na economia. Masaaki Imai, que na altura trabalhava no Centro de Produtividade do Japão, ficou responsável por organizar uma visita aos Estados Unidos da América com os administradores da Toyota e outros executivos japoneses, com o objetivo de recolher boas práticas de produção ocidentais, possíveis de serem implementadas no Japão. Os participantes desta visita trouxeram as ideias disruptivas aprendidas no Ocidente para o Japão e implementaram nas suas empresas. A Toyota, como uma das principais produtoras de carros, implementou todos os princípios adquiridos nas suas linhas de montagem. Tendo Masaaki Imai acompanhado de perto a transformação do *Toyota Productive System* (TPS), escreveu em 1980 o seu primeiro livro, “Kaizen: *The key to Japan’s competitive success*”, (Imai, 1980). Cinco anos depois, Imai criou o KI com o objetivo de ajudar líderes a implementar a cultura de melhoria contínua. Em 1999, o KI chegou a Portugal, no Porto, e denominou-se de Kaizen Institute Western Europe (KIWE). O KIWE abrange os países Espanha, França, Malta e Reino Unido e é centralizado e gerido em Portugal. Hoje em dia, são mais de 200 os consultores que constituem o KIWE.

A palavra Kaizen é original do Japão e é composta por duas palavras: Kai, que significa “mudar” e Zen, que significa “melhor”. Assim, a junção destas duas palavras traduz-se em “mudar para melhor”, envolvendo todas as pessoas, todos os dias, em todas as áreas da empresa (como ilustrado na Figura 1). Kaizen resume-se, então, à prática da melhoria contínua.



Figura 1 - Origem da palavra Kaizen

Para a implementação das suas metodologias com sucesso, o KI concentra os seus principais objetivos estratégicos em cinco pontos fundamentais, que estão associados à sigla GQCDM:

- **Crescimento (*Growth*):** alavancar o crescimento sustentado das empresas.
- **Qualidade (*Quality*):** aumentar a qualidade dos produtos ou serviços entregues pelos seus clientes.
- **Custo (*Cost*):** diminuir os custos globais das atividades.
- **Serviço (*Delivery*):** cumprir o plano de trabalho estabelecido dentro dos prazos estabelecidos.

- **Motivação (Motivation):** desenvolver a motivação de todos os colaboradores envolvidos (desde os gestores de topo até aos operadores).

Com o objetivo de alcançar os resultados GQDCM dos seus clientes, o KI desenvolveu um modelo de gestão denominado *Kaizen Business System* (KBS) que contém todas as metodologias *lean* que possam contribuir para atingir esses resultados. Para o âmbito deste trabalho apenas as metodologias relacionadas com os pontos QCD são relevantes. Os cinco pilares Kaizen associados ao QCD serão de seguida contemplados:

- **Total Flow Management (TFM):** é utilizado para a gestão de atividades logísticas e principalmente da produção, bem como para a gestão de fluxos de materiais e informação ao longo da cadeia de valor.
- **Total Productive Maintenance (TPM):** procura maximizar a produtividade das pessoas e a eficiência operacional dos equipamentos.
- **Total Quality Management (TQM):** pretende alcançar melhorias de forma contínua e robusta, com bases sólidas na estruturação de processo, na procura da satisfação dos clientes, envolvendo todos os escalões dentro de uma organização.
- **Total Service Management (TSM):** aplica as metodologias tradicionais, originalmente aplicadas no meio industrial, ao mercado dos serviços, com vista ao aumento da competitividade organizacional e satisfação do cliente.
- **Sourcing Suppliers Improvement (SSI):** pretende alcançar uma vantagem competitiva no mercado, tendo como princípio a gestão de custos e o desenvolvimento dos fornecedores.

Todos os pilares do KBS assentam nos princípios fundamentais do Kaizen. Estes são cinco princípios que a empresa acredita serem inegociáveis aquando da implementação de metodologias Kaizen. Os princípios são os seguintes (ver Figura 2):



Figura 2 - Princípios Kaizen

- 1. Criar Valor para o Cliente:** Melhorar a experiência do cliente, focando naquilo que é valor acrescentado.
- 2. Criar eficiência de Fluxo:** Reduzir desperdícios, implementar ações para melhorar o fluxo *end-to-end*.
- 3. Ser orientado para o Gemba:** Ir ao Gemba (local onde se acrescenta valor) para procurar resolver o problema na causa raiz.

4. Capacitar Pessoas: Capacitar as equipas internas e definir objetivos alinhados com a estratégia da empresa, sem nunca culpar ou julgar caso esses objetivos não sejam alcançados.

5. Ser Científico e Transparente: Ser assertivo e falar com dados, comunicar de forma clara e ser transparente tanto com o cliente, como também com os colegas de equipa.

2.3 Processo Produtivo da Empresa X

2.3.1 Cadeia de Valor

Devido à complexidade de tarefas às quais os produtos sanitários de cerâmica são sujeitos e à importância que a empresa atribui em garantir uma qualidade excelente nos seus produtos, a cadeia de valor na fábrica da Empresa X é bastante extensa. O lead time desde que a matéria-prima entra na fábrica até a peça entrar no armazém de produto acabado, é de aproximadamente 5 dias. Tendo em conta que a fábrica produz 93 tipos diferentes de referência, a equipa de projeto do Kaizen, na qual estou inserido, optou por acompanhar o fluxo de uma referência específica (a mais vendida atualmente).

O processo produtivo (ver Figura 3) começa com a chegada de matérias-primas à fábrica onde são separadas consoante sejam para abastecer a fábrica Leiria I ou a fábrica Leiria II. Em dois locais distintos são preparadas as pastas (compostas pelas matérias-primas) que irá constituir a peça. Em simultâneo são produzidas tintas de vidro, que servirão para tornar a peça espelhada depois de sair do forno. Num outro local, são produzidos os moldes de gesso que irão dar a forma pretendida à peça. Depois de produzidos, os moldes e as pastas são transportados para a secção da olaria onde os moldes são instalados em linhas de produção e é feito o enchimento com a pasta. Depois de formada a peça, esta é retrabalhada por oleiros para serem retirados excessos e, de seguida, esta é carregada para uma zona de secagem. Quando seca, a peça é diretamente colocada num carrossel de vidragem, onde são feitos últimos acabamentos, mas essencialmente, onde a peça é submetida à tinta de vidro. Depois desta operação a peça é levada para um forno a cerca de 1000 °C de onde sai como produto final. A peça ainda passa pela escolha final, local onde é feita uma inspeção de qualidade à mesma e onde esta é embalada em caixas de cartão. Por fim, a peça é transportada para o armazém de produto acabado, pronta para ser expedida.

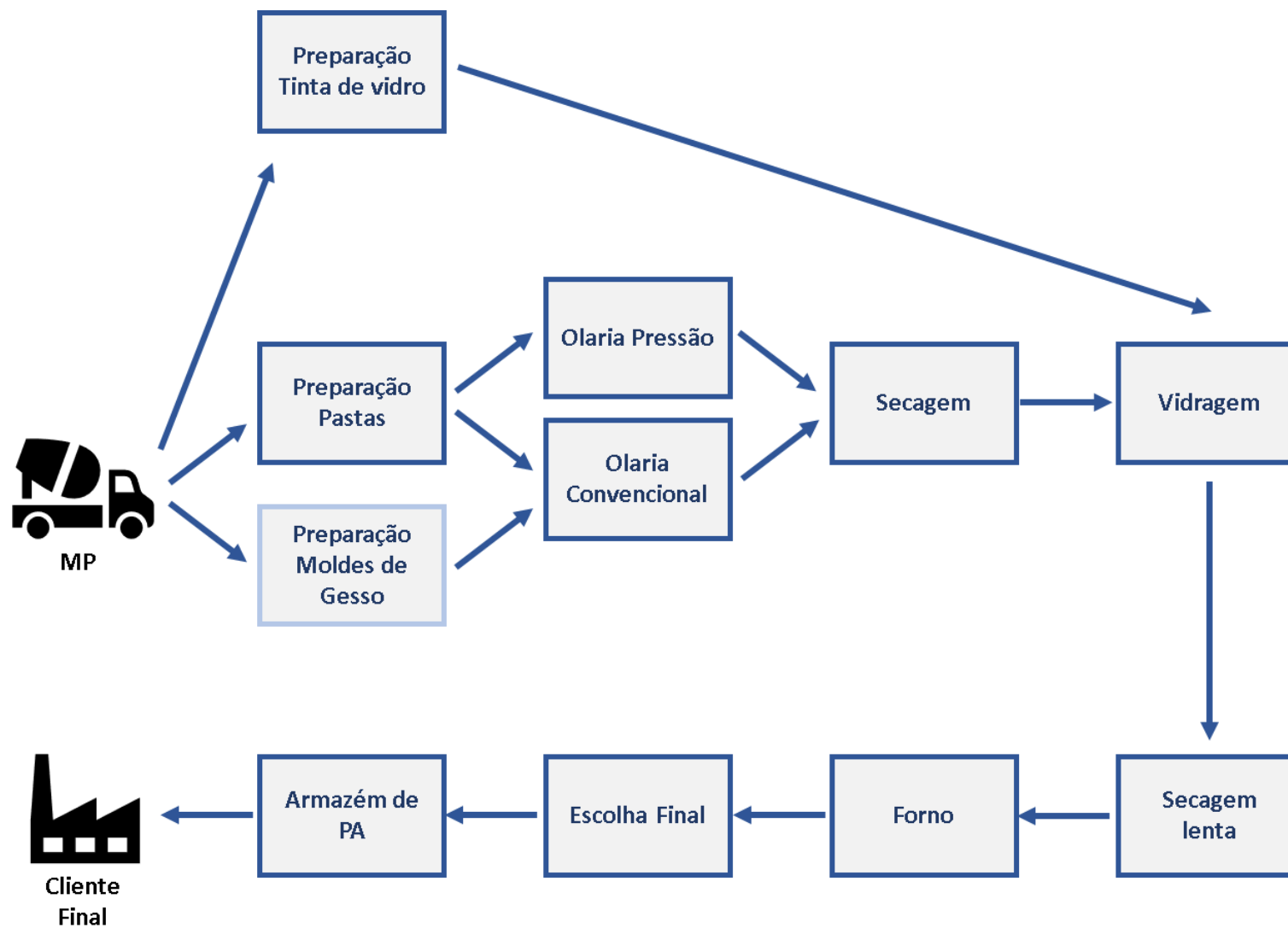


Figura 3 - Processo Produtivo da Fábrica

Depois de uma visão macro do processo produtivo, irei descrever cada secção do processo individualmente, com o objetivo de perceber melhor as etapas a que a peça é sujeita:

- **Matérias-primas:** As matérias-primas chegam à fábrica e são triadas: umas vão para a Produção de Pastas, outras para a Produção de Tintas de Vidro e outras para a Produção de Moldes de Gesso.
- **Produção de Pastas:** As matérias-primas são transportadas para um moinho, onde é adicionada água e se inicia o processo de moagem. De seguida, a pasta moída é dividida por diluidores e, depois de serem adicionadas argilas e água, é diluída até ter a espessura pretendida. Por fim, a pasta, depois de ser inspecionada, segue para tanques de maturação (que se encontram na secção da Olaria) onde perdura até ser utilizada.
- **Produção de Tintas de Vidro:** A Produção de Tintas de Vidro é similar à produção de pastas, apenas é transportada (depois de fabricada) para a secção da Vidragem.
- **Produção de Moldes de Gesso:** A secção de Produção de Moldes de Gesso consiste em produzir os moldes para as referências que serão produzidas na olaria. Nesta secção os moldes de gesso são fabricados dentro de outro molde, nomeado de madre. Para cada referência existe apenas um conjunto de (cinco) madres, que moldam as várias partes do molde de gesso. Depois de produzido, o molde de gesso é colocado num secador e após esse processo, transportado para a olaria convencional.
- **Olaria Convencional:** Depois de instalados os moldes de gesso nas linhas de produção da olaria convencional, é feito o enchimento dos mesmos com a pasta retirada dos tanques de maturação. O molde permanece fechado o tempo necessário até à formação das paredes da peça. Quando retirada, são efetuados acabamentos necessários e retirados excessos de pasta. O molde é preparado para o próximo enchimento e a peça produzida segue para o secador. Esta secção conta com 56 linhas e produz mais de 80 referências diferentes.
- **Olaria de Pressão:** O procedimento na Olaria de Pressão é igual ao do processo convencional, no entanto são utilizados moldes de resina (a água é retirada por filtração e por isso o molde é mais duradouro). A Olaria de Pressão tem a ajuda de dois robots e apenas três operadores por turno. Nesta secção são apenas produzidas três referências diferentes, no entanto de forma mais eficaz.
- **Secagem:** Depois da olaria, a peça vai diretamente para a Secagem onde permanece durante cerca de 16 horas (apenas podem sair caso tenham menos de 1% de humidade)
- **Vidragem:** A peça, já seca, entra no carrossel da Vidragem, onde os primeiros operadores retiram alguns excessos e escovam (para evitar defeitos depois da peça ser cozida), os seguintes vidram a peça com a tinta de vidro previamente produzida e, por fim, a peça passa por um controlo de qualidade e é retirada do carrossel. A adição da tinta de vidro é fundamental para a peça ter um aspeto espelhado no final do processo.

- **Secagem lenta:** Quando a peça sai da Vidragem, esta necessita novamente de ser seca devido à adição de tinta de vidro. No entanto, a peça não volta ao secador, mas fica em carrinhos parados na fábrica algum tempo (depende da referência da peça) até poder entrar no forno.
- **Fornos:** Os Fornos são a única secção da fábrica que trabalha sete dias por semana; é, por isso, a secção mais crítica. A peça é colocada num carrinho que leva cerca de 15 peças, e é deslocada para dentro de um forno com mais de 100 metros. Depois da passagem pelo forno, a produção da peça está finalizada.
- **Escolha Final:** Na Escolha Final, a peça já finalizada é inspecionada quanto à estanquidade (examinar se a peça tem brechas por onde saia ar) e verificada quanto a outros defeitos visíveis. Por fim, a peça é embalada numa caixa de cartão e é colocada numa palete com mais peças.
- **Armazém de Expedição:** A peça chega ao Armazém de Expedição pronta para ser fornecida e permanece nele em média cerca de 11 dias até ser expedida.

2.3.2 Processo de Produção de Moldes de Gesso

Quando feita a análise da cadeia de valor da fábrica, o Kaizen Institute identificou que o plano de produção mensal estava constantemente a não ser cumprido. Assim, eram geradas grandes quantidades de stock, que causavam entropia na fábrica; o nível de serviço ao cliente era comprometido; perdas de eficiências em todas as secções da fábrica eram provocadas; e tudo isto comprometia o fluxo de produção na fábrica. Deste modo, conclui-se que a secção da produção de moldes de gesso podia ser crítica para o cumprimento do plano de produção mensal da fábrica, pois abastecia as duas fábricas (Leiria I e Leiria II) e era um dos pontos de partida do processo. O lead time de produzir uma linha de moldes é de aproximadamente três semanas. Desta forma, o Kaizen Institute explorou e levantou oportunidades nesta secção e concluiu que um aumento na eficiência da produção de moldes de gesso, iria diminuir o incumprimento do plano mensal da fábrica e, conseqüentemente, aumentar a produtividade e o fluxo da mesma.

Sendo, então, a produção de moldes de gesso uma secção crítica no processo produtivo da fábrica e sendo esta a secção onde se contextualiza esta dissertação, torna-se pertinente fazer uma análise mais detalhada e profunda a esta etapa. A produção de moldes de gesso divide-se em cinco sub-etapas (ver Figura 4):



Figura 4 - Etapas da Produção de Moldes de Gesso

- **Preparação da madre:** A preparação da madre consiste em instalar (ou mudar, caso já esteja outra instalada) um conjunto de moldes que darão forma às componentes, pelas quais um molde de gesso é constituído. A mudança tem a duração de 40 a 90 minutos (dependendo da forma geométrica que irá ser produzida) e o posto de trabalho onde esta operação ocorre, permanece parado até a mudança terminar. A preparação de madre requer também a adição de acessórios (tubos, ferragens, etc.) que diferem consoante a madre.
- **Preparação do gesso:** O operador desloca-se com um balde ao local de abastecimento de gesso, seleciona, num sistema digital, que forma geométrica irá produzir e, automaticamente um depósito dispensa a quantidade de gesso e a respetiva percentagem de água necessária para a produção da respetiva forma geométrica. O operador coloca o balde numa misturadora e, depois de cerca de 120 segundos, a pasta de gesso está pronta a ser utilizada.
- **Enchimento:** O operador enche o conjunto de madres com a pasta de gesso e fecha o topo de cada madre. Enquanto a pasta está a reagir e a ganhar forma (cerca de uma hora), o operador faz os últimos acabamentos dos moldes que o último operador deixou propositadamente por fazer, para que o atual operador não fique parado.
- **Desmolde:** Quando o molde de gesso já estiver formado, o operador abre as madres e retira os moldes. Antes de iniciar os últimos acabamentos aos moldes, o operador repete o processo de enchimento, de modo a ser mais eficiente. Apenas após as madres estarem cheias de novo é que o operador procede aos acabamentos do primeiro molde que produziu.
- **Secagem:** O molde de gesso acabado é transportado para a zona de secagem, onde antes é apertado por uma cinta, e assim permanece no secador durante aproximadamente 7 dias. Depois disso, o molde está pronto a ser instalado nas linhas da olaria convencional.

A secção de produção de moldes funciona a dois turnos diários de oito horas produtivas, cinco dias por semana e envolve 42 operadores (apesar de oito estarem de baixa). Este departamento divide os

trabalhadores por sete tarefas (ver Figura 5): 15 operadores estão a produzir os moldes de gesso (embora haja 19 postos, existem sempre postos inativos, para compensarem os postos cujas madres estão a ser trocadas e para haver flexibilidade caso ocorram imprevistos); um faz a mudança de madre; dois preparam os tubos (acessórios indispensáveis na produção dos moldes de gesso); três estão responsáveis pelo transporte interno dos moldes de gesso acabados para o secador; dois recuperam os acessórios dos moldes já inúteis; três instalam os novos moldes na secção da olaria convencional e um monitor que é responsável por gerir a equipa. Os restantes sete, trabalham no turno da noite e apenas produzem moldes de gesso.

Total pessoas: 42 (- 8 operadores de baixa) = 34		
	Manhã	Tarde
Turnos	8h – 17h	16h30 – 1h
Pessoas envolvidas	27	7
Distribuição	2 corte tubos	7 produção moldes
	3 mudar moldes	
	3 transportes	
	2 recup. ferragens	
	15 produção moldes	
	1 mudança madre	
	1 monitora	
5 dias/semana		

Figura 5 - Horário e Distribuição de Tarefas na Produção de Moldes de Gesso

Esta secção é constituída por: 19 postos de trabalho, um posto de abastecimento de gesso (1), um posto para pesagem de gesso (2), uma zona de preparação de acessórios (3), uma zona de secagem, um armazém de madres prontas a serem utilizadas e uma zona de stock de moldes de gesso acabados (4) (ver Figura 6).

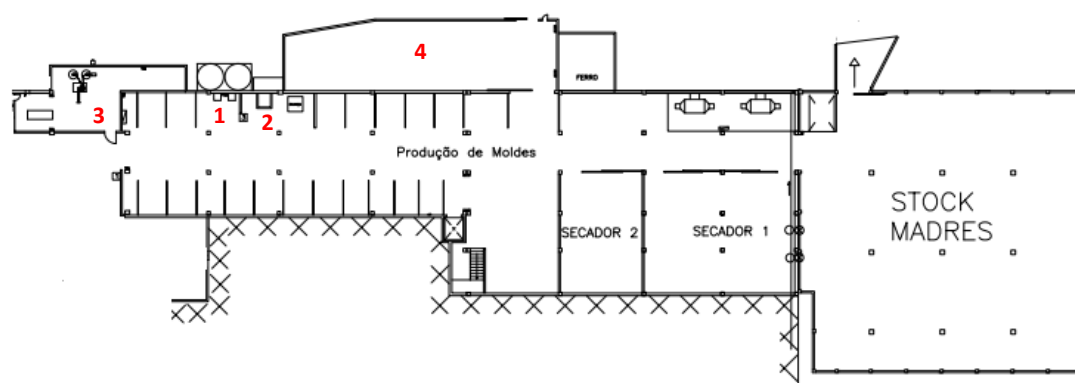


Figura 6 - Planta da Secção de Moldes de Gesso

Nesta secção são produzidos diariamente entre 80 e 100 moldes e consumidos cerca de 8400 quilos de gesso. Estes moldes estão sujeitos a sensivelmente 90 enchimentos, após os quais não poderão ser mais utilizados. Existe um grande nível de stock de segurança (aproximadamente 2300 moldes), que visa ser utilizado caso ocorra alguma rutura ou imprevisto na olaria convencional.

2.4 Caracterização do Problema

A estrutura da caracterização do problema é abordada da seguinte maneira neste capítulo: Primeiro são assinalados os dois principais problemas gerais da fábrica, nomeadamente o incumprimento do plano de produção e a falta de logística interna. Numa segunda instância são abordados os principais problemas da secção de moldes de gesso. Estes problemas são relativos ao incumprimento do plano de produção e à qualidade dos moldes, pelo que é descrito para cada um destes pontos as principais causas associadas. O fundamento numérico detalhado dos problemas abordados neste capítulo, será apresentado no capítulo 4.

2.4.1 Problemas gerais da fábrica

Cumprimento do Plano de Produção

O incumprimento do plano de produção é, então, um aspeto crítico na eficiência geral da fábrica. No caso das fábricas de Leiria, o departamento de planeamento envia mensalmente a cada secção da fábrica a quantidade a produzir no mês seguinte. No entanto, ao longo do mês este plano pode sofrer alterações, o que leva ao incumprimento do mesmo. Se por algum motivo uma das secções da fábrica não cumprir o seu plano de produção, isso leva a que o plano geral da fábrica se tenha de ajustar, trazendo assim mais desperdícios de *setups* e maiores níveis de *stock*, o que leva a um pior nível de serviço e a um aumento nos custos da fábrica. Neste momento apenas 72,5% do plano de produção mensal da fábrica é cumprido.

Relacionado com o incumprimento do plano, está também a qualidade na produção. Ou seja, quanto mais eficaz for a produção e quanto menos retrabalho houver, menos atrasos haverá no cumprimento do plano.

Falta de Logística Interna

Um aspeto notório quando se observam as fábricas, é a falta de dimensionamento de níveis de stock, a falta de gestão de consumíveis (ou seja, carrinhos de transporte espalhados pela fábrica) e a desarrumação nos espaços de trabalho dos operadores, como se pode ver nas seguintes imagens:



Figura 7 - Falta de Logística Interna na Fábrica

A Figura 7 mostra, à esquerda, a quantidade de stock de produtos em progresso (WIP) na secção da olaria convencional, causando entropia na secção e ocupando espaço. Na Figura 7, no centro, é possível observar carrinhos que transportam peças inacabadas na secção da vidragem. Estes carrinhos não se encontram totalmente cheios o que significa que seria evitável haver tantos carrinhos que perturbam a passagem de

operadores e máquinas. Na parte direita da Figura 7 mostra a desarrumação na secção da produção de moldes, com moldes inacabados no meio do posto de trabalho.

2.4.2 Problemas na Produção de Moldes

Cumprimento do plano

O incumprimento do plano de produção é, como já foi mencionado, um problema transversal à fábrica. Na produção de moldes, o incumprimento do plano gera instabilidade e pressão na produção, o que compromete a qualidade dos moldes de gesso. Como a produção da fábrica depende desta secção para ser eficiente (pois sem os moldes não é possível produzir peças na olaria convencional), o incumprimento do plano na mesma irá atrasar o plano de produção das seguintes secções.

Os três principais motivos que explicam o não cumprimento do plano na produção de moldes, baseiam-se em desperdícios de tempo em que o operador não está a acrescentar valor, que por sua vez atrasa o processo de produção:

1. Desarrumação

Nesta secção a desarrumação e desorganização das ferramentas utilizadas e dos postos de trabalho é evidente. As ferramentas como: ripas de madeira para colocar nas paletes de metal e pousar por cima o molde de gesso; pegas para prender o molde à máquina que ajuda o operador a elevar e transportar o molde; ímanes que são colocados nas madres; esponjas para facilitar a colocação de taceiros, laminas, panos, lixas, entre outras como; todas estas não se encontram no posto de trabalho do operador. Ou seja, sempre que o operador necessitar de uma destas ferramentas, terá de procurar ou verificar se um colega tem a ferramenta no seu posto de trabalho. Todo este tempo que o operador perde à procura das ferramentas, devido à desarrumação desta secção, é tempo de produção desperdiçado que o KI calculou rondar os dois minutos por molde por operador. Por exemplo, se o operador produzir em média sete moldes por dia, são cerca de 15 minutos desperdiçados; se contarmos com 15 operadores por dia, o tempo estimado desperdiçado diariamente à procura de ferramentas é de 3 horas e 45 minutos.



Figura 8 - Desarrumação na Secção de Moldes de Gesso

A Figura 9, à esquerda, mostra as pegas utilizadas pelo operador para poder utilizar a máquina de suporte; o centro da Figura 9 mostra as esponjas que são utilizadas para facilitar o encaixe na junção das peças do molde, e que por sua vez não contém um tamanho homogêneo, isto é, o operador perde tempo a cortar ou a adaptar a esponja ao tamanho pretendido. Por fim, à direita da Figura 9, pode-se constatar a desarrumação das ferramentas no posto de trabalho.

2. Deslocações dos operadores

As deslocações dos operadores são outro aspeto crítico desta secção e vem ao encontro da falta de materiais ou ferramentas nos postos de trabalho. Isto é, sempre que as ferramentas não estiverem disponíveis, o trabalhador terá de se deslocar para as obter. Na produção de moldes são também adicionados acessórios como tubos, parafusos e ferragens que por norma são fornecidos por outros operadores alocados a essa tarefa. No entanto, é comum que o próprio operador se dirija aos respetivos locais onde estão os acessórios para os adquirir.

Durante a própria produção do molde, o operador tem de se deslocar para obter o balde onde a pasta de gesso será colocada e dirigir-se para o local de enchimento; depois disso desloca-se para colocar a pasta a agitar. Antes de iniciar o desmolde, o operador deverá ir buscar as paletes para depois colocar o molde. Depois do molde estar concluído o operador necessita dos respetivos taceiros que foram produzidos por um colega e, caso este não os traga, o próprio operador terá de se deslocar para os adquirir (nota: nem todas as formas geométricas necessitam de taceiros).

Na Figura 10 abaixo, (observa-se um diagrama denominado *diagrama de spaghetti*) foi feita a análise das deslocações feita por um operador. A equipa do KI observou o ciclo inteiro do operador na produção, desde que chegou ao posto e preparou a madre, até desmoldar. Enquanto observávamos, desenhávamos na planta da secção todas as deslocações feitas pelo operador (no diagrama, retratado com os traços amarelos). Nesta análise concluímos o que foi acima descrito, isto é, que o operador se desloca demasiadas vezes para fora do posto, seja para buscar ferramentas ou para executar outras tarefas. As deslocações feitas pelo operador neste caso, foram essencialmente para buscar: paletes, ferramentas que não encontrou no seu posto de trabalho (pegas e ripas, por exemplo), o balde de enchimento e a pasta de gesso. Esta operação foi observada no turno da tarde, onde havia menos operadores a produzir (menos entropia na secção) e os postos já estavam equipados para o turno seguinte (a secção de tubos, por exemplo, deixou os tubos prontos em cada posto, o que evita que os operadores tenham de se deslocar a secção de tubos quando necessitam dos mesmos).

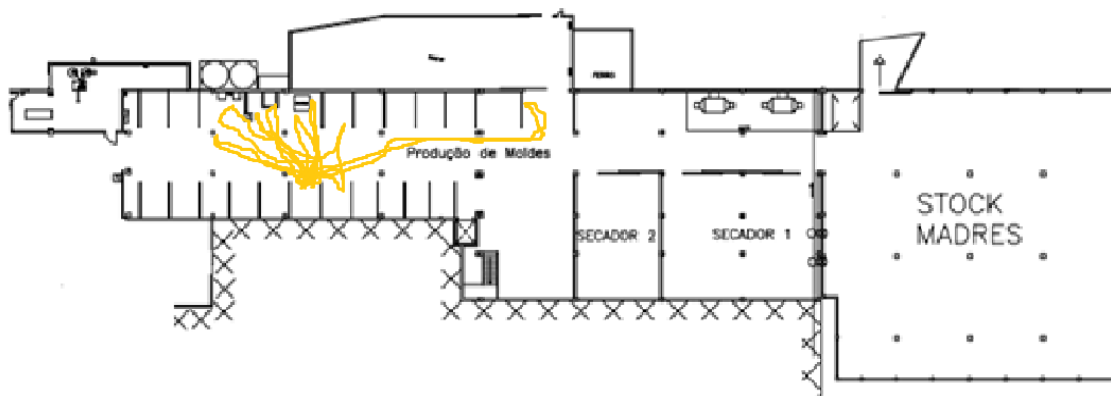


Figura 9 - Diagrama de Spaghetti na Secção de Moldes de Gesso

Com base nesta análise e em outras observações já antes feitas, o KI calculou um desperdício de tempo por molde por operador de mais de 6 minutos, o que se traduz em mais de 8 horas diárias (dependendo do número de operadores que estão a produzir).

3. Tempos de troca de madre

O armazém de madres apresenta também ineficiências dado que a área do mesmo é subdimensionada. Existe uma madre para cada forma geométrica, sendo que as peças mais vendidas detêm duas madres. Além disso, este espaço armazena madres que já estão obsoletas (já não são utilizáveis, pois o modelo foi atualizado). A grande quantidade de madres, obriga a que estas sejam armazenadas umas sobre as outras, aproveitando assim o espaço vertical, e umas à frente das outras. Tal implica que, quando uma madre que está pouco acessível é instalada, é desperdiçado muito tempo a retirar as madres que estão a obstruir. Apesar das madres serem armazenadas consoante a sua utilização, o armazém não está devidamente sinalizado e o operador desperdiça demasiado tempo apenas para obter a madre que deseja. Na Figura 11, é possível perceber a disposição das madres no armazém e a dificuldade que será retirar as madres menos acessíveis, especialmente porque a indicação de quais as madres que estão em cada fila, é pouco visual e intuitiva (ver a última imagem da Figura 11, folha A4 que esta fixada).



Figura 10 - Disposição do Armazém de Madres

Depois de adquirir a madre da forma geométrica pretendida, o operador desloca-se ao posto respetivo e instala a mesma. Todo este processo demora em média 90 minutos (dependendo da forma geométrica e incluindo o tempo que demora a adquirir madres pouco acessíveis) e requer a disponibilidade diária de um operador que apenas se dedica a esta tarefa. A troca de madre requer que o posto de trabalho onde esta é feita esteja inativo, no entanto o operador desse posto é alocado a um posto vazio. Ou seja, existem sempre postos que não estão a produzir para que esse operador possa ser alocado aos mesmos, e não fique parado. Ainda assim, a troca provoca sempre uma perda de eficiência de um molde por cada vez que o operador começa a produzir numa madre nova. A justificação para tal é que o operador não consegue trabalhar em dois postos em simultâneo. Por isso, quando está a terminar os ajustes dos moldes (que acabara de retirar da madre), não está a fazer o enchimento no posto seguinte.

No gráfico da Figura 11 podemos observar a quantidade de trocas de madres que ocorreram nos últimos meses de Fevereiro e Março de 2021. Os valores podem chegar a sete trocas por dia e a média corresponde a 2,5 trocas diárias. Assumindo uma média de 90 minutos por troca de madre, podemos concluir que 3 horas e 45 minutos por dia são desperdiçadas em trocas de madres. Mais crítico ainda é calcular que 2,5 moldes são desperdiçados por dia. Com uma produção média da secção de 90 moldes diários, a troca de madre corresponde efetivamente a 3% do incumprimento do plano de produção (excluindo as 3 horas e 45 minutos diárias desperdiçadas). Este valor pode atingir os 7% nos dias em que são feitas 7 trocas de madre.

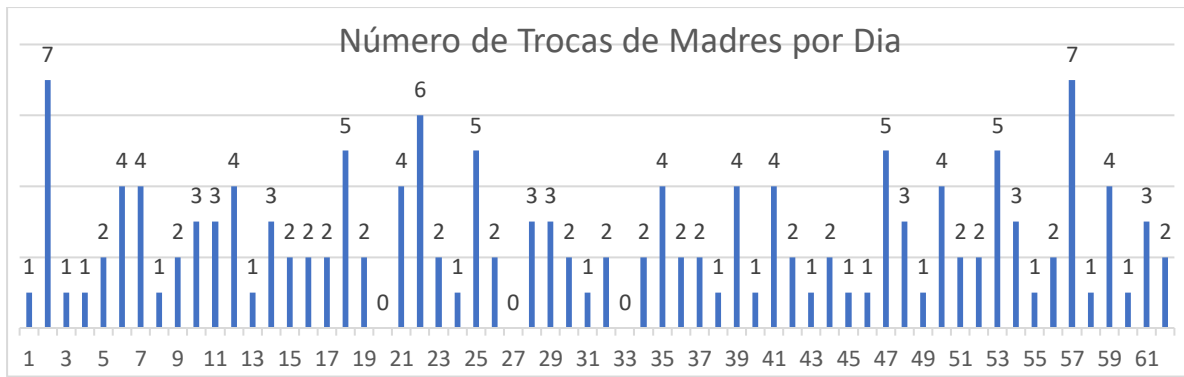


Figura 11 - Número de Trocas de Madre por Dia

Qualidade

A falta de qualidade dos moldes de gesso gera muitos reprocessamentos e retrabalho, o que causa mais desperdício de tempo de produção. Nesta secção não é feita qualquer controlo de qualidade, o que significa que apenas quando o molde chega à olaria, é que é reprovado e retrabalhado. É importante ter em conta que a baixa qualidade dos moldes gera o incumprimento do plano (devido ao tempo desperdiçado em reprocessos). Ou seja, ambos os problemas estão diretamente correlacionados e apenas é possível resolver um se o outro também for solucionado. No aspeto da qualidade, as causas principais estão relacionadas com a falta de rotinas de trabalho standard na produção:

1. Sequencia de trabalho

Aquando da produção, cada operador gere o processo à sua maneira. A sequência de tarefas é diferente para cada operador, o que não permite que haja uma sequência ótima. O KI observou um ciclo de produção de um operador que demorou no total 98 minutos e 7 segundos (ver Figura 12). A primeira linha da Figura 12 (linha do operador) mostra quanto tempo o operador trabalhou com as madres fechadas (preenchimento branco) e quanto tempo trabalhou com as madres abertas (preenchimento amarelo). O campo amarelo começa quando este abre as madres (mas não retira os moldes) e termina quando este fecha as madres já cheias de pasta de gesso. As seguintes linhas dizem respeito a cada madre, ou seja, o tempo em que esta esteve com o molde dentro e o tempo em que estava vazia. Os campos coloridos de cada madre começam quando o molde é retirado da madre e terminam quando esta é fechada (sem a pasta de gesso lá dentro). Observando a linha do operador, podemos concluir que em 47% do tempo o operador não estava a produzir o molde seguinte e, por isso, não estava a ser tão eficiente quanto possível. Estes valores variam consoante o operador, pois a sequência de trabalho varia muito.

OP	00:19:44	00:45:33	00:31:38
Madre 1	00:41:51		00:14:22
Madre 2			00:41:54
Madre 3	00:56:13		00:08:07
Madre 4	00:35:54	00:13:43	00:48:30
Madre 5	00:34:47	00:15:36	00:47:44

Figura 12 - Tempos de Utilização de Madres

Neste caso o objetivo é reduzir ao máximo e ser eficiente nas tarefas em que o molde seguinte não esteja a ser produzido, nunca deixando o operador estar parado. Com a redução dessas tarefas será possível fazer controlos de qualidade e, assim, evitar reprocessos e correções.

2. Ausência de standards

A ausência de standards na produção é outro aspeto que vai refletir na qualidade dos moldes. As tarefas não têm um standard de duração ou de quantidade, por exemplo: o tempo que o molde está dentro da madre não está definido, ou seja, o operador retira o molde da madre quando entender que este está pronto; o tempo em que a pasta de gesso está a agitar também é feita a olho (varia de operador para operador); não existe um controlo de qualidade standard, isto é, cada operador avalia ao seu critério se o molde pode seguir para a fase seguinte ou não. Todas estas variações na produção causam variações na qualidade. Além disso, sem um standard de tarefas, a rastreabilidade para identificar a causa da má qualidade de um molde, torna-se muito difícil.

2.5 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foi feito um enquadramento dos intervenientes desta dissertação, nomeadamente a Empresa X e o KI. Foi também descrito o processo produtivo da fábrica e, com mais detalhe, o processo de produção dos moldes de gesso. Por fim, foram expostos os principais problemas desta secção, mostrando as causas que originam esses problemas.

O foco deste capítulo foi garantir um bom enquadramento na dissertação que está a ser abordado e salientar os problemas mais críticos para, na futura dissertação, serem solucionados. De um modo geral, os problemas evidenciados foram: a qualidade e o incumprimento do plano. Neste sentido, o objetivo é garantir que o plano de produção é cumprido para que o tempo ganho seja investido em controlos de qualidade e, dessa forma, aumentar efetivamente a qualidade e, conseqüentemente a eficiência na produção de moldes de gesso. De modo a “ganhar” esse tempo é necessário aumentar a eficiência e eliminar os desperdícios das causas mais relevantes, nomeadamente: desarrumação na secção, deslocações dos operadores, tempo de troca de madres, falta de *standard* na sequência de trabalho e falta de *standards* nas tarefas de produção.

3. Enquadramento e Fundamentação Teórica

Depois de caracterizados os principais problemas na produção de moldes de gesso, neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica dos tópicos essenciais para a fundamentação teórica desta dissertação. Em primeiro lugar é introduzido o pensamento *lean*, seguindo-se uma revisão das principais ferramentas utilizadas também no âmbito *lean*. Depois, é introduzido a metodologia Total Flow Management (TFM) e as respetivas ferramentas que serão úteis no desenvolvimento desta dissertação. No final do capítulo, são descritos alguns exemplos onde as ferramentas e metodologias *lean* foram aplicadas.

3.1 Introdução ao Pensamento *Lean*

A produção industrial tem vindo a transformar-se ao longo dos tempos e desde sempre existe um foco em produzir de forma mais eficiente, mais rápida e com mais qualidade. No ocidente, os processos produtivos desenvolviam-se, incorporando mais automação e novas tecnologias. O oriente, atento a esse crescimento, desenvolveu uma metodologia produtiva cujo foco era o valor para o cliente, denominada *Lean Manufacturing* (LM). Esta transformação metodológica nasceu depois da Segunda Guerra Mundial, devido à falta de recursos por parte das empresas de produção japonesas, que se viam à beira da falência. Dada esta situação, a indústria japonesa procurava alternativas de baixo custo e que requeressem poucos recursos. Numa visita aos Estados Unidos da América, o líder da Toyota Motor Company, Kiichiro Toyota, bebeu das ideias disruptivas de produção da indústria automóvel americana e criou a metodologia LM. (Womack & Jones, 1992). Desde que a empresa japonesa *Toyota Motor Corporation* implementou essa metodologia e aumentou substancialmente a produtividade, reduzindo os desperdícios do processo produtivo, as maiores empresas em todo o mundo têm vindo a incorporar a metodologia nos seus processos produtivos (Sanders, Elangeswaran and Wulfsberg, 2016).

A LM baseia-se, então, em eliminar o desperdício associado ao processo, minimizando o consumo de recursos e as atividades que não acrescentam valor ao produto final (Abdullah, 2003). Para tal, é necessário haver um critério para identificar que atividades são realmente de valor acrescentado ou não. Segundo Imai (1997), as atividades de valor acrescentado (VA), são todas aquelas que o cliente estará disposto a pagar; em contrapartida, *muda* (desperdício em japonês) são todas as atividades que não acrescentam valor ao produto que o cliente irá comprar. O conceito *lean* tem como principal objetivo eliminar o *muda*.

De modo a identificar e eliminar o *muda*, dividiu-se este em sete tipos (Chen, Li and Shady, 2010), caracterizados na Tabela 1:

Tabela 1 - 7 Muda

Tipo	Explicação
Movimento de Pessoas	Desperdício associado a deslocações desnecessárias por parte dos operadores
Movimento de Material/Informação	Desperdício associado a deslocações de materiais ou de informação (quer seja física ou digital)
Espera de Pessoas	Desperdício associado a operadores parados, sem poder trabalhar
Espera de Material/Informação	Desperdício associado a tempos de espera por matérias primas
Produção em Excesso	Desperdício associado a stocks
Sobreprocessamento	Desperdício associado a tarefas extraordinárias ao processo normal
Erros	Desperdício associado a retrabalho ou reprocessamento de produtos

3.2 Ferramentas e Conceitos Lean

As ferramentas *lean* são abordagens estruturadas que facilitam a implementação da metodologia e da filosofia *lean* numa organização. Depois de caracterizados os fundamentos e as bases desta metodologia, irão ser abordadas as ferramentas *lean* consideradas potencialmente relevantes para a realização desta dissertação, nomeadamente: Gestão Visual e 5S, *Value Stream Mapping* e o ciclo de Melhoria PDCA.

3.2.1 Gestão Visual e 5S

Em ambientes *lean*, a Gestão Visual é o veículo para interpretar o desempenho no trabalho. Ou seja, é uma estratégia de comunicação que procura facilitar a interpretação de resultados e indicadores. Uma vez tornados os problemas visíveis, a resolução dos mesmos torna-se mais fácil (Tezel, 2016).

A Gestão Visual é frequentemente aplicada em quadros de comunicação, e foram já utilizados em diversos setores, como por exemplo, o setor aeroespacial (Parry and Turner, 2006), saúde (Machado and Leitner, 2010) e governamental (Radnor, 2010). Estes quadros visam orientar o líder de equipa perante o desempenho da sua equipa e alinhar todos os membros da mesma (Maskell, 2016). Assim, esta ferramenta permite que todos os membros tenham acesso aos resultados, problemas e objetivos da equipa, tudo compilado num só quadro. Esta dinâmica vai possibilitar trocas de ideias, identificações de oportunidades de melhorias e tomada de decisões com o conhecimento de todos (Jaca *et al.*, 2014). O conceito deste quadro vem ao encontro dos princípios da melhoria contínua, pois os problemas ficam visíveis e vão sendo corrigidos no dia-a-dia (Tezel, Koskela and Tzortzopoulos, 2009).

Um dos *standards* principais da Gestão Visual é a aplicação dos 5S: um conceito com o objetivo de criar hábitos que melhorem a organização e arrumação do posto de trabalho (Imai 2012). Os 5S correspondem a cinco palavras japonesas começadas por “S” e que implicam uma ação numa ordem estabelecida:

1. **Seiri (Triar)** – Separar os materiais que acrescentam valor dos que não acrescentam valor;
2. **Seiton (Arrumar)** – Colocar os materiais de Valor Acrescentado em posições estratégicas, segundo as suas características (frequência de utilização, dimensão, etc.);

3. **Seiso (Limpar)** - Limpar o posto de trabalho;
4. **Seiketsu (Normalizar)** – Criar as normas necessárias para sustentar os três passos anteriores;
5. **Shituke (Sustentar)** – Garantir que as normas são executadas e sustentáveis e torná-las num hábito.

A aplicação dos 5S pode trazer resultados surpreendentes e disruptivos. De facto, muitos estudos apontam a que esta ferramenta não só é útil em ambientes de produção, mas que pode ter impacto em outras áreas da sociedade (Gapp, Fisher and Kobayashi, 2008). As suas vantagens são essencialmente tornar os problemas da organização visíveis (Singh *et al.*, 2013) e, incorporada com outras ferramentas *lean*, reduzir desperdícios que levam à redução de tempo do processo, custos e à melhoria das condições de segurança (Buesa, 2009).

3.2.2 Value Stream Mapping (VSM)

A ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM) baseia-se no Sistema de Produção Toyota e permite perspetivar a cadeia de valor de um processo produtivo, facilitando a projeção de uma visão futura (Teichgräber and De Bucourt, 2012). O VSM providencia uma visão global de todas as atividades do processo, tornando mais fácil a identificação de atividades que não acrescentam valor, os desperdícios associados a essas atividades e as suas causas. A aplicação do VSM não permitirá reduzir desperdícios, tempos de produção ou custos, mas sim identificar oportunidades de melhoria de forma visual (Lacerda, Xambre and Alvelos, 2016).

Segundo Rother e Shook (2003) que efetuaram um estudo sobre Mapeamento da Cadeia de Valor e Redução de Desperdício, o VSM deverá seguir cinco passos fundamentais. Estes passos devem ser executados por membros da equipa que estejam envolvidos no processo que está a ser analisado. Assim, é garantido um melhor e mais profundo conhecimento do processo por parte dos membros, bem como um maior compromisso com as futuras ações de melhoria e metas estabelecidas (Choi and Liker, 1995). Os cinco passos são:

1. **Recolher Informação** – Recolher informação e observar o estado inicial dos processos e distinguir o que acrescenta valor do que é desperdício;
2. **Mapeamento da Situação Atual** – Tratar a informação recolhida e desenhar a situação atual do processo;
3. **Mapeamento da Situação Futura** – Com base na situação atual e nos problemas encontrados, desenhar uma visão futura;
4. **Definição do Plano de Trabalho** – Desenhar o plano de trabalho para a implementação da visão futura;
5. **Executar o Plano de Trabalho**

3.2.3 Ciclo de Melhoria PDCA

O ciclo de melhoria PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), é uma ferramenta da melhoria contínua que propõe categorizar as ações de melhoria em planeamento, execução, confirmação e normalização (Corinne Johnson, 2016). O objetivo é criar uma dinâmica de melhoria com metas definidas e assim gerar um espírito de evolução na organização. Neste modelo é necessário envolver todos os colaboradores, de maneira a todos estarem

disponíveis a executar essas ações e, assim, melhorar e solucionar problemas de uma forma eficaz e com qualidade (Ren *et al.*, 2017). Este ciclo é composto por quatro passos (que a sigla por si sugere), descritos de seguida (Moen and Norman, 2009):

1. **Plan (planear)** – Recolher informação sobre a situação atual e identificar oportunidades de melhoria e as suas causas; desenvolver um plano de ação, alocando sempre um responsável e uma data de conclusão à ação;
2. **Do (executar)** – Executar a proposta de solução;
3. **Check (confirmar)** – Verificar os resultados;
4. **Act (normalizar)** – Normalizar o novo standard e divulgar os resultados obtidos.

3.3 TFM

O TFM (*Total Flow Management*) integra o Kaizen Business System e é um dos pilares do modelo QCD. Este pilar é definido como uma abordagem integrada que visa o aumento de fluxo e eficiência dos processos, através de toda a cadeia de fornecimento (Coimbra, 2009). Neste capítulo irá ser feita a revisão de literatura das ferramentas de Desenho de Linha e *Layout*, Bordo de Linha, *Standard Work* e SMED ligadas ao fluxo na produção e de seguida das ferramentas de Supermercados e *Mizusumashi* relacionadas com o fluxo na logística interna, pois são as ferramentas mais relevantes no âmbito desta dissertação (ver Figura 13).



Figura 13 - Estrutura da Ferramenta Total Flow Management (TFM)

3.3.1 Desenho de Linha e *Layout*

Quando é pretendido o fluxo na produção, a primeira ferramenta a utilizar, segundo o TFM, é a de Desenho de Linha e *Layout*. Os objetivos da sua utilização são a criação de um desenho de linha que permita a eliminação de tarefas que não acrescentem valor ao produto e que crie um fluxo unitário através das operações de valor acrescentado. As linhas podem ser desenhadas em série, em paralelo, em forma de "U" e ter uma montagem de dois lados (Saif *et al.*, 2014).

Uma linha de produção com um layout em fluxo, permitirá uma organização por sequência de operações de máquinas e, por isso, uma menor quantidade de WIP e um lead time significativamente reduzido. No entanto, poderá ser acumulado um stock baixo entre os postos de trabalho, devido a possíveis “desbalanceamentos” ou diferenças de tempos de cada operação. Apesar das várias alternativas previamente mencionadas, a mais indicada para um layout em fluxo é o layout em “U”, pois permite uma maior visibilidade do processo e proporciona maior flexibilidade no balanceamento das operações (*Kaizen Institute Portugal, 2021*). Além disso, outra grande vantagem deste layout em relação aos restantes, é a capacidade de a mesma tarefa, no mesmo posto, poder ser executada em locais diferentes, graças à proximidade que existe entre as duas extremidades da linha (*Saif et al., 2014*). Ou seja, esta capacidade permite a redução de postos de trabalho.

3.3.2 Bordo de Linha

O bordo de linha oferece flexibilidade e eficiência na produção ao criar estruturas para o abastecimento dos postos de trabalho. O objetivo de um bordo de linha bem dimensionado é fornecer a maior quantidade de consumíveis possível ao posto de trabalho, de modo a minimizar as deslocações dos operadores. Assim sendo, o material que é abastecido deve estar ergonomicamente acessível para o operador evitando estar a mais de um braço de distância do mesmo (*Coimbra 2009*). O dimensionamento do bordo de linha segue três passos:

1. Definir a prioridade dos consumíveis abastecidos

No primeiro passo, deve-se definir quais os consumíveis prioritários no bordo de linha. A situação ideal seria ter todos os consumíveis em simultâneo no bordo de linha, no entanto devido ao limite de espaço, é necessário classificar os consumíveis consoante a prioridade.

2. Definir uma posição no bordo de linha

Este passo consiste em definir posições no bordo de linha (identificar com etiquetas, por exemplo), ou seja, todas as posições onde possam entrar caixas de consumíveis devem ser identificadas com um número. Depois disso, cada caixa deve ser associada a uma posição no bordo de linha.

3. Definir o número de consumíveis por posição

Depois de cada componente estar associado a uma posição no bordo de linha, é necessário definir a quantidade de caixas de cada componente abastecer. Neste passo é preciso ter em conta a velocidade a que cada componente é consumido, para que nunca falte esse componente durante o ciclo de abastecimento por parte da equipa logística. Para tal, o tempo de ciclo de abastecimento tem de estar definido.

3.3.3 Standard Work

Standard Work (SW) significa a execução de procedimentos de uma forma padrão. O padrão é estabelecido através da melhor combinação entre as ações do operador e as especificidades do equipamento, de modo a encontrar a maneira mais eficiente, produtiva, segura e com maior qualidade de executar uma tarefa (*Pereira et al., 2016*).

Assim que implementado o SW numa dada tarefa, torna-se mais fácil controlar e melhorar a execução da mesma. Isto é, se já foi definida a maneira *standard*, ou seja, a melhor maneira de executar uma tarefa, sempre que a produtividade da mesma não corresponder ao esperado, apenas é necessário observar o operador e identificar quando “foge” ao procedimento estabelecido. Além disso, é possível abrandar ou acelerar o ritmo de trabalho de acordo com a procura (Sundar, Balaji and Satheesh Kumar, 2014).

No âmbito desta dissertação, a aplicação do SW nos postos de trabalho iria tornar os métodos de trabalho homogêneos a todos os operadores. Assim, seria mais fácil de controlar as tarefas e comparar a eficiência entre operadores e sempre que se encontrasse uma maneira melhor para executar uma tarefa, o *standard* é atualizado.

De forma a criar um SW são sugeridos oito passos (Johansson *et al.*, 2013): formar uma equipa de melhoria, identificar o *takt time* (cadência de produção para satisfazer a procura), identificar o tempo de ciclo alvo, determinar a sequência de execução da operação, identificar a quantidade de WIP *standard*, preparar o fluxo de trabalho *standard*, determinar o *standard* de cada tarefa e, por fim, melhorar de forma contínua os *standards* existentes.

Todos os *standards* devem conter características semelhantes e essencialmente devem conter os seguintes tópicos (Míkva *et al.*, 2016):

- Apenas a informação necessária para o operador executar a tarefa;
- Ter um formato simples e visual, contendo imagens das tarefas específicas;
- Ser flexível para se poder fazer alterações imediatas;
- Assegurar que todos os operadores têm atividades relevantes relacionadas com o processo;
- Possibilitar a monitorização dos diferentes *standards* de cada operação e medir o impacto de cada tarefa no processo

3.3.4 SMED

Em 1950, Taichii Ohno desenvolveu a ferramenta *Single Minute Exchange of Die* (SMED) na Toyota Motor Company. O conceito da ferramenta é reduzir o desperdício associado ao processo de produção e à normalização dos tempos de *setup* dos equipamentos. Ou seja, após o processo ser normalizado, o tempo consumido para efetuar a mudança de referência de um produto, associada a uma máquina, deve ser sempre igual (Shingo, S. 1985). Hoje em dia, independentemente da indústria, o tempo de *setup* é um ponto crítico para implementar o modelo lean e a redução do mesmo trará uma grande vantagem competitiva (Martínez-Jurado and Moyano-Fuentes, 2014).

As tarefas de *setup* dividem-se em dois tipos de trabalho: externo e interno. As tarefas de trabalho interno, são todas aquelas que apenas podem ser efetuadas com o equipamento parado. Em contrapartida, as tarefas de

trabalho externo referem-se àquelas que são executadas com o equipamento em funcionamento. A ferramenta SMED é implementada seguindo cinco passos, ilustrados na Figura 14:

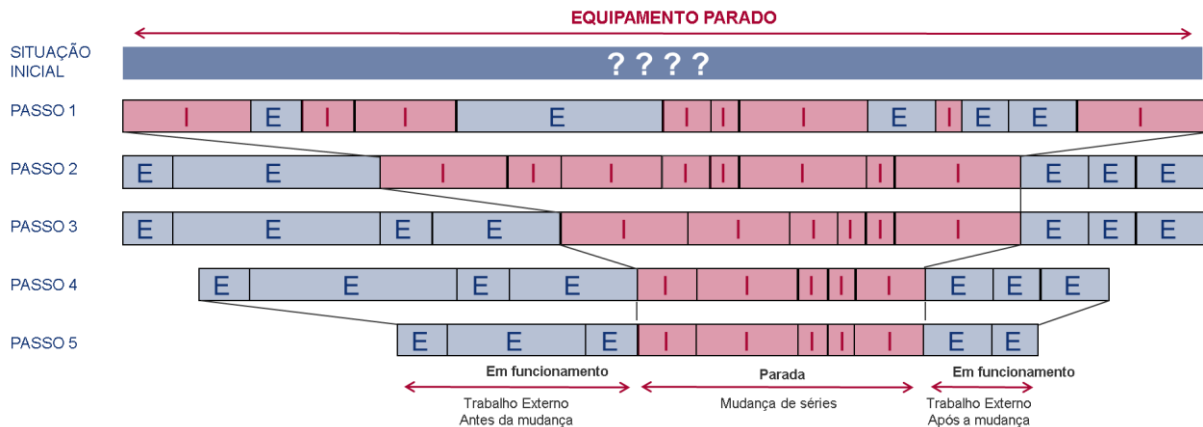


Figura 14 - Passos da Ferramenta SMED

Passo 1 – Observar a metodologia: Perceber a situação atual da sequência de tarefas.

Passo 2 – Separar as tarefas externas das internas: Estabelecer a melhor sequência das tarefas e aglomerar as tarefas internas e externas.

Passo 3 – Transformar tarefas internas em externas: Quanto menos tarefas internas existirem, menor é o tempo em o equipamento tem de estar parado.

Passo 4 – Comprimir ou eliminar as tarefas internas: Tornar o tempo de paragem do equipamento ainda mais reduzido.

Passo 5 – Comprimir as tarefas externas: Com as tarefas internas já reduzidas, deve-se comprimir as tarefas externas reduzindo o *lead-time* total do *setup*.

3.3.5 Supermercados

Depois de caracterizadas as principais ferramentas para a otimização do fluxo na produção, irei descrever as ferramentas (com relevância para o âmbito desta dissertação) que melhoram o fluxo na logística interna, começando pelos supermercados e seguindo com o *mizusumashi*.

O conceito de Supermercados, trazido dos Estados Unidos por Taiichi Ohno para o Oriente, tem como objetivo a redução de tempo no abastecimento dos postos (Coimbra 2009). De um modo geral, Supermercados são áreas de armazenamento de fácil acesso para os operadores que ditam a periodicidade de reposição de stock. Um Supermercado deve ter uma localização fixa para cada referência e respeitar a regra do *First-In-First-Out* (FIFO), isto é, o primeiro elemento a entrar no Supermercado, deve ser o primeiro a sair. Este conceito vem ao encontro do fluxo em *pull* (produzir consoante a procura atual), na medida em que a reposição é feita à medida que os componentes vão sendo consumidos. Ou seja, quando um componente atinge um certo nível de *stock*, este é repostado. O dimensionamento dos supermercados deve seguir três passos:

1. Definir as componentes do Supermercado: Tal como no bordo de linha, é necessário definir quais componentes têm um lugar fixo no supermercado (componentes mais consumidas) e quais serão repostas consoante a necessidade;
2. Definir a quantidade de caixas por componente no Supermercado: Para cada componente com um lugar fixo no Supermercado, é preciso definir a quantidade máxima de caixas que podem estar no Supermercado e qual o ponto de reposição de cada um;
3. Definir a posição de cada componente no Supermercado: Por fim, é necessário definir a posição de cada componente no Supermercado.

3.3.6 Mizusumashi

O *mizusumashi* é um comboio logístico que fornece apenas os componentes necessários, nas quantidades certas e na altura certa. Este operador logístico (normalmente auxiliado por um comboio logístico) é quem abastece os bordos de linha e os Supermercados, caracterizados anteriormente. Assim sendo, a eficácia do *mizusumashi* é um aspeto crítico no funcionamento do fluxo produtivo e afeta fortemente a produtividade dos postos de trabalho abastecidos pelo mesmo (Ichikawa, 2009).

O *mizusumashi* segue uma determinada rota pré-definida, percorrendo todas as estações que terá de abastecer e seguindo um horário previamente estabelecido. Este comboio logístico permite uma redução de custos operacionais aliado a uma alta produtividade de um trabalho normalizado. Para além de economicamente vantajoso, o *mizusumashi* permite flexibilizar a produção e aumentar a qualidade desta.

3.4 Exemplos Práticos de Aplicação das Ferramentas

Depois de fundamentadas as metodologias e ferramentas *lean*, seguem-se exemplos práticos onde algumas dessas metodologias foram implementadas. Os exemplos descritos abaixo visam mostrar a aplicabilidade das mesmas no âmbito industrial, bem como noutras áreas onde possam ser aplicadas.

Numa empresa de montagem de máquinas de café, onde se pretendia aumentar a produtividade e reduzir os custos de fabrico, foram utilizadas metodologias *lean* para desenvolver uma nova linha de montagem (Cortes, 2021). Neste caso, foram utilizadas ferramentas de desenho de layout em “U”, alterando a disposição da linha de montagem; *Standard Work* – foram criadas instruções de trabalho para cada tarefa da montagem; Bordo de Linha – foi definido e dimensionado um novo BDL para o novo *layout* da linha da montagem; Implementação de 5S – foram criadas normas de arrumação e limpeza para o espaço de trabalho; Ciclo de melhoria PDCA – envolvendo os operadores na dinâmica de melhoria. Este projeto teve como benefícios o aumento de produtividade da linha em 47,7% e um aumento de 13,7pp no OEE das máquinas de montagem.

No âmbito de um projeto de melhoria do processo produtivo da Vista Alegre, empresa que produz recipientes de vidro e cristal, foram utilizadas ferramentas *lean* para combater a elevada taxa de rejeição destes produtos (Madeira, 2019). A solução deste problema passou principalmente pela criação de *standards* para as áreas mais

críticas e que mais influenciavam a qualidade dos produtos; Implementação dos 5S – visando manter o armazém de matérias-primas mais organizado e limpo; metodologia SMED – “para contrariar a perda de fluxo de produção gerada devido à necessidade de substituição dos moldes”. A implementação destas metodologias resultou num aumento de 13pp na qualidade dos produtos, num aumento de 70% na produtividade geral da fábrica e numa redução de 86% do tempo de *set-up* na troca dos moldes.

O projeto de aumento de produtividade numa organização de manutenção de pesados de passageiros (Machado, 2019), é outro exemplo da aplicação e benefícios das ferramentas *lean*. Foi implementado essencialmente a ferramenta de 5S e gestão visual na oficina; um operador logístico (*mizumashi*) cuja função é “garantir o fluxo de abastecimento, e deste modo, evitar as paragens dos técnicos na manutenção das viaturas”; um novo BDL para fornecer a maior quantidade de consumíveis possível aos técnicos, evitando deslocações. O projeto teve como resultados um aumento da capacidade (tempo despendido de um técnico a realizar trabalho produtivo face ao tempo que se encontra no local de trabalho) de 67,6% para 82,1% em 12 semanas, um aumento na eficiência das manutenções de 43,8pp e um aumento de 33pp na produtividade das manutenções.

Num projeto numa empresa da indústria metalomecânica que fabrica peças para a indústria automóvel e termodoméstica, foram utilizadas ferramentas *lean* para aumentar a eficiência do processo produtivo (Gomes, 2016). Para alcançar esse objetivo, foram essencialmente utilizadas as ferramentas de mudança de *layout* com o intuito de “melhorar o fluxo logístico e aumentar a área desocupada na empresa”; implementação dos 5S – com o objetivo de melhorar a organização e a gestão visual dos espaços de trabalho e, conseqüentemente, o desempenho dos operadores nos mesmos; implementação de um planeamento *Push-Pull* na recolha logística de MP - de modo a “reduzir os elevados níveis de stock e lead-times existentes”; metodologia SMED – para diminuir a duração dos *set-ups*. Os principais benefícios do projeto foram: a diminuição em 27,2% do lead-time da empresa, a diminuição de 21,9% do nível de stock e um aumento de 10,7% da produtividade geral da fábrica.

Numa empresa da indústria farmacêutica, foram aplicadas metodologias *lean*, de modo a melhorar o funcionamento de armazéns (Salgado Dias, 2015). Para tal, foi principalmente implementado um novo desenho do *layout* do armazém; foi utilizado o VSM (*Value Stream Mapping*), para levantar oportunidades em cada fase da cadeia de valor; foram implementadas reuniões diárias normalizadas que incluíam o ciclo de melhoria PDCA, que tiveram um “papel essencial no planeamento de trabalho durante a obra de renovação do armazém, onde era seguido diariamente o número de paletes arrumadas no local novo”. Os benefícios deste projeto passam pelo aumento da produtividade no armazém devido à redução de 25% do tempo de movimentações no armazém e a diminuição da área de armazenamento necessária, passando de três para apenas um armazém, devido à reestruturação e redesenho deste armazém.

3.5 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foi feita uma revisão bibliográfica e um enquadramento teórico do conceito *lean*, das suas metodologias e das ferramentas utilizadas nesse contexto. Depois de introduzir o pensamento *lean*, contextualizou-se as ferramentas que serão relevantes na escritura da dissertação de mestrado, posteriormente desenvolvida, nomeadamente a Gestão Visual e 5S, *Value Stream Mapping* e o Ciclo de Melhoria PDCA. De seguida foi feito o enquadramento teórico de um dos pilares fundamentais da metodologia *lean*: o *Total Flow Management* (TFM). Este pilar é caracterizado por diversas ferramentas e, com o foco no fluxo de produção e no fluxo na logística interna, foi feita uma revisão teórica das ferramentas que melhor se aplicavam a esta dissertação. Neste sentido, as ferramentas mais relevantes relativas ao fluxo de produção são: o Desenho e *Layout* de Linhas, Bordo de Linha, *Standard Work*, SMED; relativamente ao fluxo na logística interna, foi pertinente fazer a revisão bibliográfica das ferramentas: *Mizushumashi* e os Supermercados. Por fim, foram introduzidos alguns exemplos que mostram a aplicabilidade destas ferramentas e os seus benefícios. Este capítulo tem uma relevância especial nesta dissertação, pois a posterior dissertação de mestrado irá basear-se na revisão destas ferramentas.

4. Análise da Situação Inicial

Este capítulo visa retratar e analisar o estado inicial da secção, tendo por base a análise dos principais indicadores de desempenho. Pretende-se com este capítulo também, apresentar os princípios de solução para os principais problemas e definir os objetivos a atingir. Desta forma, o capítulo 4 está dividido em cinco subcapítulos, sendo o primeiro a avaliação preliminar, onde é descrito como se procedeu a fase de diagnóstico e onde é resumido novamente os principais problemas. O segundo subcapítulo exhibe os indicadores de desempenho a ter em conta nesta análise e qual o estado inicial dos mesmos. De seguida, no subcapítulo três, são descritos os princípios de solução para colmatar os problemas identificados. No subcapítulo quatro, são definidos os objetivos a atingir com a implementação das soluções propostas e, por fim, é feita a conclusão geral do capítulo.

4.1 Avaliação Preliminar

O projeto na Empresa X iniciou-se com uma visita (denominada de *Gemba Walk* na linguagem do KI) às fábricas de Leiria. Esta visita permite aos consultores do KI perceberem o processo produtivo das fábricas, podendo assim identificar *à priori* os principais problemas das mesmas. Com esse propósito, a equipa do KI vai mapeando o fluxo global das fábricas durante a visita.

Após o *Gemba Walk*, é formada uma equipa constituída por membros da Empresa X bem como por consultores do KI (na qual eu estava inserido) com o objetivo de juntos, identificarmos e aprofundarmos os principais problemas. Numa segunda fase, o objetivo desta equipa é desenhar princípios de soluções para cada problema identificado. A secção de produção dos moldes de gesso foi claramente identificada com uma secção crítica na produção geral da fábrica e, por isso, deu-se início a uma análise mais profunda à mesma. Para começar foi mapeado o fluxo interno da secção com o intuito de perceber se havia algum problema evidente na produção. De seguida, foi feita uma análise fina à secção onde a nossa equipa de trabalho passou algumas horas a observar as rotinas dos operadores durante a produção. Deste modo, chegou-se à conclusão de que os principais problemas da secção eram os já mencionados anteriormente no segundo capítulo, e que, resolvendo esses problemas a secção seria mais eficiente e, conseqüentemente, também o seriam as duas fábricas de Leiria as quais esta secção abastece.

Recapitulando, o cumprimento do plano e a qualidade são os aspetos que mais influência têm na eficiência e produtividade da secção. Os problemas que mais influenciam estes dois aspetos, mais evidentes e que geram mais ineficiência na produção desta secção, são:

Cumprimento do Plano

- Muito tempo perdido à procura de material no posto – devido à desarrumação da secção
- Muitas deslocações do operador para fora do posto – devido à falta de materiais e consumíveis no posto
- Tempos muito extensos nas trocas de madres – devido à desorganização no armazém de madres

Qualidade

- Ausência de uma sequência de trabalho standard
- Ausência de instruções de trabalho e métodos operatórios

4.2 Recolha de Dados Iniciais e Definição de Indicadores de Desempenho

Foram definidos dois indicadores de desempenho principais, que medem a efetividade das soluções que serão implementadas: tempo de reprocessamento na Olaria e cumprimento do plano. Para além destes indicadores foram também definidos outros indicadores que, apesar de não serem indicadores principais, influenciam e permitem acompanhar os principais em maior detalhe. Nomeadamente, os restantes indicadores: pontos por hora por molde, Pareto de falhas e tempo de troca de madre, influenciam diretamente o indicador do cumprimento do plano.

Tempo de Reprocessamento na Olaria – Indicador principal

Depois de serem produzidos os moldes na respetiva secção, o fluxo segue para a secção de Olaria, onde a qualidade destes é avaliada. É interessante seguir este indicador, pois representa as horas que foram desperdiçadas em retrabalhar os moldes devido à falta de qualidade dos mesmos. O tempo de reprocessamento na Olaria reduzido a zero horas, significaria que a qualidade na produção de moldes não poderia ser melhor.

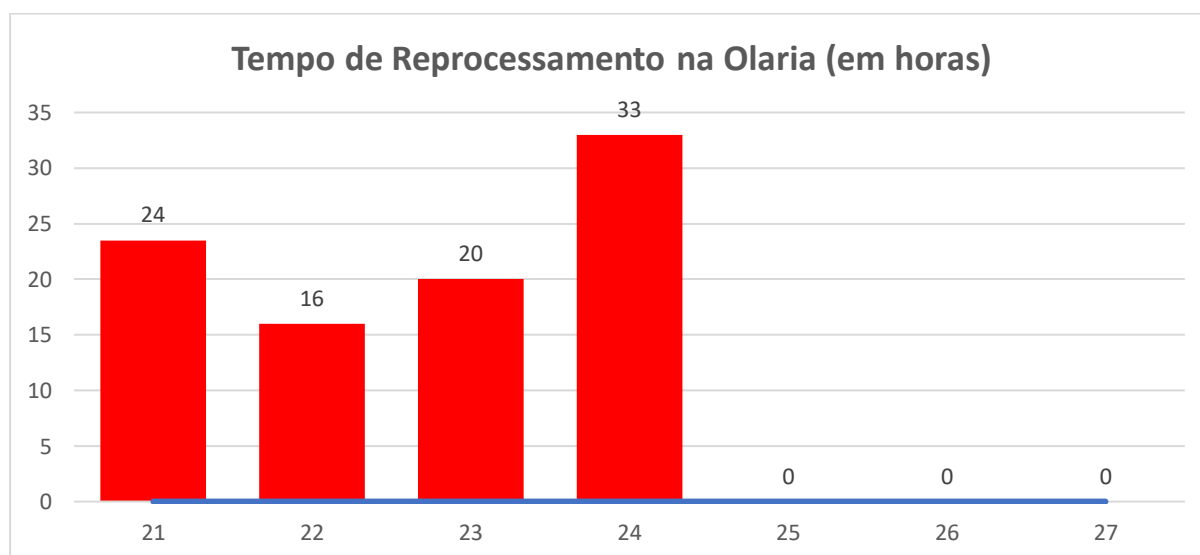


Figura 15 - Tempo de Reprocessamento na Olaria

O indicador começou a ser medido desde Maio e é atualizado semanalmente. A Figura 15 representa o primeiro mês de medição do indicador e como podemos, as horas de reprocessamento variam bastante de semana para semana o que espelha a oscilação de qualidade na produção de moldes. Tal deve-se não só à ausência de uma sequência de trabalho standard como também de instruções de trabalho e métodos operatórios.

Cumprimento do Plano – Indicador principal

O cumprimento do plano mensal é um dos dois indicadores mais importantes para medir a evolução da eficiência e produtividade na secção dos moldes. Todos os outros indicadores que meçam a produtividade de um operador, as falhas ou o tempo perdido a mudar madres, refletem-se no cumprimento do plano. Este indicador vai espelhar se as novas iniciativas e soluções implementadas na secção se traduzem em resultados numéricos.

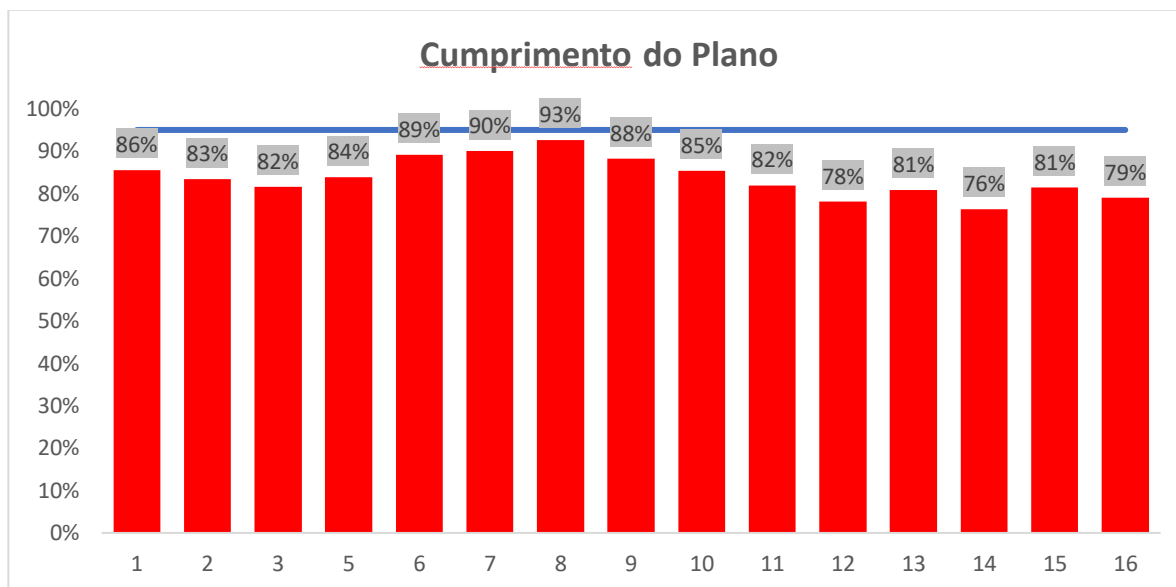


Figura 16 - Cumprimento do Plano na Produção de Moldes de Gesso

O gráfico da Figura 16 mostra o cumprimento do plano de produção da secção de produção de moldes nos primeiros quatro meses do ano 2021. Esta análise é feita semanalmente, pois ao receber o plano mensal, o encarregado constrói um plano semanal para poder alocar os seus recursos humanos com mais facilidade. Além disso, uma análise semanal permite uma melhor rastreabilidade dos problemas e correção dos mesmos. Os dados da semana 4 não nos foram disponibilizados. Como podemos observar, o cumprimento do plano é, em média, de 84%, o que é crítico. Isto é, se uma das primeiras secções da cadeia de produção apenas cumpre 84% do plano, então o cumprimento geral da fábrica será sempre menor que este valor. O KI estipulou que o objetivo será chegar ao cumprimento de 95% do plano, com a visão de aumentar a eficiência da secção e consequentemente da fábrica.

Pontos por hora por molde

A todos os moldes são atribuídos pontos, consoante a complexidade do mesmo. Isto é, está estipulado que o operador a produzir o molde Y deveria fazer Z pontos por hora nesse dia. Os pontos por hora por molde representam, então, a produtividade de um operador por hora. Se o operador não atingir, no final do dia, os pontos determinados para o molde que está a produzir, significa que não está a cumprir com o plano de trabalho previamente definido.

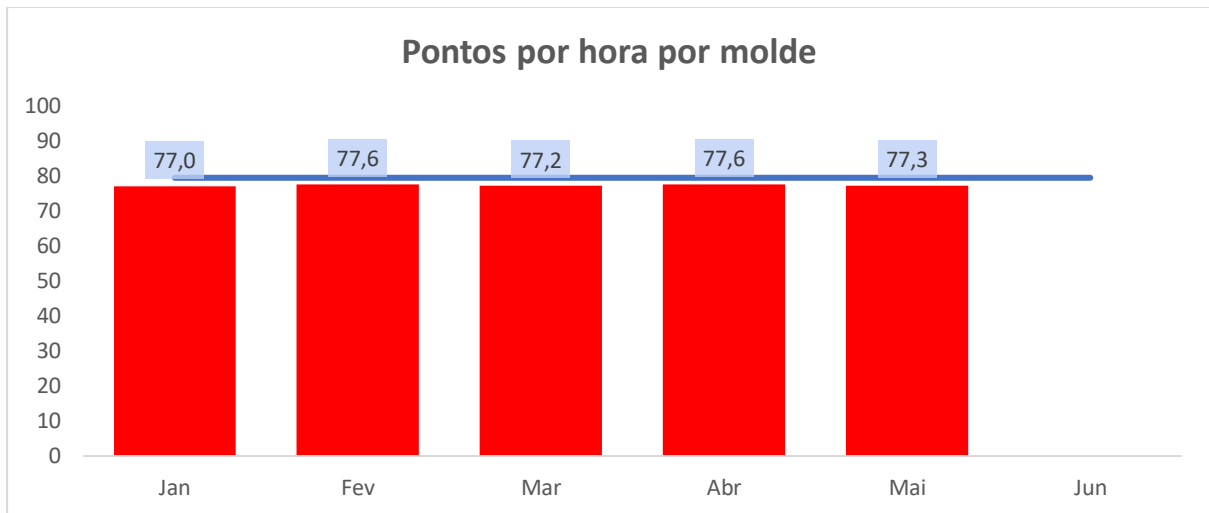


Figura 17 - Pontos por hora por molde

Embora a base de dados deste indicador seja diariamente atualizada, os resultados apenas são representados mensalmente (pois o plano de produção é mensal). Nos primeiros cinco meses do ano 2021, os pontos por hora por molde variam entre 77.0 e 77.6, como se pode ver na Figura 17. O objetivo deste indicador é o valor ser constantemente 80, significando assim que o plano mensal está a ser cumprido. Ou seja, se este valor for abaixo de 80, significa que o objetivo de produção não está a ser atingido. Um valor acima de 80 também não é benéfico, pois estariam a ser produzidos mais moldes do que os necessários. Neste caso, os valores estão com uma diferença de cerca de 3 pontos por hora por molde face ao objetivo, mostrando por isso, um potencial de melhoria bastante elevado. Estes resultados vão refletir-se diretamente no cumprimento do plano, pelo que este indicador é de elevada importância.

Pareto de Falhas

Com o objetivo de perceber as causas raiz das falhas perante o objetivo de pontos, construiu-se um Pareto com as causas mais significativas. Ou seja, sempre que o objetivo não era atingido no final do dia, o responsável pelo departamento alocava a ineficiência a uma causa. Este indicador permite-nos apontar à melhoria das causas principais.

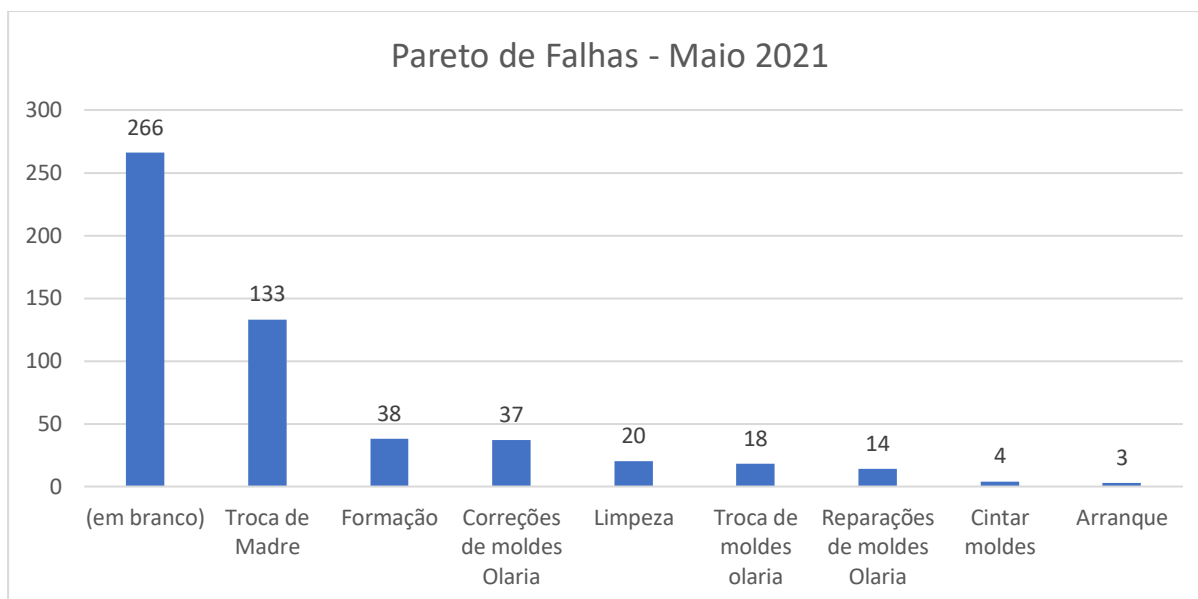


Figura 18 - Pareto de Falhas

A Figura 18 representa as maiores causas para o incumprimento do objetivo desde o início do projeto (Fevereiro 2021) até ao mês de Maio 2021. Como podemos observar, a causa que se destaca é “em branco”, com 266 ocorrências. Isto significa que, ao atualizar a base de dados com as produções diárias e as falhas aos objetivos, o responsável não sabia, ou não havia nenhuma causa que justificassem o incumprimento do objetivo diário. Ou seja, a causa “em branco” corresponde à ineficiência do operador (ou eventualmente a alguma rara exceção que possa existir). Esta conclusão apela, mais uma vez, à falta de standards e métodos operatórios que também prejudicam a qualidade dos moldes.

Representando 25% das falhas ao objetivo, as trocas de madre têm um grande impacto na produção. A ineficiência alocada à troca de madre é representada por três aspetos: o tempo que um operador efetivamente demora a fazer a troca de madre (cerca de uma hora e meia em média), a produção que um operador perde pela mudança de posto de trabalho devido à troca, e também pelas horas de *setup* que existem quando um operador inicia numa nova madre. Isto é, quando uma nova madre é instalada, as peças acessórias para produzir com essa madre são colocadas num saco em cima da mesma. Quando o operador chega ao novo posto, não só tem de arrumar e montar essas peças como também perde produção nos primeiros moldes que produz (economias de experiência). Apenas ao final de cerca de uma hora e meia, um operador consegue estar a produzir ao ritmo ideal.

As restantes ineficiências podem ser porque um operador está a ser acompanhado por um mais experiente e esse irá ser menos produtivo; o operador tem de visitar a Olaria para efetuar correções ligeiras ou grandes reparações; o operador tem de efetuar uma limpeza ao posto; o operador terá de ajudar na secção de Olaria a fazer a mudança de moldes, etc.

Tempos de Troca de Madre

De modo a controlar o tempo perdido em troca de madres, torna se pertinente fazer um registo das mesmas. Sendo este indicador representado semanalmente, é possível perceber que madres são mais complexas e que, por isso, necessitam de mais horas.

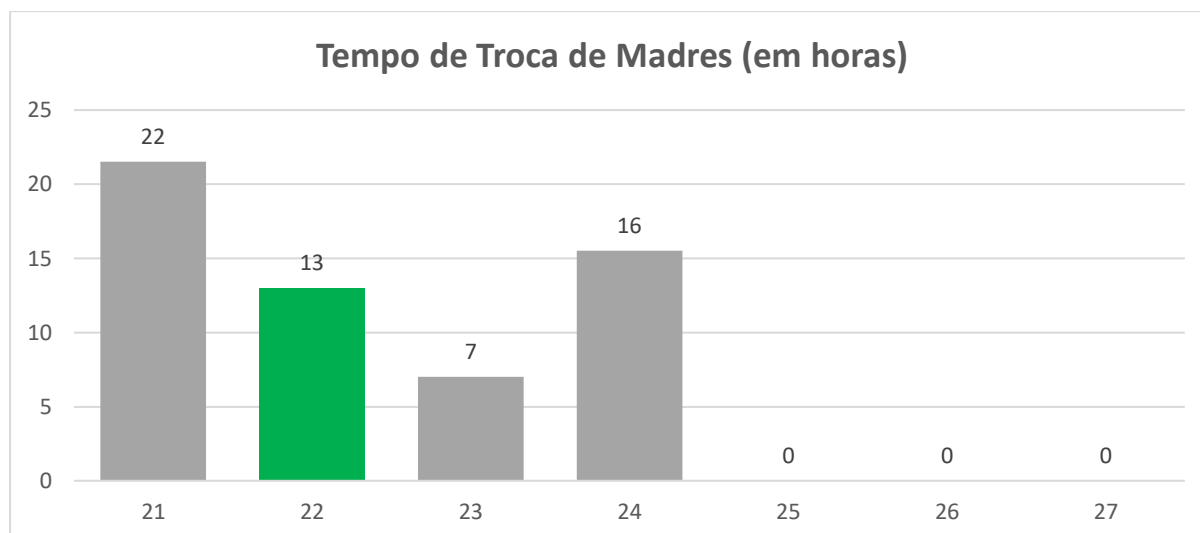


Figura 19 - Tempo de Troca de Madres

Na Figura 19 (que representa o mês de Maio 2021) é possível perceber-se que o número de horas desperdiçadas em trocas de madres varia bastante ao longo das semanas. Tal deve-se ao número de trocas que pode existir num dia (abordado no capítulo 2 e que pode variar entre 0 e 7 trocas), à variedade de complexidade da madre, bem como à posição da madre no armazém.

4.3 Estratégia de Implementação de Melhorias

Com o objetivo de solucionar de forma efetiva os problemas anteriormente descritos, são apresentadas de seguida, de forma sucinta, as cinco iniciativas propostas pela equipa do KI. Todas estas iniciativas envolvem a implementação de ferramentas ou metodologias *lean* que foram anteriormente fundamentadas teoricamente no capítulo 3.

Bordos de Linha normalizados

De modo a tornar os postos de trabalho organizados e arrumados, com todos os materiais em locais específicos em todos os postos, a primeira iniciativa será a normalização dos bordos de linha. Esta iniciativa visa solucionar um dos principais problemas da secção: tempo perdido à procura de material no posto.

O primeiro passo é escolher um posto piloto e definir o bordo de linha standard. Depois, é necessário perceber qual o material que o operador vai necessitar para produzir (a situação ideal é que o operador nunca saia do

posto). Assim, teremos de definir um local específico para cada material, utilizando caixas sinalizadas com etiquetas indicadoras do material que corresponde à caixa. Um aspeto muito importante aquando da implementação de um novo bordo de linha é a acessibilidade aos materiais por parte dos operadores, pelo que é crucial garantir que todas as caixas estão em locais de fácil acesso, que não obstruam a produção e que não ponham em risco a ergonomia do trabalhador. Posto isto, o bordo de linha normalizado do posto piloto deverá ser replicado para os restantes postos, criando assim um bordo de linha standard transversal à secção.

Mizusumashi e Standard de Reposição

O *mizusumashi* é um operador logístico que abastece todos os postos numa rota pré-definida. Ou seja, o operador logístico efetua o percurso com um carrinho com todo o material necessário para todos os postos. A uma hora estabelecida, o *mizusumashi* abastece os postos de modo a evitar deslocações por parte dos operadores de produção para fora do posto de trabalho.

O operador logístico pode ser qualquer trabalhador da secção, mas de preferência não será um que esteja a produzir (para não se perder produtividade). Depois de definir quem será o *mizusumashi* e quando fará o abastecimento, é necessário definir a rota de abastecimento e qual o nível de reposição dos materiais. Isto é, definir que postos abastecerá primeiro, quanto tempo durará o percurso e qual o nível mínimo de cada material que o posto tem de conter. Para tal é essencial calcular qual a quantidade de cada material necessária para “aguentar” a produção diária do posto. Com o novo bordo de linha normalizado e com a utilização de caixas para colocar o material a tarefa do *mizusumashi* é facilitada. Por exemplo, se para a produção diária do posto 1 é necessário $\frac{3}{4}$ de uma caixa do material A, se o operador logístico abastecer os postos uma vez por dia, apenas terá de encher a caixa até cima (para haver stock de segurança) para que dure até ao próximo ciclo de abastecimento.

Arrumação do Armazém de Madre

Sabendo que as trocas de madres são frequentes e cujos tempos são muito extensos devido à desorganização do armazém, a simples arrumação e organização deste espaço trará benefícios rápidos.

Para tal, é necessário dividir as madres em categorias de utilização. As madres serão subdivididas em três categorias: categoria A – as madres das referências mais vendidas, ou seja, as madres com maior utilização; categoria B – madres de utilização média; categoria C – madres com pouca utilização, pois raramente são produzidas. De seguida, serão definidas as zonas do armazém com maior e menor acessibilidade. No caso deste armazém, as madres estão empilhadas e distribuídas ao longo de corredores (sem espaçamento entre eles). Isto significa que, para utilizar uma madre do fundo do corredor, é necessário retirar com um empilhador todas as madres que a antecedem. A zona 1 será a zona das primeiras posições dos corredores mais acessíveis; a zona 2 será a das segundas posições desses corredores e a de outros corredores menos acessíveis; e a zona 3 será a dos

corredores com menor acesso englobando as últimas posições de todos os corredores. Assim, as madres de categoria A serão alocadas à zona 1, as de categoria B ficarão na zona 2 (caso já não haja espaço na zona 1) e assim sucessivamente.

Acompanhamento do Horário de Produção e Recolha dos Motivos para Desvios

Para que cada operador tenha uma sequência de trabalho definida quando está a produzir, será feito um acompanhamento do horário de produção. Ou seja, o operador irá saber a que horas exatas terá de fazer cada tarefa, de modo a atingir a produção diária desejada.

Para tal, poderá ser impressa uma folha para cada posto indicando as horas a que o operador terá de executar cada tarefa. Assim, o operador percebe sempre que estiver atrasado na produção. Por exemplo, o operador do posto 1 recebe a folha de Excel impressa no início do seu turno. Olhando para a mesma percebe que uma em uma hora terá de encher um molde. Ou seja, se o turno começa às 8 horas, às 9 horas e meia, às 11 horas, às 12 horas e meia, etc., terá de encher o molde. Caso não o faça, não cumprirá com o objetivo e terá de escrever na folha as razões para tal.

Com base nas justificações dos operadores por falharem o objetivo, será feita uma análise semanal por parte do chefe de departamento para solucionar os principais motivos para os desvios.

Instruções de Trabalho e Termómetro para Desmoldar

Para que não haja discrepância entre operadores e para que todos os moldes sejam produzidos com a qualidade desejada, serão criadas instruções de trabalho que suportem os trabalhadores ao produzir.

Para cada referência será criada uma norma com todas as indicações mais relevantes que garantem a qualidade do molde. Para as referências mais complexas podem ser construídas normas mais detalhadas com uma descrição pormenorizada do passo a passo de cada tarefa.

Uma das tarefas que causa mais moldes partidos é o desmoldar do molde. O timing de desmoldar não é igual para todos os operadores, pelo que a qualidade também varia. Por isso, será instituído um termómetro que mede a temperatura do molde. Será definida a temperatura a que os moldes terão de ser desmoldados e, dessa forma a qualidade será similar para todos os operadores. A temperatura a que se deve desmoldar o molde é um exemplo de indicação que a instrução de trabalho conterà.

4.4 Estabelecimento de Objetivos

Os objetivos propostos para cada indicador foram estabelecidos até ao final do ano de 2021. Segundo a filosofia Kaizen, os objetivos devem ser sempre ambiciosos, pois é preferível definir um objetivo alto e, por pouco, não

o atingir, do que ter um objetivo facilmente alcançável e atingi-lo. Elevando a fasquia e definindo um objetivo alto (mas possível), o KI acredita que os resultados serão melhores, mesmo que o objetivo não seja atingido.

Tabela 2 - Objetivos dos Indicadores

	Valor de Referência (VR)	Objetivo	Variação
<i>Tempo de reprocessamento olaria (horas)</i>	23,3	10	- 57,1%
<i>Cumprimento do plano (%)</i>	84	95	+ 11%
<i>Pontos por hora por molde (p/h)</i>	77,3	80	+ 3,5%
<i>Tempo de troca de madres (horas)</i>	14	7	- 50%

Para cada indicador foi estabelecido um objetivo por parte da Empresa X em conjunto com o KI. Como podemos observar na Tabela 2, o indicador “Tempo de reprocessamento olaria” tem como objetivo diminuir até 10 horas por semana. Este objetivo é muito ambicioso, pois o indicador espelha a qualidade na produção de moldes, o que é um dos aspetos mais críticos da secção. Para o cumprimento do plano, também foi estabelecido um objetivo alto (aumento de 9% do cumprimento do plano mensal), visto que este indicador reflete os resultados dos restantes indicadores e, conseqüentemente, da produtividade da secção.

Para os indicadores que influenciam diretamente o cumprimento do plano foram estabelecidos objetivos tendo em consideração o objetivo do indicador geral - cumprimento do plano. Deste modo, a meta de pontos por hora por molde é de 80, significando que os operadores atingem sempre o objetivo de produção diário. O “Pareto de Falhas”, não sendo propriamente um indicador, apenas ilustra os principais motivos para as falhas na produção, não será um indicador de avaliação final. Seria possível, contudo, analisar a variação de o número de falhas “em branco” o que indicava uma queda da ineficiência, mas a minha interpretação foi que esta queda já se vai espelhar nos outros indicadores e, por isso, o Pareto de Falhas não servirá como indicador de comparação. Por último, o “Tempo de troca de madres” tem como objetivo a diminuição de 50% do tempo nas trocas.

4.5 Conclusões do Capítulo

Este capítulo abordou a situação inicial da secção, mostrando os indicadores de desempenho a ter em conta. Com base nos principais problemas da secção, anteriormente definidos, foram descritos os princípios de solução para a resolução dos mesmos. Por fim, foram definidos os objetivos a atingir até ao final do ano. Estes objetivos

vão servir para medir a efetividade da implementação das iniciativas propostas, que serão detalhadas no capítulo seguinte.

5. Desenvolvimento e Implementação de Melhorias

Neste capítulo é descrita ao detalhe a implementação de cada iniciativa. O objetivo é perceber-se todos os passos da implementação das soluções e como estas são sustentadas. Assim, o capítulo 5 está dividido em sete subcapítulos, os primeiros cinco correspondentes às cinco iniciativas que serão implementadas, um subcapítulo de sustentabilidade das mesmas e, por fim, a conclusão geral do capítulo.

5.1 Bordos de Linha normalizados

1º Passo - Definir posto piloto

O primeiro passo na implementação de um novo BDL foi definir qual o posto piloto que iria definir o bordo de linha para todos os outros postos. O posto escolhido foi o que, dos 19 postos na altura, estava a produzir a referência com mais vendas do último ano. Esta decisão teve como objetivo ter o maior e mais rápido impacto nas referências com mais produção nas fábricas. O posto escolhido foi, então, o posto 3.

2º Passo - Definir o material necessário para produzir a referência

Depois de definido o posto piloto e, conseqüentemente, a referência para a qual o BDL iria ser construído, foi definido o material necessário para a produção de uma unidade dessa referência. A Empresa X não tinha documentado o material que cada referência necessitava para ser produzida, pelo que foi criado uma BOM (*Bill of Material*) para a referência do posto piloto. A BOM documenta os materiais e as respetivas quantidades que a produção de uma unidade necessita e facilita a montagem do novo BDL. Esta foi construída pelo chefe de departamento, observando e anotando a produção feita pelos operadores. A Figura 20 (à esquerda) mostra o material necessário para a produção de uma certa mãe e (à direita) a BOM que documenta todo esse material (por questões de confidencialidade os conteúdos estão desfocados). Quando uma mãe é substituída e arrumada, deve conter sempre a respetiva BOM.

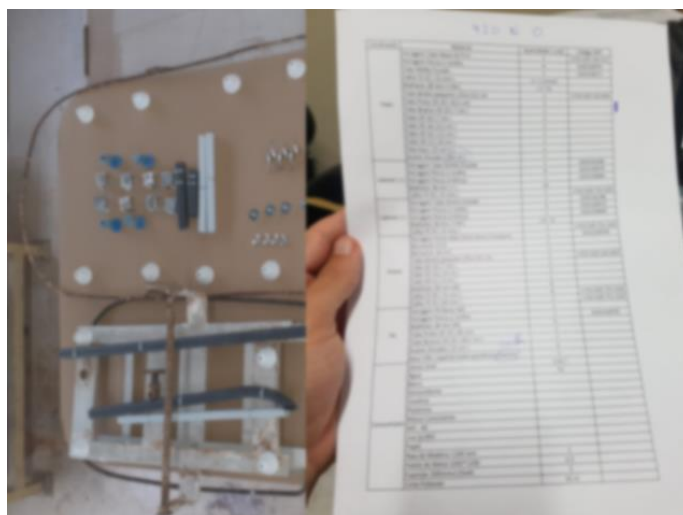


Figura 20 - Exemplo de BOM

3º Passo - Reestruturar posto construindo um suporte extra para caixas

Aquando da criação da BOM, identificou-se que o espaço que o posto tinha não era suficiente para todas as caixas com o material suficiente para durar um dia inteiro de produção. Por isso, foi construído um suporte extra, pela equipa de manutenção, para que o posto tivesse a capacidade necessária.

4º Passo - Alocar cada material a uma caixa e adicionar etiquetas indicadoras

Assim que o posto piloto estava devidamente capacitado, foram alocados os materiais documentados na BOM às caixas. Os materiais com maior utilização continham duas caixas com os mesmos. Para cada caixa foi impressa e plastificada uma etiqueta que indicava que material pertencia à caixa e qual o nível de reposição da mesma. A distribuição das caixas pelo posto foi feita para minimizar as deslocações do operador dentro do posto, isto é, foram colocadas perto do local onde esse material iria ser utilizado.



Figura 21 - Novo Bordo de Linha

Na Figura 21 podemos observar o novo BDL com as caixas identificadas com etiquetas. Dependendo da referência que estiver a ser produzida, o operador pode escrever a quantidade necessária para um dia (de modo a facilitar o trabalho do operador logístico que abastece o posto).

5º Passo - Fazer o *Rollout* para todos os postos

Depois de definido o BDL para o posto piloto, foi feito o *Rollout* para os restantes postos. A reestruturação dos outros postos foi feita, apesar de esta estar dependente da disponibilidade da equipa de manutenção e, por isso, se ter estendido temporalmente. À medida que novos postos eram reestruturados e novas referências eram produzidas nesses respetivos postos, eram criadas BOM para essas referências. Os materiais variavam pouco entre referências, apenas as suas quantidades se alteravam, pelo que algumas caixas ficavam vazias quando havia uma mudança de uma referência para outra com menos material.

5.2 *Mizusumashi* e Standard de Reposição

1º Passo - Definir como e quando vai fazer o abastecimento

O primeiro passo na implementação de um *mizusumashi* foi definir como iria a reposição dos materiais ser feita. Depois de alguma pesquisa sobre carrinhos de abastecimento, optou-se por utilizar um carrinho de mão de quatro rodas que já existia na secção dos moldes e não era utilizado. O carrinho tem cerca de um metro de largura e um e meio de comprimento, o que permite ter capacidade para todos os materiais necessários para abastecer os postos. O inventário de materiais está guardado em caixas grandes no departamento de corte de tubos, pelo que o operador logístico apenas teria que colocar essas caixas no carrinho e fazer o abastecimento. A equipa de corte de tubos passou a produzir tubos para caixas (em vez de o fazer individualmente para cada posto e ir diretamente abastecer o mesmo) que seriam levadas pelo *mizusumashi* para abastecer os postos. A frequência estabelecida de reposição foi de uma vez por dia entre o turno da manhã e o da tarde, ou seja, o material reposto terá de durar dois turnos de produção em cada posto. A Figura 22 mostra o carrinho utilizado pelo *mizusumashi* e o respetivo material para abastecer os postos.



Figura 22 - Carrinho de Abastecimento do *Mizusumashi*

2º Passo - Definir a rota

A rota do *mizusumashi* foi definida com base na proximidade entre os postos e a departamento do corte de tubos, de onde o operador logístico abastece o carrinho de reposição de materiais. Assim, a rota é feita numa linha reta (ver Figura 23) permitindo o operador abastecer o posto que se encontra à sua esquerda e, de seguida, abastecer o posto da direita (e assim sucessivamente até abastecer todos os postos). É de extrema importância que o abastecimento seja efetuado antes dos operadores iniciarem a produção do segundo turno. Caso contrário, os operadores terão de se movimentar e sair dos postos para solicitarem os materiais.

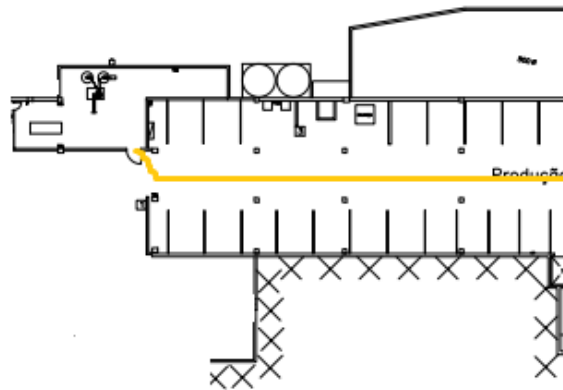


Figura 23 - Rota de Abastecimento do Mizusumashi

3º Passo - Definir qual o nível de reposição dos materiais

Para facilitar o trabalho do *mizusumashi* tem de ser definido um nível de reposição das caixas, para que, quando este está a abastecer os postos saiba imediatamente que caixas abastecer. Neste caso, chegamos à conclusão de que o operador logístico deveria encher todas as caixas do posto, pois havia inventário suficiente e, assim, certificávamo-nos que não haveria ruturas de material.

4º Passo - Definir o *mizusumashi*

Algum do material já era abastecido por alguns operadores, embora nem sempre com um ciclo definido de reposição. As ferragens eram recuperadas por dois operadores alocados a essa tarefa e um deles fazia o abastecimento das mesmas, o que se manteve (todos os postos já eram abastecidos uma vez por dia com ferragens). Os restantes materiais passaram a ser abastecidos por uma operadora do corte de tubos (o novo *mizusumashi*) que, anteriormente, já abastecia os tubos cortados quando um operador solicitasse. Por último, a monitora ficou responsável por abastecer consumíveis como lixas, barro, etc. que apenas tinham de ser repostos uma vez por semana. Sendo assim, ficaram definidos os três operadores logísticos que iriam abastecer os postos com os materiais para evitar que os operadores que produziam saíssem do posto.

5.3 Arrumação do Armazém de Madre

1º Passo – Triar o armazém

O primeiro passo na arrumação do armazém de madres foi fazer a triagem de tudo o que não fossem madres prontas a utilizar. Desta forma, foram identificadas as madres obsoletas (madres que já tinham uma versão mais atual) e foram retirados uns materiais utilizados na Olaria que estavam a ocupar espaço. As madres obsoletas correspondiam a três corredores de madres e os materiais da Olaria a um corredor. Estes materiais foram colocados de imediato num local fora do armazém. As madres obsoletas foram colocadas num local provisório fora do armazém, para que pudessem ser abatidas. Concluindo, foram libertados quatro corredores de madres, permitindo um novo layout do espaço.

2º Passo – Definir o novo layout do armazém

A triagem feita originou um novo desenho do layout do armazém. Tendo em conta os quatro corredores agora livres seria possível tornar todas as madres mais acessíveis. Assim, foram desenhadas algumas propostas, até chegarmos ao desenho que mais facilitava o fluxo no armazém.

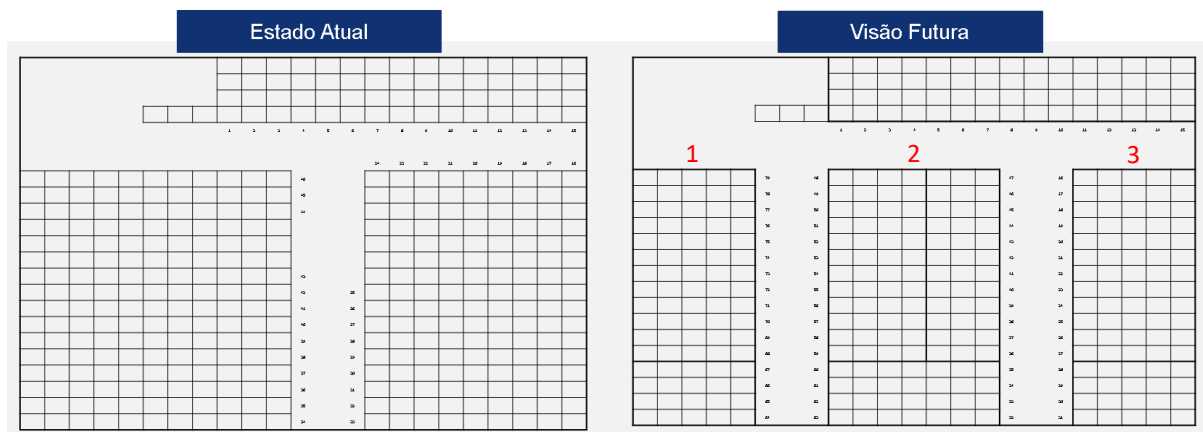


Figura 24 - Novo Layout do Armazém de Madres

Na Figura 24 podemos comparar o layout inicial com o novo layout. Este layout permite haver uma acessibilidade muito maior a todas as madres pela criação de um novo corredor, embora a grande inovação seja que no bloco 1 (Figura 24 – Visão Futura) em que os operadores têm acesso às madres dos dois lados. Antes (Figura 24 – Estado Atual) apenas se poderiam retirar madres pelo corredor central que dividia os dois blocos.

3º Passo – Definir zonas com maior acessibilidade e alocar as madres

Tendo em conta o novo layout, foram definidas as zonas 1, 2 e 3. Isto é, as zonas 1 (zona verde) são as posições no armazém onde as madres estão sempre diretamente acessíveis. As zonas 2 representam as posições onde é necessário retirar até três madres para alcançar a que desejamos. Por fim, as zonas 3 estão associadas às posições onde é necessário retirar mais de três madres para obter a madre que pretendemos (ver Figura 25).

O objetivo do novo layout é que as madres mais utilizadas estejam acessíveis sem constrangimentos para que se perca o mínimo tempo possível na troca. Assim, com base nas referências mais vendidas ao longo dos últimos oito meses, foi feita uma análise ABC. Esta análise consiste em definir as madres A's, que representam 80% das vendas as B's que representam 15% das vendas e as C que equivalem a 5% das vendas. Depois de feito o estudo,

as mães A foram alocadas às zonas 1, as mães B às zonas 2 (caso não sobrassem lugares nas zonas 1), e assim sucessivamente.

Cada mãe terá, então, uma posição fixa no armazém. No caso de se retirar uma mãe A do armazém e a mãe que entra é uma B ou C, terá de se retirar as mães que obstruem. Sabendo que as mães que estão nas zonas 1 representam 80% das vendas e conseqüentemente das mães produzidas, a grande maioria das mães utilizadas vão estar diretamente acessíveis.

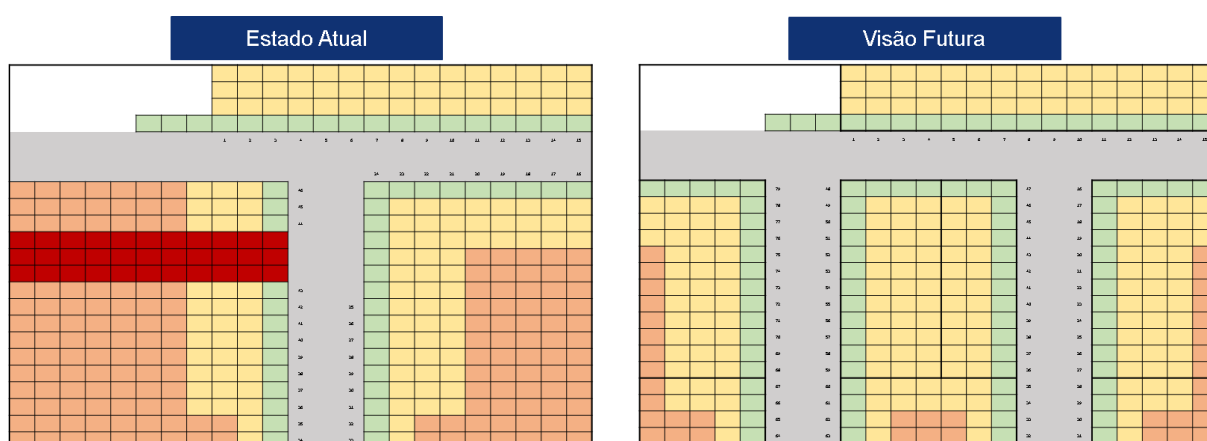


Figura 25 - Novo Layout do Armazém de Mães com Zonas 1, 2 e 3

4º Passo – Reorganizar armazém

Depois das mães obsoletas serem retiradas para outro espaço e de todas as mães estarem alocadas a uma posição no armazém, deu-se início à reorganização do armazém. Além da deslocação das mães para as novas respectivas posições é de grande importância a normalização e sustentação do novo layout. Para tal, é necessário delinear com pinturas no chão as zonas 1, 2 e 3 (cada zona pintada com a cor respetiva).

5.4 Acompanhamento do Horário de Produção e Recolha dos Motivos para Desvios

1º passo – Criar ficha de acompanhamento do ritmo do operador

Com o objetivo de acompanhar a produção dos operadores em detalhes, foi criado um ficheiro em Excel que indica, para cada referência, quanto em quanto tempo a respetiva mãe terá de ser cheia (com gesso) para que operador atinja o objetivo diário (ver Figura 26). Dependendo da complexidade da referência, esta definido um objetivo de produção diário que os operadores deverão atingir para cumprirem a 100% o plano. O chefe de departamento deve imprimir a folha e colocar no posto de trabalho respetivo para que o operador possa assinalar e perceber se está a cumprir o plano. Caso haja algum desvio ao plano, o operador deverá escrever a causa na folha.

Hora	Planeado	Real	Motivo	Hora	Planeado	Real	Motivo
08:00	1			17:00	1		
08:15				17:15			
08:30				17:30			
08:45				17:45	1		
09:00				18:00			
09:15	1			18:15			
09:30				18:30	1		
09:45				18:45			
10:00				19:00			
10:15				19:15	1		
10:30	1			19:30			
10:45				19:45			
11:00				20:00			
11:15				20:15			
11:30				20:30			
11:45	1			20:45	1		
12:00				21:00			
12:15				21:15			
12:30				21:30	1		
12:45				21:45			
13:00				22:00			
13:15				22:15	1		
13:30				22:30			
13:45				22:45			
14:00				23:00	1		
14:15	1			23:15			
14:30				23:30			
14:45				23:45	1		
15:00				00:00			
15:15				00:15			
15:30	1			00:30	1		
15:45				00:45			
16:00				01:00			
16:15							
16:30							

Figura 26 - Ficha de Ritmo de Trabalho

A Figura 26 mostra dois exemplos da ficha de ritmo de trabalho. O primeiro exemplo é referente ao turno da manhã e é relativo a uma referência mais complexa onde o objetivo é de seis moldes diários. Os campos verdes com um “1” significam que a essa hora o operador deveria estar a encher as madres com gesso. Os campos cinzentos representam a hora de almoço. No segundo exemplo, referente ao turno da tarde, podemos observar que se trata de uma madre com uma produção diário bastante elevada. Na coluna “Real” o operador deverá adicionar um “X” sempre que fizer um enchimento. Quando o enchimento não corresponder à hora definida, este deverá escrever a razão em “Motivo”.

2º passo – Analisar os desvios semanalmente

No âmbito de analisar os desvios ao objetivo do cumprimento do plano, foi implementada uma reunião semanal que envolve essencialmente o chefe de departamento e a monitora (chefe de equipa). Esta reunião baseia-se em analisar as principais causas de falhas ao objetivo (como já observamos no capítulo 4, Figura 19 – Pareto de Falhas). A análise das fichas de ritmo de trabalho são, então, o principal foco. Deste modo, temos a possibilidade de perceber quais os operadores menos eficientes e quais as referências que os operadores sentem mais dificuldades.

A grande vantagem desta reunião é tirar conclusões da análise e, conseqüentemente, planejar ações de contramedida. Para cada problema levantado, o chefe de departamento deve definir uma contramedida e alocá-la um responsável. Caso o problema (ou a solução do problema) esteja para além do âmbito do departamento de moldes, o chefe de departamento deve escalar o mesmo ao diretor de produção.

5.5 Instruções de Trabalho e Termómetro para Desmoldar

1º passo - Estudo das tarefas na produção

A necessidade de haver tarefas standard de produção transversais a toda a secção para que a qualidade dos moldes fosse assegurada, originou o estudo e observação das tarefas na produção. O objetivo era definir que tarefas devem ser feitas em cada referência, como as fazer e os aspetos críticos a ter em atenção. O estudo foi feito ao longo de várias semanas, nas quais os operadores eram acompanhados durante a produção.

O aspeto mais disruptivo no estudo foi o teste de utilização de um termómetro infravermelho ao desmoldar. Isto é, como o tempo que o gesso deveria ficar dentro das madres variava constantemente consoante o estado do gesso, tempo de agitação do mesmo e a referência, foi definido a que temperatura o gesso deveria ser retirado para que o estado do molde estivesse ideal.

2º passo – Construção de IT (instrução de trabalho)

Depois do estudo foram contruídos dois tipos de ITs, com ajuda dos operadores. Um tipo de IT é o passo-a-passo de uma tarefa específica ou da produção de um tipo de moldes. O outro tipo foi feito para cada madre de cada referência e consiste em alertar para os pontos mais críticos na produção desse molde (ver Figura 27). Em cada uma destas normas, estão incluídos os pormenores de timings e temperatura a que as tarefas devem ser executadas.



Figura 27 - Instruções de Trabalho

Na figura acima podemos identificar os dois tipos de IT (por questões de confidencialidade os conteúdos estão desfocados) que são muito visuais e ilustrativas para facilitar a compreensão por parte dos operadores. Estas instruções permitem o *Standard Work* na secção e possibilitam que um operador menos experiente possa produzir todas as referências com qualidade e cumprindo o plano de produção.

5.6 Sustentabilidade das iniciativas

Quadro Kaizen diário (ferramenta de suporte e acompanhamento da produção)

Para que as iniciativas sejam sustentadas foi implementado um quadro de Kaizen diário que sugere o acompanhamento constante dos problemas e oportunidades de melhoria da equipa. Diariamente, antes de cada turno, a monitora reúne toda a equipa durante cinco minutos, onde se partilham os indicadores de cumprimento do plano e de qualidade dos moldes. Além disso, os operadores partilham dificuldades que têm e definem-se as respetivas ações para as resolver. Qualquer aspeto que a monitora pretenda transmitir à equipa, deve utilizar

esta reunião para tal. O quadro de Kaizen diário permite ter a equipa totalmente alinhada, com os objetivos bem definidos e com os resultados visíveis e claros.

Matriz de competências e plano de formação

Com o mesmo intuito que o quadro de Kaizen diário, foi criada uma matriz de competências que permite perceber a experiência de cada operador na produção de cada tipo de molde ou de cada referência. Ou seja, para cada operador foi definido um nível de experiência (de 1-5, sendo 1 sem experiência e 5 formador) de cada referência (Figura 28). Esta matriz vai originar um plano de formações que visa formar um operador para que este suba de nível. Quanto menos operadores experientes uma referência tiver, maior a necessidade de formar operadores na respetiva referência (por questões de confidencialidade os conteúdos estão desfocados).

The image shows a screenshot of a software application displaying a 'Matriz de Competências Pré-Estabelecida'. The interface includes a sidebar on the left with navigation options like 'Adicionar', 'Atualizar', 'Eliminar', and 'Imprimir'. The main area is a grid with a header row containing names of operators and a header column containing mold references. The cells in the grid contain numerical values representing experience levels from 1 to 5. A red horizontal bar highlights a specific row of data.

Figura 28 - Matriz de Competências

Deste modo, o chefe de departamento tem maior facilidade em alocar os operadores à produção de referências, garantindo a qualidade das mesmas. Da mesma forma, o chefe de departamento tem uma perspetiva mais ampla das formações que terão de ser dadas, garantindo o aumento da qualidade na secção dos moldes a médio-longo prazo.

5.7 Conclusões do Capítulo

Concluindo, este capítulo visou descrever de forma detalhada as iniciativas que foram implementadas. Para tal, cada iniciativa fora desconstruída em passos, para que se entendesse o procedimento da sua implementação e não apenas o resultado final. O capítulo descreve também como as iniciativas podem e devem ser sustentadas. Este capítulo é considerado o *core* desta dissertação, pois “bebe” da teoria fundamentada do capítulo 3 e faz-se traduzir em soluções que assentam nos problemas descritos nos capítulos 2 e 4.

6. Apresentação e Análise dos Resultados Obtidos

Neste capítulo são apresentados e analisados os resultados obtidos com a implementação das iniciativas. Os resultados que são apresentados neste capítulo são respetivos ao início do mês de Outubro, não sendo por isso o resultado final das iniciativas (objetivos foram definidos até ao final do ano). Contudo, esta análise permite observar a tendência de evolução dos indicadores e estabelecer contramedidas para as dificuldades e desvios que existiram.

Tempo de reprocessamento na Olaria

Uma das iniciativas com maior impacto neste indicador são as instruções de trabalho que permitem os operadores produzirem de uma forma *standard* e alertam para as principais dificuldades de cada referência. No entanto, as instruções de trabalho ainda não foram todas produzidas (apenas 50%, devido à falta de disponibilidade do responsável), ou seja, ainda existem referências sem um *standard* de trabalho definido. Por isso, não é possível perceber o benefício final desta iniciativa no indicador do tempo de reprocessamento na Olaria. Ainda assim, chegamos ao valor de sete minutos na semana 40, valor que se encontra abaixo do objetivo definido (Figura 29).

Apesar do valor da última semana se encontrar dentro do objetivo, sabemos que este resultado não é constante e tem tendência para oscilar (com base no histórico das semanas anteriores). Com a produção das restantes instruções de trabalho, acreditamos que os resultados ficarão de uma forma constante dentro do objetivo, até ao final do ano.

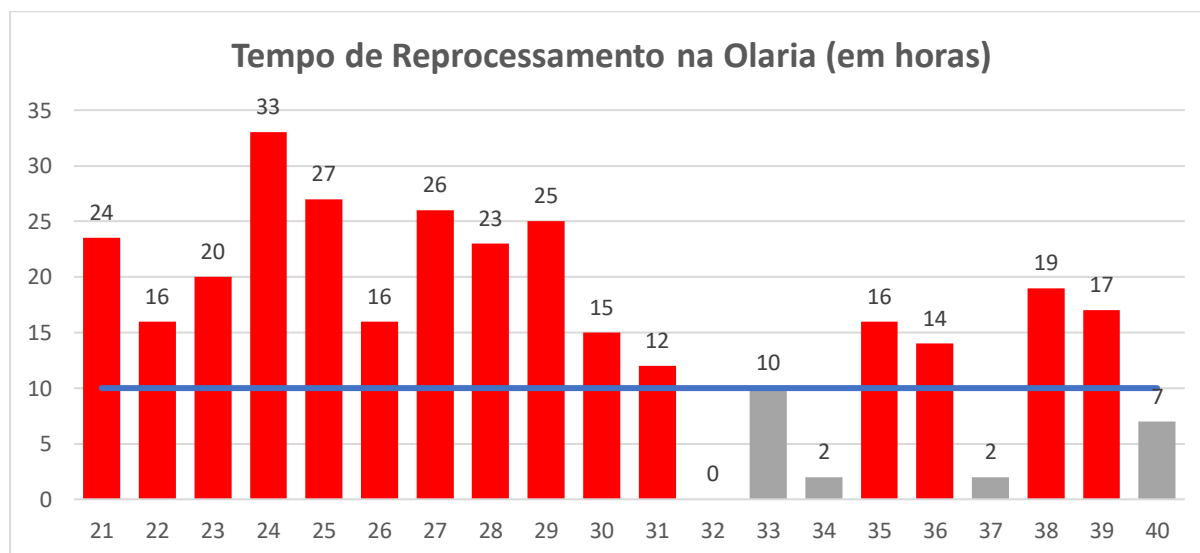


Figura 29 - Resultado do Tempo de Reprocessamento na Olaria

Cumprimento do plano

O cumprimento do plano, como se pode ver na Figura 30, teve um aumento de 9%, passando de 84% para 92% na última semana. Como também podemos observar os valores são bastante estáveis e não variaram nas últimas

três semanas. O objetivo até ao final do ano é de 95% de cumprimento do plano e a tendência deste indicador é muito promissora. Como definido ao longo desta dissertação, este indicador é (em paralelo com o tempo de reprocessamento na Olaria), o que mais espelha a eficiência da secção de moldes. Assim, concluímos estamos no caminho certo para atingir o objetivo final.

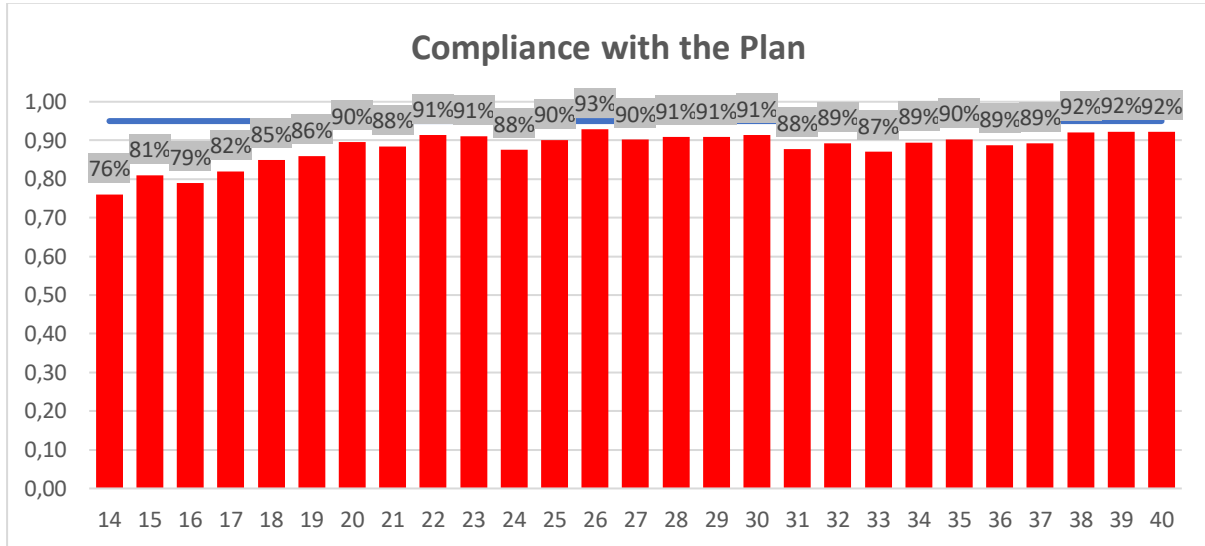


Figura 30 - Resultados do Cumprimento do Plano

Como este indicador é diretamente influenciado pelos restantes, teremos de os analisar para perceber a razão pela qual ainda não atingimos os objetivos.

Pontos por hora por molde

Como podemos observar na Figura 31, os pontos por hora por molde aumentaram em 1,2, o que é um bom indício de que objetivo final será atingido. Como os resultados deste indicador são traduzidos no indicador geral do cumprimento do plano, é importante fazer uma boa análise dos resultados perceber que oportunidades de melhoria existem.

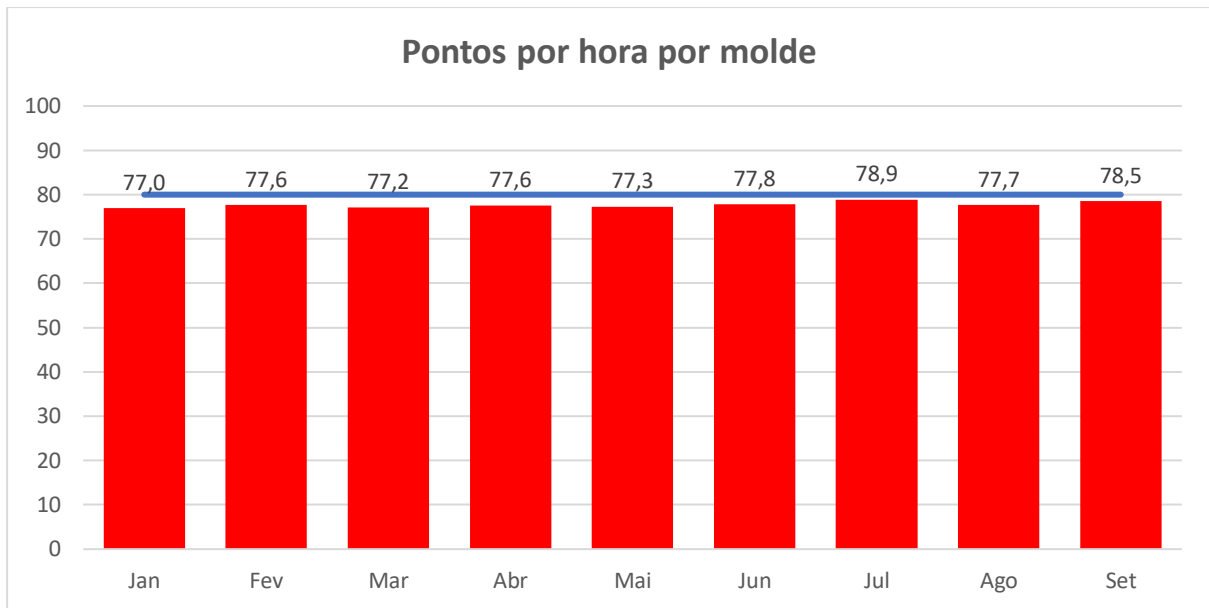


Figura 31 – Resultados do Pontos por Hora por Molde

Como podemos observar na Figura 31 existe uma queda no indicador no mês de Agosto. Apesar de ter havido uma subida no mês de Setembro, o valor dos pontos por hora por molde ainda não igualou o mês com o valor mais alto, o mês de Julho. Perante isto, fizemos uma análise mais detalhada a este indicador, nomeadamente no mês de Julho e Agosto, para perceber as principais diferenças. A conclusão dessa análise foi que todos os operadores mais experientes (16) tiraram férias, ao passo que os recém-chegados não tinham direito a férias. Assim, percebemos que havia uma grande discrepância entre níveis de operadores e que os maus resultados de uns eram compensados pelos bons resultados de outros. Criamos, então, três níveis de operadores consoante a experiência, a produtividade dos últimos quatro meses, a flexibilidade (quantas referências sabe produzir) e o tempo que demora para entrar no ritmo de trabalho desejado para a respetiva referência.

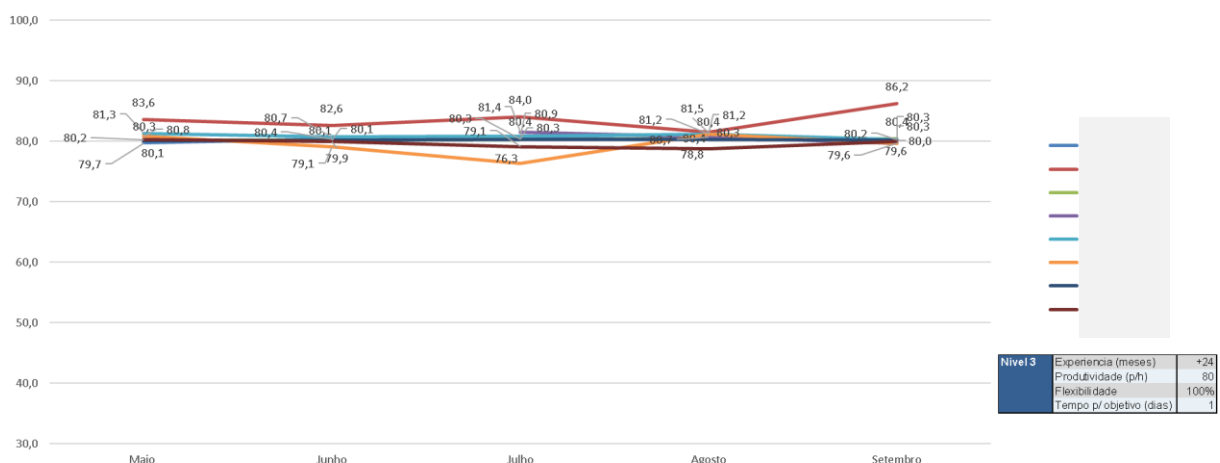


Figura 32 - Pontos por Hora Nível 3

Na Figura 32, podemos observar os pontos por hora por molde do nível 3, nível com os melhores operadores e mais experientes. Cada linha é referente a um operador e podemos perceber que os pontos variam muito pouco ao longo dos meses e rondam sempre os 80 pontos por hora por molde.

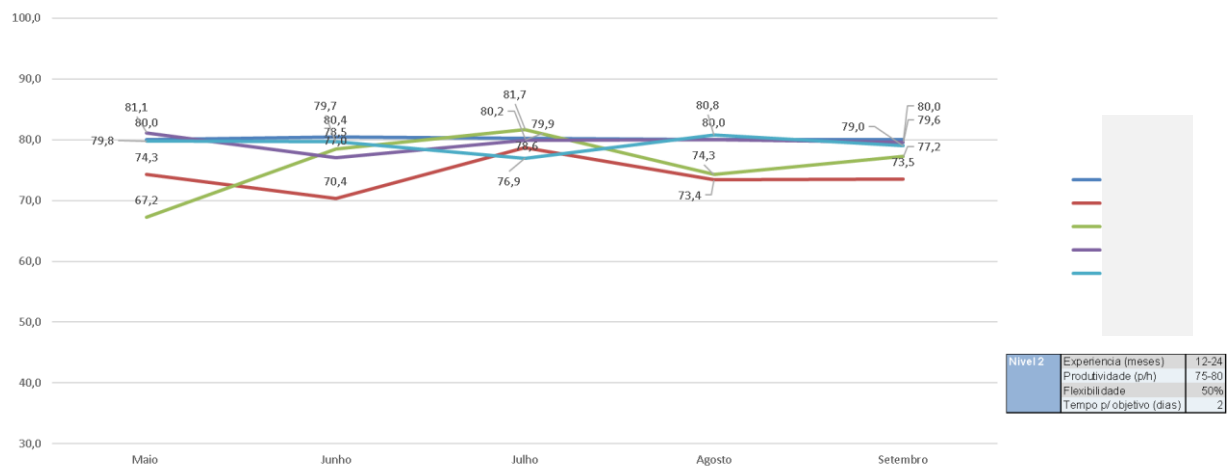


Figura 33 - Pontos por Hora Nível 2

Na Figura 33, estão representados os pontos dos operadores de nível 2. Apesar de alguns desvios grandes para o objetivo, os resultados tendem a subir ao longo dos meses e a aproximarem-se dos 80 pontos por hora por molde.

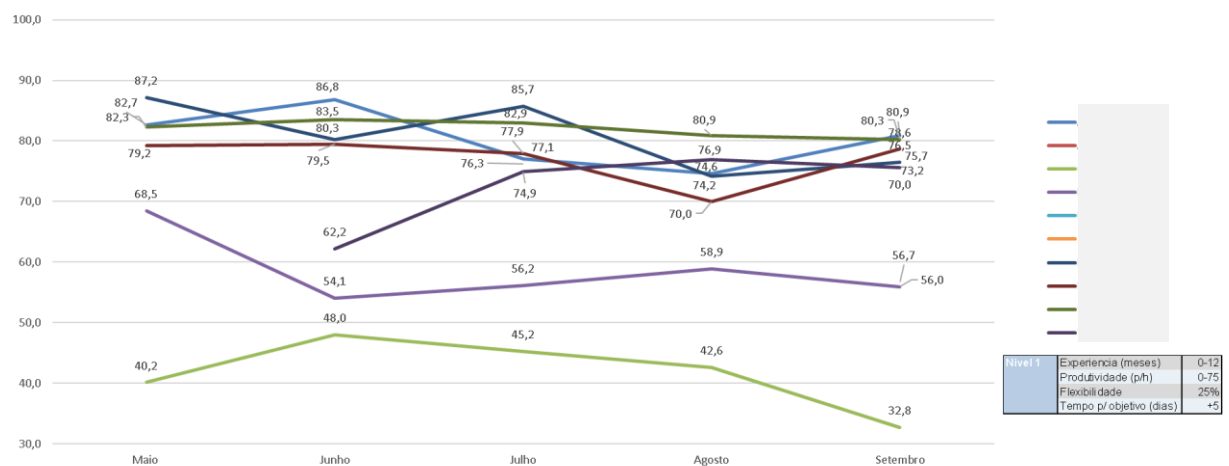


Figura 34 - Pontos por Hora Nível 1

Por último, na Figura 34, observamos que a maior causa para não atingirmos o objetivo são os operadores de nível 1. A maior parte destes operadores ainda são muito inexperientes e necessitam de muito mais tempo para atingir a produção.

A conclusão final desta análise é a urgência em produzir as instruções de trabalho, bem como a necessidade de haver mais formações aos operadores de nível 1. Com a margem de tempo que temos até ao final do ano, esta análise permite-nos agir atempadamente e na direção correta para atingir o objetivo. Assim, foi estipulado produzir todas as instruções de trabalho até ao final de Outubro e todos os operadores de nível 1, terão formação das referências mais críticas.

Tempo de troca de madres

Como o layout das madres ainda não está totalmente terminado (apenas foi feita a triagem), devido à grande dimensão do armazém, os valores da Figura 35 ainda não traduzem os benefícios finais desta iniciativa. No entanto, apenas a triagem das madres obsoletas permitiu um acesso muito mais facilitado a algumas madres, e por isso, já se conseguem ver alguns resultados. Desde a semana 28 já podemos observar uma descida no número de horas, nunca atingindo mais de 12 horas por semana. O aumento expressivo da semana 32 para a 33 e, igualmente, da semana 37 para a 38, deve-se naturalmente à variação de trocas de madres que existiram nessas semanas. Mesmo assim, a tendência é que o tempo de troca de madres seja menos que sete horas e, implementando o novo layout na totalidade, acreditamos que até ao final do ano o objetivo seja atingido de uma forma consistente.

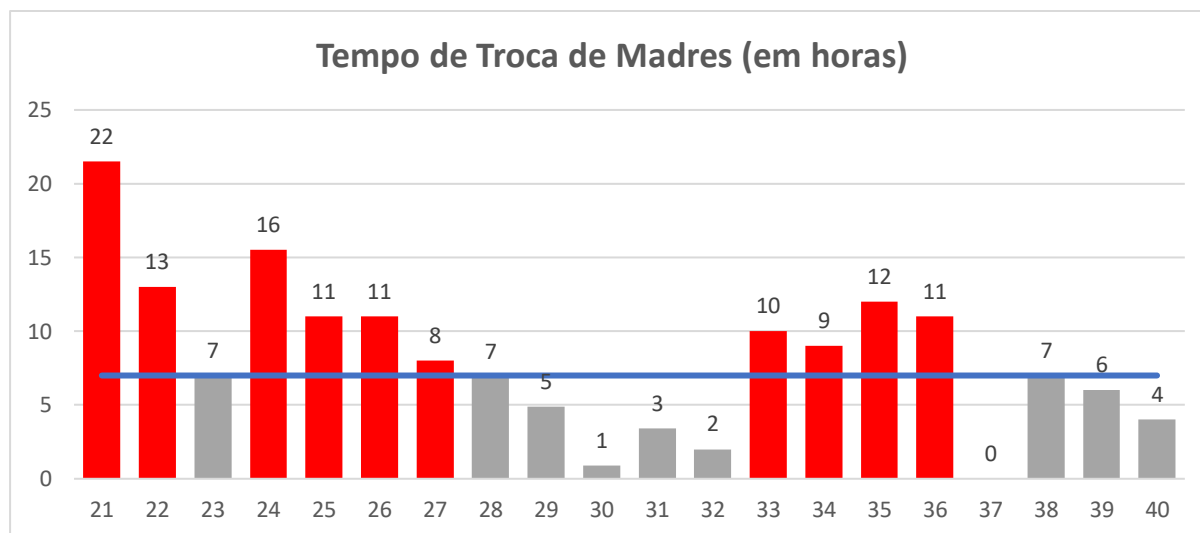


Figura 35 - Resultados do Tempo de Troca de Madres

Resumo dos Resultados

Na Tabela 3 podemos ver um resumo dos resultados obtidos até ao momento. Para todos os indicadores, exceto para o cumprimento do plano, foi definido como “valor atingido” a média dos valores, para cada indicador, desde que se iniciaram as iniciativas até ao final da semana 40. Como os valores oscilam bastante não seria correto representar o valor atingido com o valor da última semana. Para o cumprimento do plano, no entanto,

faz sentido definir o último valor como o atingido, pois os valores deste indicador oscilam pouco e verificam-se constantes nas últimas semanas.

Tabela 3 - Resultados Obtidos

	Valor de Referência (VR)	Objetivo	Valor atingido	Varição face ao VR	Varição face ao objetivo
<i>Tempo de reprocessamento olaria (horas)</i>	23,3	10	14,4	-61,8%	44,0%
<i>Cumprimento do plano (%)</i>	84	95	92	9,5%	4,3%
<i>Pontos por hora por molde (p/h)</i>	77,3	80	78,2	1,2%	2,3%
<i>Tempo de troca de madres (horas)</i>	14	7	6,7	47,9%	-4,3%

Com esta análise, podemos concluir que todos os indicadores tendem a evoluir de forma a atingirem os objetivos propostos até ao final do ano. Apesar dos objetivos ainda não terem sido atingidos (exceto no tempo de troca de madres), a variação face ao valor de referência mostra sempre um benefício. Ou seja, até ao momento, as iniciativas implementadas com base nas metodologias *lean*, refletem resultados positivos e benéficos para a Empresa X.

7. Conclusões Finais e Trabalho Futuro

Este projeto tinha como objetivo apresentar uma metodologia fundamentada teoricamente e cuja aplicação seja ilustrada no caso de estudo caracterizado. Nesse sentido, esta dissertação de mestrado está dividida numa parte mais teórica, onde todos os conceitos relevantes, metodologias e ferramentas são fundamentados, expostos e descritos, e que serve, posteriormente, de suporte à parte prática, onde essas ferramentas e metodologias são aplicadas num caso real. Para que o objetivo desta dissertação fosse atingido, procedeu-se de forma a que todo o desenvolvimento tivesse um fio condutor e um propósito comum.

Depois de definida a estrutura que garantia o fio condutor desta dissertação, foi feito o enquadramento da Empresa X e o KI. Foi também descrito o processo produtivo da fábrica e, com mais detalhe, o processo de produção dos moldes de gesso. Com uma caracterização e análise mais detalhada, foram expostos os principais problemas da secção de produção de moldes de gesso, mostrando as causas que originam esses problemas. Esta análise foi importante para deixar evidente os problemas desta secção, mas essencialmente para servir de base teórica para os números apresentados posteriormente, relativamente a estes problemas.

O capítulo da revisão tem um peso acrescido neste trabalho, visto que as soluções propostas são baseadas na análise teórica de cada uma destas ferramentas. Neste sentido, todas as ferramentas abordadas neste capítulo, iriam contribuir para o desenvolvimento deste trabalho. Além disso, também é exposto, neste capítulo, casos reais onde já foram aplicadas as ferramentas e metodologia, mostrando assim os possíveis benefícios de aplicação das mesmas e dando credibilidade à revisão teórica.

O capítulo seguinte, da avaliação preliminar, serve de conexão entre a parte teórica e prática. Isto é, quantifica os problemas que foram descritos no capítulo 2, mostrando com números a evidência dos mesmos. Este capítulo mostra-se importante, pois possibilita a comparação do estado inicial da secção dos moldes com o estado final (ou o estado depois de serem implementadas as iniciativas). Para tal, foram escolhidos os principais indicadores que melhor espelhavam o nível de eficiência da secção dos moldes: tempo de reprocessamento na Olaria, cumprimento do plano, pontos por hora por molde e o tempo de troca de madres. Apenas desta forma poderíamos avaliar se as ferramentas implementadas tiveram impacto na solução. No final desta análise preliminar à secção, são propostas as iniciativas que iriam se implementadas, tendo por base as ferramentas e metodologias fundamentadas no capítulo da revisão.

Seguindo o fio condutor desta dissertação, o capítulo 5 descreve de forma muito aprofundada o procedimento de implementação das cinco iniciativas apresentadas no capítulo anterior: bordos de linha normalizados, *mizusumashi* e *standard* de reposição, arrumação do armazém de madres, acompanhamento do horário de produção e recolha dos motivos para desvios e instruções de trabalho e termómetro para desmoldar. Além destas iniciativas, é feita uma pequena análise de sustentabilidade das mesmas. Este capítulo é o *core* desta dissertação, pois analisa a implementação de ferramentas e metodologias *lean* na prática, que é o grande objetivo deste estudo. Assim, para cada iniciativa foi descrito o passo-a-passo da implementação da mesma.

O último capítulo de análise visa expor os resultados e benefícios das soluções implementadas e descritas no capítulo anterior. Apesar dos objetivos terem sido definidos até ao final do ano de 2021, já houve a possibilidade de perceber e quantificar os benefícios parciais das iniciativas. Nomeadamente, a redução de cerca de 60% do tempo de reprocessamento na Olaria que, apesar de ainda estar a 40% face ao objetivo estabelecido até ao final do ano, já espelha os benefícios das ferramentas e metodologias implementadas; o aumento do cumprimento do plano que inicialmente estava a 84% e neste momento está em 92% (objetivo final é de 95%), mostrando que este indicador tem uma tendência para atingir ou até superar o objetivo definido; o aumento de 1,2% nos pontos por hora por molde, que é bastante significativo para o aumento da produtividade da secção e que tem um grande potencial de melhoria depois de analisada a causa raiz que impedia o crescimento mais exponencial deste indicador; e uma redução de quase 50% no tempo de troca de madres, superando o objetivo estipulado para o final do ano.

Como esta dissertação de mestrado termina antes de terminar o projeto do KI na Empresa X, existe ainda trabalho a ter em conta para garantir o desenvolvimento dos indicadores até ao final do ano 2021. Os pontos principais do trabalho futuro são, em primeiro lugar, o terminar das iniciativas que, todavia, não foram implementadas na totalidade, pois já ficou claro que estas trazem benefícios à secção de moldes. Em segundo lugar, o estudo da implementação das instruções de trabalho e BOMs em computadores que cada posto irá ter. Como já analisado anteriormente, as instruções de trabalho têm uma relevância muito grande na eficiência da secção, pelo que ter as mesmas diretamente acessíveis ao operador em cada posto, poderá trazer grandes benefícios na produção. Por último, a implementação de um quadro de produção na secção, onde a monitora da secção pode ver o que cada operador está a produzir e se este está atrasado. Esta iniciativa permite controlar melhor o ritmo de trabalho de cada operador e garantir que estes cumprem o plano de produção.

Referências

- Abdullah, F. (2003) 'Lean Manufacturing Tools and Techniques in the Process Industry', *University of Pittsburgh*, 2(March), p. 245.
- Buesa, R. J. (2009) 'Adapting lean to histology laboratories', *Annals of Diagnostic Pathology*, 13(5), pp. 322–333. doi: 10.1016/j.anndiagpath.2009.06.005.
- Chen, J. C., Li, Y. and Shady, B. D. (2010) 'From value stream mapping toward a lean/sigma continuous improvement process: An industrial case study', *International Journal of Production Research*, 48(4), pp. 1069–1086. doi: 10.1080/00207540802484911.
- Choi, T. Y. and Liker, J. K. (1995) 'Bringing Japanese Continuous Improvement Approaches to U.S. Manufacturing: The Roles of Process Orientation and Communications', *Decision Sciences*, 26(5), pp. 589–620. doi: 10.1111/j.1540-5915.1995.tb01442.x.
- Corinne Johnson (2016) 'The Benefits of PDCA', *Quality Progress*, p. 45.
- Cortes, M. (2021) 'Desenvolvimento de uma Nova Linha de Montagem , com Aplicação da Metodologia Lean Manuel Maria de Albuquerque d ' Orey Cortes Dissertação para obtenção do Grau de mestre em Engenharia e Gestão Industrial Júri Vogal : Prof . João Carlos da Cruz Lourenço'.
- Gapp, R., Fisher, R. and Kobayashi, K. (2008) 'Implementing 5S within a Japanese context: An integrated management system', *Management Decision*, 46(4), pp. 565–579. doi: 10.1108/00251740810865067.
- Gomes, F. S. (2016) 'indústria metalomecânica através da aplicação de metodologias e ferramentas Lean Engenharia e Gestão Industrial'.
- Ichikawa, H. (2009) 'Simulating an applied model to optimize cell production and parts supply (Mizusumashi) for laptop assembly', *Proceedings - Winter Simulation Conference*, pp. 2272–2280. doi: 10.1109/WSC.2009.5429193.
- Jaca, C. *et al.* (2014) 'Do companies with greater deployment of participation systems use Visual Management more extensively? An exploratory study', *International Journal of Production Research*, 52(6), pp. 1755–1770. doi: 10.1080/00207543.2013.848482.
- Johansson, P. E. C. *et al.* (2013) 'Current state of standardized work in automotive industry in Sweden', *Procedia CIRP*, 7, pp. 151–156. doi: 10.1016/j.procir.2013.05.026.
- Kaizen Institute Portugal* (2021). Available at: <https://pt.kaizen.com/> (Accessed: 7 June 2021).
- Lacerda, A. P., Xambre, A. R. and Alvelos, H. M. (2016) 'Applying Value Stream Mapping to eliminate waste: A case study of an original equipment manufacturer for the automotive industry', *International Journal of Production Research*, 54(6), pp. 1708–1720. doi: 10.1080/00207543.2015.1055349.
- Machado, C. (2019) '2019'.

- Machado, V. C. and Leitner, U. (2010) 'Lean tools and lean transformation process in health care', *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 5(5), pp. 383–392. doi: 10.1080/17509653.2010.10671129.
- Madeira, D. (2019) 'Aplicação da Abordagem Kaizen à Produção de Frascos de Cristal Engenharia e Gestão Industrial'.
- Martínez-Jurado, P. J. and Moyano-Fuentes, J. (2014) 'Key determinants of lean production adoption: Evidence from the aerospace sector', *Production Planning and Control*, 25(4), pp. 332–345. doi: 10.1080/09537287.2012.692170.
- Maskell, B. (2016) 'and Acquisitions', pp. 11–15. doi: 10.1002/jcaf.
- Ml'kva, M. et al. (2016) 'Standardization-one of the tools of continuous improvement', *Procedia Engineering*, 149(June), pp. 329–332. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.674.
- Moen, R. and Norman, C. (2009) 'Evolution of the PDCA Cycle', *Society*, pp. 1–11.
- Parry, G. C. and Turner, C. E. (2006) 'Application of lean visual process management tools', *Production Planning and Control*, 17(1), pp. 77–86. doi: 10.1080/09537280500414991.
- Pereira, A. et al. (2016) 'Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study', *Procedia CIRP*, 52, pp. 239–244. doi: 10.1016/j.procir.2016.07.019.
- Radnor, Z. (2010) 'Transferring lean into government', *Journal of Manufacturing Technology Management*, 21(3), pp. 411–428. doi: 10.1108/17410381011024368.
- Ren, M. M. et al. (2017) 'The application of PDCA cycle management in project management', *2015 International Conference on Computer Science and Applications, CSA 2015*, pp. 268–272. doi: 10.1109/CSA.2015.84.
- Saif, U. et al. (2014) 'A survey on assembly lines and its types', *Frontiers of Mechanical Engineering*, 9(2), pp. 95–105. doi: 10.1007/s11465-014-0302-1.
- Salgado Dias, F. (2015) 'Melhoria de Funcionamento de Armazéns numa Empresa da Indústria Farmacêutica Através da Aplicação de Metodologias Kaizen Lean'.
- Sanders, A., Elangeswaran, C. and Wulfsberg, J. (2016) 'Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing', *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(3), pp. 811–833. doi: 10.3926/jiem.1940.
- Singh, A. et al. (2013) 'Use of Information System and lean manufacturing to reduce the waste in the process industry', *International Journal of Electronics and Computer Science Engineering*, 2, pp. 778–786. Available at: <http://www.estdl.org/wp-content/uploads/2013/05/Volume-2Number-2PP-778-786x.pdf>.
- Sundar, R., Balaji, A. N. and Satheesh Kumar, R. M. (2014) 'A review on lean manufacturing implementation techniques', *Procedia Engineering*, 97, pp. 1875–1885. doi: 10.1016/j.proeng.2014.12.341.

Teichgräber, U. K. and De Bucourt, M. (2012) 'Applying value stream mapping techniques to eliminate non-value-added waste for the procurement of endovascular stents', *European Journal of Radiology*, 81(1), pp. e47–e52. doi: 10.1016/j.ejrad.2010.12.045.

Tezel, B., Koskela, L. and Tzortzopoulos, P. (2009) 'Visual management – A general overview', *Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V) "Collaboration*, p. 8. Available at: <http://usir.salford.ac.uk/10887/>.

Tezel, R. (2016) '기사 (Article) 와 안내문 (Information) ['', *The Eletronic Library*, 34(1), pp. 1–5.