



## Melhoria dos Processos de Logística Interna de uma Indústria

LUCIANA INÉS ROCHA DA SILVA

outubro de 2024

# **Melhoria dos Processos de Logística Interna de uma Indústria**

**Luciana Inês Rocha da Silva 1190814**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia Mecânica, Área de Especialização em  
Gestão Industrial**

**Orientador: Eduardo Martins**

**Júri:**

Presidente:

Professor Doutor Hernâni Lopes, Professor Coordenador, ISEP

Vogais:

Professora Doutora Maria Beatriz Brito Oliveira, Professora Auxiliar, FEUP

Especialista Eduardo Martins, Professor Adjunto, ISEP

Porto, setembro 2024



# Agradecimentos

À Hydro Extrusion Avintes, em especial ao Eng<sup>o</sup> João Nina, pela oportunidade, paciência e confiança. A todos agradeço o cuidado, a colaboração e a coragem para enfrentar desafios. Permitiram-me aprender e crescer a nível pessoal e profissional.

Ao Eng<sup>o</sup> Eduardo Martins pela disponibilidade e orientação deste trabalho.

À minha família, pelo apoio incondicional, a educação e o amor. Obrigada por acreditarem sempre em mim e me acompanharem em todos os momentos da minha vida.

Aos meus amigos que estiveram presentes. A amizade e o companheirismo tornaram esta jornada mais leve e agradável.

A todos, o meu sincero obrigada.



# Resumo

O presente projeto, realizado na Hydro Aluminium Extrusion Portugal, que produz e comercializa perfis de alumínio extrudido, tinha como principais objetivos: eliminar as interrupções de produção na extrusão por falta de abastecimento; aumentar a produtividade dos operadores logísticos; melhorar o fluxo logístico; reduzir desperdícios. Usou-se uma metodologia de investigação com a estratégia *Action Research*, uma vez que se trata de uma investigação que pretende responder a problemas reais numa empresa, fazendo o seu diagnóstico e solucionando-os.

Assim sendo, propuseram-se ações de melhoria, tais como: planear os abastecimentos de matéria-prima e recolha de desperdícios, ou seja, criar planeamento logístico, criar um sistema de comunicação logístico e reorganizar os locais de armazenamento. Todas as propostas tiveram em conta o modelo de gestão para a logística *Total Flow Management* (TFM). Utilizaram-se vários métodos como, por exemplo, o *Value Stream Mapping* (VSM).

Este trabalho mostrou que é possível garantir um fluxo logístico eficiente e, por outro lado, demonstrar, de uma forma prática, as vantagens da aplicação de um correto planeamento e o seu impacto na resposta às necessidades das diferentes áreas produtivas da cadeia de abastecimento.

**Palavras-chave:** Logística Interna, *Value Stream Mapping*, *Total Flow Management*



# Abstract

This project, carried out at Hydro Aluminium Extrusion Portugal, which produces and sells extruded aluminum profiles, had the following main objectives: eliminate production interruptions in extrusion due to lack of supply; increase the productivity of logistics operators; improve logistics flow; reduce waste. A research methodology using the Action Research strategy was used, since it is an investigation that aims to respond to real problems in a company, diagnosing and solving them.

Therefore, improvement actions were proposed, such as: planning raw material supplies and waste collection, creating logistics planning, creating a logistics communication system and reorganizing storage locations. All the proposals considered the Total Flow Management (TFM) management model for logistics. Various methods were used, for instance Value Stream Mapping (VSM).

This work has shown that it is possible to guarantee an efficient logistics flow and, on the other hand, to demonstrate, in a practical way, the advantages of applying correct planning and its impact on meeting the needs of the different production areas in the supply chain.

**KEYWORDS:** Internal Logistics, Value Stream Mapping, Total Flow Management



# Índice

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vii
Índice.....	ix
Lista de Figuras.....	xii
Lista de Tabelas.....	xv
Acrónimos e Símbolos.....	xvii
1. Introdução.....	1
1.1. Contextualização .....	1
1.2. Objetivos .....	1
1.3. Metodologia .....	2
1.4. Estrutura.....	3
2. Revisão Bibliográfica .....	5
2.1. Revisão de Artigos.....	5
2.2. Sistema de Produção Toyota.....	8
2.3. Lean .....	9
2.3.1. Gestão da cadeia de abastecimento.....	10
2.3.2. Ferramentas <i>Lean</i> .....	10
2.3.3. Princípios <i>Lean</i> .....	12
2.4. Fluxo de Materiais.....	13
2.4.1. <i>Value Stream Mapping</i> .....	15
2.4.2. Nivelamento da Produção .....	15
2.5. Fluxo de Logística Interna.....	16
2.5.1. <i>Mizusumashi</i> .....	17
2.5.2. <i>Kanban</i> .....	18
3. Apresentação da Empresa .....	21
3.1. Norsk Hydro.....	21
3.2. Hydro Aluminium Extrusion Portugal.....	23
4. Caso Prático .....	25
4.1. Caracterização do processo produtivo.....	25
4.1.1. Processo produtivo .....	25
4.1.2. Indicadores de desempenho do processo produtivo .....	26
4.2. Caracterização do processo logístico .....	27

4.2.1. Materiais movimentados .....	28
4.2.2. Layout da fábrica.....	31
4.2.3. Fluxo de material e de informação .....	33
4.3. Propostas de melhoria .....	38
5. Resultados e Discussão .....	47
5.1. Apresentação de resultados.....	47
5.2. Discussão de resultados .....	55
6. Conclusão .....	57
6.1. Conclusões finais .....	57
6.2. Limitações e trabalhos futuros.....	57
Referências.....	59
Declaração de Integridade .....	62
Glossário.....	64



# Lista de Figuras

Figura 1 – Etapas da metodologia Action Research.....	2
Figura 2 – Temas teóricos abordados. ....	5
Figura 3 – TPS-House (Liker & Morgan, 2006). ....	8
Figura 4 – Fluxo de material e informação num pull-system (Bonney et al., 1999). ....	13
Figura 5 – Sistema Total Flow Management (Coimbra, 2013).....	14
Figura 6 – Rota de um operador Mizusumashi (Nomura & Takakuwa, 2006).....	17
Figura 7 – Sistema Kanban (Leonardo et al., 2017). ....	18
Figura 8 – Cadeia de valor do alumínio (HYDRO, 2024c). ....	21
Figura 9 – Unidades de Negócio da Norsk Hydro. ....	22
Figura 10 – Unidade industrial da Hydro em Avintes, situada na Hydro Extrusion Europe South (HYDRO, 2024b). ....	23
Figura 11 – Produtividade, em Kg/h, na extrusão no mês de fevereiro. ....	26
Figura 12 – Percentagem de sucata gerada durante o processo de extrusão no mês de fevereiro. ....	26
Figura 13 – Consumo de bilete, em Kg, na extrusão no mês de fevereiro. ....	27
Figura 14 – Resultados de produção, em Kg, na fundição no mês de fevereiro.....	27
Figura 15 – Consumo de Alumínio Puro, em %, na fundição no mês de fevereiro.....	27
Figura 16 – Processo logístico. ....	28
Figura 17 – Layout da fábrica. ....	33
Figura 18 – Primeira parte do fluxo de materiais representada no VSM. ....	34
Figura 19 – Segunda parte do fluxo de materiais representada no VSM. ....	34
Figura 20 – Parte final do fluxo de materiais representada no VSM. ....	35
Figura 21 – Primeira parte do fluxo de informação representada no VSM.....	35
Figura 22 – Segunda parte do fluxo de informação representada no VSM.....	36
Figura 23 – Value Stream Map da situação inicial. ....	37
Figura 24 – Diagrama de esparguete realizado durante a tarefa de recolha de produto acabado da refusão. ....	42
Figura 25 – Exemplo de talão de pesagem. ....	42
Figura 26 – Número de viagens realizadas durante o mês de fevereiro para recolher sucata gerada no processo de extrusão.....	43
Figura 27 – Número de viagens realizadas durante o mês de fevereiro para recolher sucata gerada nos subprocessos de fabricação e rotura térmica. ....	43
Figura 28 – Número de viagens realizadas durante o mês de fevereiro para recolher sucata gerada no subprocesso de embalagem. ....	44
Figura 29 – Organograma do departamento logístico.....	48
Figura 30 – Zona de armazenamento para consumo interno, organizada por ligas. ....	49
Figura 31 – Zona de armazenagem intermédia inutilizada.....	49
Figura 32 – Antes e depois do VSM, com eliminação da zona de armazenagem intermédia ...	50
Figura 33 – Value Stream Map da situação final.....	51

Figura 34 – Diagrama de esparguete atual, realizado durante a tarefa de recolha de produto acabado da refusão.....	52
--	----



# Lista de Tabelas

Tabela 1 – Revisão de literatura.....	6
Tabela 2 – Produtos e matérias-primas do processo produtivo.....	29
Tabela 3 – Desperdícios originados no processo de extrusão. ....	30
Tabela 4 – Intervenientes no processo logístico e as suas funções.....	38
Tabela 5 – Estudo de tempos das atividades dos operadores logísticos. ....	39
Tabela 6 – Taxa de ocupação dos operadores logísticos para duas das suas funções no mês de fevereiro.....	40
Tabela 7 – Taxa de ocupa do operador logístico 1 para uma das suas funções no mês de fevereiro.....	41
Tabela 8 – Tempo gasto em viagens para levar sucata, no mês de fevereiro .....	44
Tabela 9 – Frequência de viagens feitas para abastecimento e recolha de desperdícios na extrusão, durante o mês de fevereiro. ....	53
Tabela 10 – Horários planeados para a realização de algumas tarefas logísticas. ....	54
Tabela 11 – Quantidade de produção desperdiçada, no mês de fevereiro, por realização de tarefas logísticas. ....	55



# Acrónimos e Símbolos

## Lista de Acrónimos

CLC	Centro Logístico de Clientes
NVA	Sem valor acrescentado
TFM	<i>Total Flow Management</i>
VA	Valor acrescentado
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>



# 1. Introdução

Este capítulo tem como propósito enquadrar o presente projeto. Primeiramente será feita a contextualização e motivação do projeto. Em seguida, são apresentados os objetivos e a metodologia adotada para a sua execução. No final, é apresentada a estrutura do documento.

## 1.1. Contextualização

A Hydro Aluminium Extrusion Portugal pretende priorizar a centralização das operações logísticas e otimizar as rotas de abastecimento de matérias-primas. O trabalho enquadra as insuficiências da organização, principalmente na eliminação dos desperdícios que existem no fluxo interno de materiais, nomeadamente nos abastecimentos à produção.

A empresa está inserida num mercado competitivo e exigente, onde os domínios da logística interna vão muito para além das soluções técnicas para a criação de fluxo de material. A unidade industrial da Hydro em Avintes propõe este tema para o projeto devido à necessidade de definir as operações futuras da logística interna: eliminar o excesso de movimentações feitas pelos operadores logísticos, algumas delas em vazio e diminuir as interrupções na produção por falta de resposta dos operadores logísticos.

O projeto implicou um contacto direto com os colaboradores da logística interna, uma análise da organização e do planeamento logístico e sugestões de melhorias a ter em conta.

## 1.2. Objetivos

Os objetivos do projeto de melhoria da logística interna são: (i) eliminar as interrupções da produção por falta de abastecimento de matéria-prima e, em consequência, cumprir com as quantidades de produção planeadas; (ii) minimizar o número de movimentações em vazio dos operadores de logística interna, aumentando a sua produtividade.

As questões de investigação serão:

- Que tipos de organização da logística interna existem.
- Como se faz o planeamento dos abastecimentos à produção e recolha de desperdício gerado durante o processo.
- Como pode a logística interna de uma empresa influenciar a capacidade de produção e o fluxo de materiais.

### 1.3. Metodologia

Para a realização do trabalho de pesquisa selecionou-se uma metodologia de investigação que permite criar um fio condutor coerente ao longo do estudo realizado. O projeto foi realizado tendo em conta a estratégia *Action Research*, uma vez que se trata de uma investigação que pretende responder a problemas reais numa empresa, fazendo o seu diagnóstico e solucionando-os.

Esta metodologia é uma variação da redação de um caso de estudo (Bhat et al., 2021). No entanto, uma vez que os dados foram recolhidos utilizando um formato “participante-observador”, a fiabilidade e a validade de construção são muito mais fortes do que as encontradas num estudo de caso típico - que se baseia principalmente na observação, em vez de participação (Hales et al., 2006).

De acordo com Soares et al. (2017), as fases adotadas na *Action Research* incluem:

- Diagnóstico - focado na descrição e compreensão do problema.
- Planeamento - para identificar alternativas de como resolver o problema e, eventualmente, apontar a melhor alternativa.
- Agir - onde a ação planeada é implementada.
- Reflexão - os resultados da ação são recolhidos e estudados.

Como a metodologia sugere, o projeto foi dividido em diferentes etapas e foram criados objetivos intermédios para garantir que não há desvios em relação ao que foi planeado. Desta forma garante-se que o trabalho é consistente do início ao fim. A Figura 1 mostra como o projeto foi estruturado, seguindo as quatro fases da metodologia assinalada.

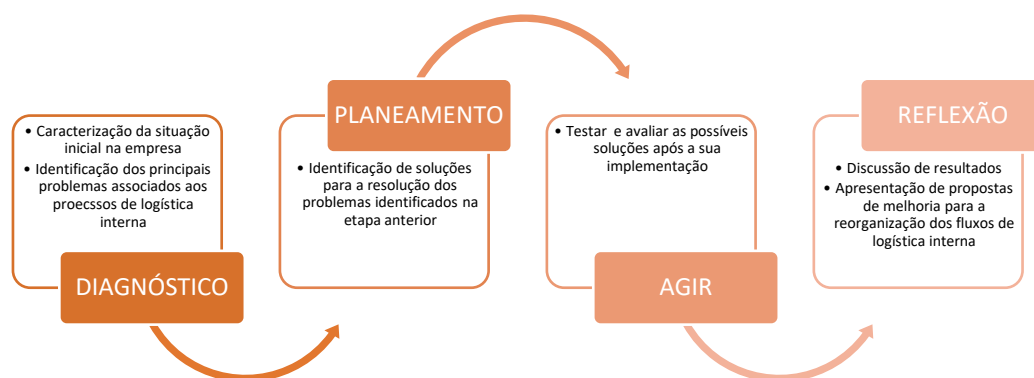


Figura 1 – Etapas da metodologia Action Research.

## **1.4. Estrutura**

O trabalho foi segmentado em seis capítulos, cada um deles com os seus subcapítulos.

No primeiro capítulo faz-se um breve enquadramento do projeto e dos principais tópicos que conduziram à análise desenvolvida e os seus objetivos. Além disto, é neste capítulo que se revela a estrutura do documento.

No segundo capítulo são revistos os conceitos teóricos, métodos e ferramentas que sustentam o relatório. Além disso, expõe alguns trabalhos onde são abordados temas teóricos que motivaram à realização do projeto.

O terceiro capítulo apresenta a empresa onde se realizou a parte prática do trabalho. Primeiramente, numa perspetiva geral, é apresentado o grupo Norsk Hydro e, posteriormente, a unidade industrial de Avintes, a Hydro Aluminium Extrusion Portugal.

No quarto capítulo é descrita a situação inicial da fábrica onde foi realizado o estágio e as oportunidades de melhoria encontradas.

No quinto capítulo discute-se os resultados e analisam-se os ganhos.

O último capítulo diz respeito às conclusões finais, limitações e orientações para o trabalho futuro.

## Introdução

## 2. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo serão expostos os conceitos que suportam o trabalho prático desenvolvido e apresentado posteriormente.

A Figura 2 mostra os temas teóricos abordados para o estudo e compreensão do desafio prático encontrado na unidade industrial.

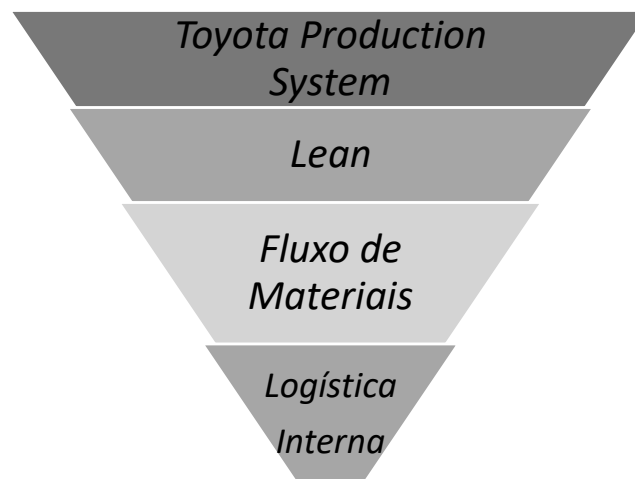


Figura 2 – Temas teóricos abordados.

No que diz respeito à gestão do fluxo de materiais, são explorados em particular os conceitos de *Value Stream Mapping* e de nivelamento da produção. Por último, um capítulo sobre os fluxos logísticos internos aborda temas como *Mizusumashi* e o *Kanban*.

### 2.1. Revisão de Artigos

Para melhor compreender a aplicabilidade e relevância dos conceitos que serão apresentados, foi analisado um conjunto alargado de artigos e livros, que mostram diferentes metodologias utilizadas em diversos contextos. A Tabela 1 mostra os ganhos obtidos por algumas empresas, os problemas com que se defrontavam e as ferramentas utilizadas para alcançar esses resultados. Estas são algumas das abordagens que motivaram este trabalho.

Tabela 1 – Revisão de literatura.

Referência Bibliográfica	Descrição do trabalho
<p><b><i>Value stream mapping demonstration on real case study</i></b> (Rohac &amp; Januska, 2015)</p>	<p>O estudo demonstra a aplicação prática do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM) numa empresa. A ferramenta foi utilizada para identificar desperdícios no fluxo de materiais, problemas de <i>stock</i> e estudar possíveis melhorias. Os principais indicadores analisados foram divididos em três grupos: custo, logística e qualidade. Após a aplicação do VSM, vários problemas e gargalos nos processos logísticos foram identificados, bem como a oportunidade de se realizarem cinco melhorias.</p>
<p><b><i>Just-in-Time Manufacturing System - From Introduction to Implement</i></b> (Kootanaee et al., 2013)</p>	<p>O artigo aborda em profundidade a implementação do sistema de produção JIT (<i>Just-In-Time</i>). O primeiro objetivo do documento é familiarizar o leitor com o conceito geral do JIT e, posteriormente, os fatores necessários para sua implementação. Os conceitos apresentados representam os princípios e métodos ideais de implementação.</p>
<p><b><i>Are push and pull systems really so different?</i></b> (Bonney et al., 1999)</p>	<p>Após definir os sistemas "<i>push</i>" e "<i>pull</i>", o artigo examina, por meio de simulações, o efeito que os fluxos de informações e de materiais "<i>push</i>" e "<i>pull</i>" têm no desempenho do sistema empresarial em estudo, sob diversas condições. A questão investigada neste estudo é: "como é que o desempenho do sistema é afetado pelo fluxo de informação?".</p>
<p><b><i>Production Management Techniques: Push-Pull Classification and Application Conditions</i></b> (De Toni et al., 1987)</p>	<p>Este texto aborda as técnicas de gestão da produção desenvolvidas no Japão nos anos setenta, especialmente a filosofia <i>Just-In-Time</i> e seu impacto nos sistemas de planeamento de recursos de produção (MRP). O objetivo principal do artigo é estabelecer um esquema de classificação para as diferentes técnicas de gestão dentro dos subsistemas de planeamento e controlo da produção, identificando a lógica subjacente a cada técnica. Além disso, destaca também as condições que influenciam a aplicação de uma técnica num determinado subsistema de gestão.</p>
<p><b><i>Importance of visual management in metal and automotive branch and its influence in building a competitive advantage</i></b> (Knop, 2020)</p>	<p>O objetivo do estudo é avaliar a importância da gestão visual no processo de produção. A gestão visual contribui para a deteção de problemas e na construção de uma vantagem competitiva interna nos dois ramos estratégicos estudados no artigo: metalúrgico e automóvel. As análises revelaram uma maior importância da gestão visual no sector metalúrgico do que no sector automóvel. Os resultados enfatizam o contexto específico da importância da gestão visual nos ramos analisados.</p>

<p><b><i>The Functions of Visual Management</i></b> (Tezel et al., 2009)</p>	<p>O artigo examina como a gestão visual pode apoiar ou dificultar os diferentes esforços de gestão numa organização e como pode ser compreendida. O artigo estuda a possibilidade de uma classificação e identificação pormenorizadas de várias funções da gestão visual, que poderão ser úteis. Foi efetuada uma revisão detalhada da literatura e uma análise dos resultados obtidos no exemplo do setor da construção. Foram identificadas oportunidades de investigação para fazer melhor utilização da Gestão Visual.</p>
<p><b><i>Optimization of a number of containers for assembly lines: The fixed-course pick-up system</i></b> (Nomura &amp; Takakuwa, 2006)</p>	<p>O estudo propõe uma metodologia heurística, aplicado num sistema de fabrico real, que utiliza a simulação para determinar o número ótimo de contentores de peças utilizados nas linhas de montagem. Este procedimento parte da deslocação repetida de um transportador entre uma zona de armazenamento e as linhas de montagem, que é por isso chamado "<i>Mizusumashi</i>". São descritas as características desta ferramenta típica da filosofia <i>Just-in-time</i> e é apresentada uma equação que permite obter o número esperado do tamanho do contentor de peças.</p>
<p><b><i>Milkrun vehicle routing approach for shop-floor logistics</i></b> (Gyulai et al., 2013)</p>	<p>O texto aborda a aplicação de sistemas de transporte em ambientes de produção em grande escala, destacando a necessidade de abordagens eficazes para superar desafios logísticos. Apresenta uma visão geral de modelos e algoritmos eficientes para o problema de encaminhamento de veículos (VRP), introduz uma nova abordagem com inicialização de soluções e método de pesquisa local. O software implementado demonstra as capacidades da solução, focando em requisitos industriais como resposta rápida na definição de esquemas e tratamento de encomendas.</p>
<p><b><i>Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation</i></b> (Rahman et al., 2013)</p>	<p>O sistema <i>Kanban</i> não é amplamente implementado por empresas na Malásia. Portanto, os objetivos deste caso de estudo são: determinar como o sistema <i>Kanban</i> funciona numa organização multinacional e identificar fatores que impedem as pequenas/médias empresas da Malásia de implementar o <i>Kanban</i>.</p>

## 2.2. Sistema de Produção Toyota

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão encontrava-se em desvantagem económica em relação aos países europeus e norte-americanos em termos de custos das matérias-primas. Para superar esta desvantagem, a Toyota reconheceu que seria necessário produzir bens de melhor qualidade e de maior valor acrescentado, a um custo de produção mais baixo do que os outros países (Sugimori et al., 1977).

Com a necessidade de encontrar soluções para garantir a sustentabilidade económica da empresa, surge o Sistema de Produção Toyota. O indivíduo que deu o impulso para o desenvolvimento deste sistema capaz de produzir grande variedade em pequenos volumes, foi Taiichi Ohno (Holweg, 2007). Surge então um novo modelo de produção que procura eliminar o desperdício, assumindo que qualquer coisa diferente das quantidades mínimas essenciais à produção é um excedente que só aumenta o custo (Sugimori et al., 1977).

O sistema de produção da Toyota pode ser representado por uma casa, com fundações, dois pilares e um telhado, tal como é apresentado na Figura 3. Na casa, são combinadas ferramentas e metodologias para identificar e eliminar os desperdícios da produção e para promover a melhoria contínua dos processos e operações. Segundo Liker & Morgan (2006), a representação surge desta forma, pois tal como uma casa comum, com uma base fraca ou um pilar fraco, a estrutura não é estável, mesmo que outras partes sejam muito fortes, logo é necessário que as partes trabalhem juntas para criar a casa por inteiro.



Figura 3 – TPS-House (Liker & Morgan, 2006).

Na base da casa *TPS* estão presentes a produção nivelada (*Heijunka*) e os processos *standard*, ambos necessários à estabilidade dos processos. Os dois pilares necessários para suportar a estrutura são o *Jidoka* e o *Just-in-Time*.

Segundo Taiichi Ohno (como citado em Fritze, 2016), o objetivo do *Just-in-Time* é que os materiais/peças certos estejam disponíveis na quantidade necessária, no momento certo, ao contrário da produção em massa, que produzia o mais possível. *Jidoka* é um conceito um pouco mais complexo. Representa uma máquina com inteligência humana, isto é, uma máquina capaz de parar quando detecta alguma anomalia.

No interior da casa, encontram-se representadas as pessoas, a melhoria contínua (*Kaizen*) e a redução de desperdícios. Por fim, no telhado da casa, está esquematizado o resultado que se espera no final, mais concretamente, um produto ou serviço de elevada qualidade, com o menor custo e que corresponda às necessidades do cliente.

### 2.3. Lean

Segundo Sundar et al. (2014), *Lean Manufacturing* é uma abordagem que maximiza o valor do produto através da minimização de desperdícios. Estes desperdícios, também conhecidos como *Mudas*, são todas as atividades que não acrescentam valor, ou seja, atividades que têm impacto no desempenho industrial e reduzem a sua produção.

Hines & Rich (1997) afirmam existir sete desperdícios industriais que podem ser eliminados:

- Excesso de produção: A fabricação de produtos com demasiada antecedência ou em excesso é considerada o desperdício mais grave, uma vez que desperdiça dinheiro, tempo e espaço (Sundar et al., 2014). Este desperdício desencoraja a fluidez do transporte de materiais/serviços e é suscetível de inibir a qualidade e a produtividade (Hines & Rich, 1997).
- Tempos de espera: Este desperdício surge quando o tempo está a ser utilizado de forma ineficaz, ou seja, um processo espera para começar enquanto outro está a ser acabado. O estado ideal deve ser um fluxo sem tempo de espera, rápido e contínuo (Sundar et al., 2014).
- Transporte de material: O material deve ser entregue no seu ponto de utilização (Anoop et al., 2020).
- Excesso de processamento: ocorre em situações em que soluções excessivamente complexas são encontradas para procedimentos simples. O VSM é frequentemente utilizado para ajudar a identificar etapas sem valor agregado no processo (Anoop et al., 2020).
- Excesso de Stock: Inventários desnecessários tendem a aumentar o tempo de entrega, impedindo a rapidez de identificação de problemas e aumento do espaço ocupado. Além disso, inventários desnecessários criam custos de armazenamento significativos (Hines & Rich, 1997).
- Movimentações: Movimentos de matérias-primas e materiais desnecessários envolvem a ergonomia da produção.

- Defeitos: Defeitos de produção desperdiçam recursos de quatro maneiras, sendo três delas os materiais que são consumidos, a mão-de-obra que desenvolveu o produto e foi desaproveitada e a que é necessária para refazer o produto (Anoop et al., 2020). Este desperdício envolve custos diretos. Os defeitos devem ser considerados como oportunidades para melhorar (Hines & Rich, 1997).

Considerando as metodologias de planeamento da logística *Lean*, a redução global dos desperdícios tornou-se uma das principais políticas. Das sete categorias de resíduos, a eliminação desnecessária de transportes, tempos de espera e movimentos supérfluos são os mais relevantes na logística otimizada (Gyulai et al., 2013).

### **2.3.1. Gestão da cadeia de abastecimento**

A logística é essencialmente um quadro de orientação e planeamento que visa criar um plano único para o fluxo de produtos e informações. A gestão da cadeia de abastecimento baseia-se neste quadro e procura alcançar a ligação e a coordenação entre todos processos de uma indústria (Christopher, 2011).

O raciocínio adotado por Christopher (2011) no seu livro "*Logistics & Supply Chain Management*" para fazer funcionar a cadeia de abastecimento consiste em assegurar a gestão das relações a montante e a jusante com os fornecedores e os clientes, respetivamente, a fim de proporcionar um valor superior ao cliente a um custo inferior para a empresa.

O paradigma do abastecimento da produção está alinhado com os princípios do pensamento *Lean*. Com base nisto, esta gestão pode ser alcançada através da adoção de várias ferramentas e técnicas de gestão como o *Just-in-Time*, o mapeamento do fluxo de valor, 5S e *Kanban* (Sharma et al., 2022).

### **2.3.2. Ferramentas *Lean***

A introdução do pensamento *Lean* em ambientes de fabrico assenta na identificação e eliminação de desperdícios. Este aspeto deve ser bem compreendido, permitindo assim que se apliquem eficazmente as várias ferramentas e técnicas *Lean* (Hicks, 2007). Estas podem ser úteis na avaliação, gestão e reestruturação dos processos organizacionais (Anoop et al., 2020). Neste subcapítulo serão abordadas as técnicas que melhor se adequam à resolução das questões de investigação.

#### **2.3.2.1. 5S**

Os 5S são uma abordagem para organizar, ordenar, limpar, normalizar e melhorar continuamente uma área de trabalho. Contudo, esta metodologia não trata apenas de uma questão de limpeza, é uma das ferramentas de trabalho eficientes do *Lean Manufacturing* (Agrahari et al., 2015).

Os 5S são as iniciais de cinco palavras japonesas que representam cada uma das cinco etapas que compõem a metodologia (Jiménez et al., 2015):

- *Seiri* – Organização, triagem. Retirar todas as ferramentas, materiais, equipamentos, documentos e peças desnecessárias. Verificar todas as ferramentas e materiais na fábrica e na área de trabalho. Manter apenas os itens essenciais.
- *Seiton* - Estabelecer uma ordem de fluxo, racionalização. Organizar o trabalho, trabalhadores, equipamentos, peças e instruções de tal forma que o trabalho flua livre de ineficiências. Para além disto, significa colocar numa ordem lógica em cada um dos artigos utilizados num local adequado e armazenar os que estão num local bem definido: um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar (Filip & Marascu-Klein, 2015).
- *Seiso* – Limpar. Limpar o espaço de trabalho e todos os equipamentos de trabalho. Mantê-lo limpo e arrumado, pronto para o próximo utilizador.
- *Seiketsu* – Normalizar e controlar visualmente. Assegurar que os procedimentos e configurações ao longo da operação promovem a permutabilidade. Distinguir entre situações normais e anormais, utilizando sinais visíveis e simples.
- *Shitsuke* - Apoio, disciplina e hábito. Assegurar o cumprimento disciplinado das regras e procedimentos, com empenho.

Em suma, a ferramenta 5S reduz o tempo sem valor acrescentado, aumenta a produtividade, melhora a qualidade, reduz o desperdício e aumenta a eficiência do processo (Rewers et al., 2016).

### 2.3.2.2. Gestão Visual

No mundo organizacional, a gestão visual é um sistema de gestão que tenta melhorar o desempenho organizacional através da ligação da visão com os valores fundamentais, os objetivos e a cultura da organização (Tezel et al., 2009). A gestão visual permite a união de outros sistemas de gestão, processos de trabalho, elementos do local de trabalho e partes interessadas, através de estímulos, que se dirigem diretamente a um ou mais dos cinco sentidos humanos (Knop, 2020). Esta metodologia tenta implementar a ideia de que todas as ferramentas, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção devem estar à vista, para que o estado do sistema possa ser compreendido por todos os envolvidos em qualquer momento (Marchwinski et al., 2008).

Os diferentes sinais visuais são constituídos por tabelas, diagramas ou linhas estratégicas. Podem também incluir imagens, desenhos, gráficos, superfícies coloridas e formas gráficas (Fenza et al., 2021).

Segundo Fenza et al. (2021), as vantagens da gestão visual foram reconhecidas em vários domínios da sua aplicação: facilita a medição e a revisão do desempenho, permite o envolvimento das pessoas, melhora a comunicação interna e externa, melhora a colaboração e a integração, apoia o desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua, fomenta a inovação o desempenho e a qualidade do trabalho.

### 2.3.2.3. *Standard Work*

O *Standard Work* é uma ferramenta utilizada no *Lean Manufacturing* para a melhoria do trabalho e sustentabilidade dos processos de produção. Padronizar significa criar operações ou tarefas uniformes. Isto permite o exercício de todas as etapas da mesma forma, na mesma ordem e tempo. A padronização do trabalho também pressupõe o desenvolvimento contínuo de novos e melhores modelos, que se adaptam às necessidades dos clientes (Rewers et al., 2016).

As séries de atividades estabelecidas devem ser registadas de modo que todos os operadores responsáveis pela sua execução possam aceder às mesmas, a fim de uniformizar as operações em toda a organização e garantir uma variação mínima do produto final. Se cada operador executar as suas tarefas de forma diferente, a melhoria do processo torna-se uma tarefa complexa (Rangaraj et al., 2009).

Entre os muitos benefícios do trabalho *standard* destacam-se a promoção da coerência das operações e dos processos de melhoria contínua, com o objetivo de melhorar gradualmente as condições de segurança, reduzir os custos e aumentar a produtividade (Rangaraj et al., 2009).

### 2.3.3. Princípios *Lean*

Segundo (Womack & Jones, 1997) o pensamento *Lean* apresenta, cinco princípios:

- Definir valor: O valor só pode ser definido pelo cliente final. À medida que o produto flui, cada empresa define o valor de forma diferente.
- Mapear o fluxo de valor: O fluxo de valor são todas as ações necessárias para levar um produto até ao cliente. Um "mapa" de fluxo de valor identifica cada ação para projetar, ordenar e fazer um produto. As etapas podem agregar valor ou não e, nesse caso, devem ser eliminadas.
- Criar um fluxo de trabalho contínuo: Devem existir técnicas para fazer fluir as etapas de criação de valor.
- Pull-system: Um sistema *pull* significa que ninguém a montante deve produzir nada até que o cliente a jusante o solicite.
- Busca da perfeição: Não há fim para o processo de redução de tempo, espaço, custo e erros. A etapa de perfeição começa com uma visão do processo ideal e dos objetivos e projetos passo a passo para lá chegar.

#### 2.3.3.1. *Pull-System*

O quarto princípio *Lean*, a produção puxada, também associada ao *Just-In-time*, um dos pilares da casa TPS, é um princípio em que os materiais são puxados pelo nível de produção seguinte apenas quando são sinalizados ou solicitados pela fase de produção seguinte (Kootanaee et al., 2013). Neste sistema, "puxar" significa olhar para a frente, uma vez que a encomenda de material é lançada devido a uma necessidade conhecida (De Toni et al., 1987).

Num sistema puxado o fluxo de informação está na direção oposta ao fluxo de material. A produção inicia-se quando é recebida uma encomenda de um cliente, ou seja, quando existe procura do mercado (Bonney et al., 1999). A lógica, segundo a qual a ordem é lançada é baseada na observação das necessidades (De Toni et al., 1987).

O sistema *Pull* (Figura 4) elimina o desperdício da sobreprodução e, conseqüentemente, as grandes quantidades de *stock* indesejadas. Para além disso, devido à diminuição de stocks e natural redução de custos, é possível responder mais eficazmente às necessidades do mercado e aumentar a qualidade dos produtos (Bonney et al., 1999).

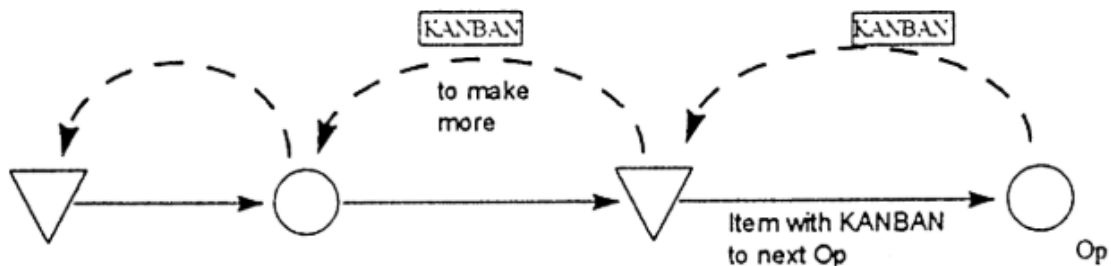


Figura 4 – Fluxo de material e informação num *pull-system* (Bonney et al., 1999).

## 2.4. Fluxo de Materiais

*Total Flow Management* (TFM) é um modelo de gestão para a logística integrada aplicado a toda a cadeia de fornecimento de uma empresa. O modelo proporciona a melhoria completa de todos os fluxos (movimentos) de materiais e informação, baseando-se na criação de um *pull-flow*, ou seja, um fluxo puxado desde montante da cadeia de abastecimento até a jusante (entrega do produto acabado ao cliente). Como se pode observar na Figura 5, que mostra toda a cadeia de abastecimento, desde os fornecedores, até aos clientes, um dos objetivos deste modelo de gestão de fluxos é reduzir o “prazo total” (*Total Lead Time*) que, por sua vez, vai proporcionar os resultados de melhoria de serviço, redução de *stocks* e aumento de produtividade (Coimbra, 2013).

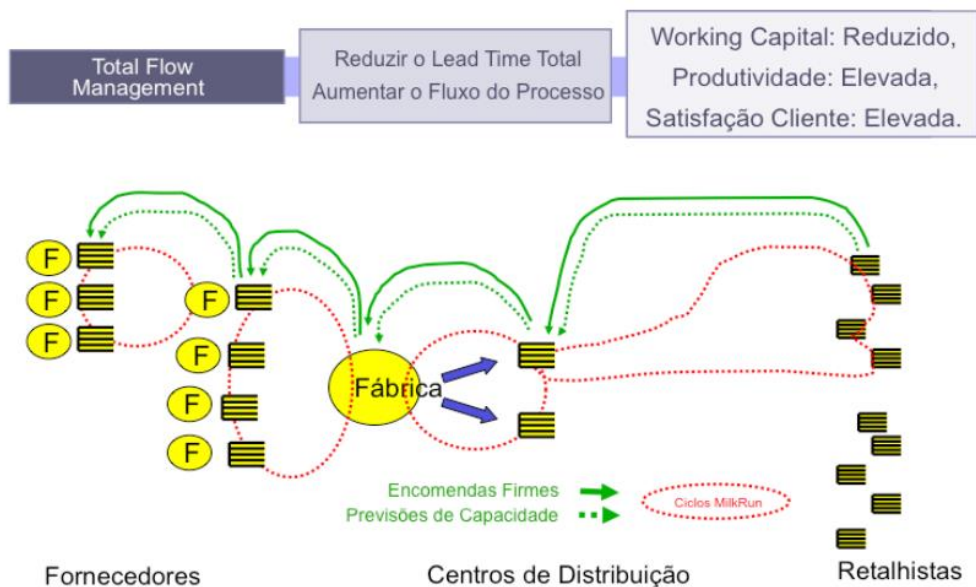


Figura 5 – Sistema *Total Flow Management* (Coimbra, 2013).

Segundo Coimbra (2013), os conceitos chave para garantir uma boa gestão de um fluxo de materiais são:

- Organizar os supermercados ao longo da cadeia de abastecimento;
- Implementar ciclos de transporte de alta frequência (de preferência diários);
- Utilizar pequenos lotes de produção;
- Planear encomendas sem utilizar previsões;
- Planear regularmente a capacidade, utilizando previsões.

Os fluxos de informação e de materiais identificados através da análise do circuito logístico podem ser agrupados em três macro fluxos - essencialmente os pilares da TFM: fluxo de produção, fluxo logístico externo e fluxo logístico interno.

O fluxo de produção garante a implementação da produção peça a peça e permite numa maior flexibilidade através do ajuste da configuração. Para tal, a reformulação do *layout* e da linha num fluxo de peça única pode ser uma ação de melhoria relevante (Coimbra, 2013). Um dos objetivos do *Lean Production* é a criação de um fluxo contínuo: conceito de transportar uma peça de cada vez entre duas operações adjacentes. Muitos benefícios deste fluxo são relatados na literatura: manter o trabalho em curso (*WIP*) no nível mais baixo, incentivar o equilíbrio do trabalho e uma melhor qualidade, eliminar o desperdício e facilitar a identificação da fonte de problemas rapidamente (Li et al., 2012).

Outras ações de melhoria para este pilar podem ser: redesenho do perímetro da linha para a eficácia do abastecimento, definição do trabalho padrão para eficiência operacional, utilizar o *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*) para flexibilidade na configuração e fazer automatizações de baixo custo para reduzir as paragens (Coimbra, 2013).

A segunda área de trabalho do TFM é o fluxo de logística externa. A logística externa representa as movimentações de materiais e produtos, da fábrica para os clientes e dos fornecedores para a fábrica. Neste caso, as categorias que se pode intervir para encontrar melhorias são: a reconfiguração de lojas e armazéns, a criação de um *milk-run*, ou seja, um fluxo de transporte externo e um planeamento logístico *pull* para gerir a retirada de materiais de acordo com as encomendas dos clientes (Coimbra, 2013).

Finalmente, o fluxo de logística interna que inclui todos os movimentos dentro da fábrica, bem como os fluxos de informação relacionados (Coimbra, 2013). Este pilar será abordado no próximo subcapítulo com maior detalhe.

Para completar, são ainda considerados mais dois pilares básicos para o modelo de gestão do fluxo total (Coimbra, 2013):

- Fiabilidade básica – garante o desenvolvimento da estabilidade em termos de mão de obra, máquinas, materiais e métodos.
- Desenho da cadeia de abastecimento – ao contrário dos pilares anteriores, este refere-se à componente de conceção e não ao sistema logístico. Uma cadeia de abastecimento representa várias organizações que cooperam para entregar um bem ou serviço ao cliente, desde o fornecedor de matéria-prima até ao consumidor final (Stevenson, 2017). Assim, ao abordar a análise e gestão do fluxo total, é crucial incluir a representação da empresa, dos fornecedores e clientes. Para a efetiva implementação de melhorias, é necessário realizar etapas distintas: a análise da situação inicial, identificação de oportunidades de melhoria, delineamento da situação futura através e, por último, a execução das alterações necessárias. São aplicadas para isso algumas ferramentas, como o mapeamento do fluxo de valor ou o diagrama de esparguete (uma representação gráfica dos fluxos físicos) (Coimbra, 2013).

#### **2.4.1. Value Stream Mapping**

O *Value Stream Mapping* (VSM) foi introduzido pela Toyota. É uma ferramenta que representa graficamente a cadeia de valor de uma empresa, desde que o pedido do cliente é recebido até à entrega do produto final, incluindo todos os processos logísticos e processos de transformação. Esta metodologia divide os processos em dois grupos: processos que tem valor adicionado (VA) e processos sem valor adicionado (NVA). Como resultado deste mapeamento é possível identificar-se os locais com *stock* acumulado, descobrir qual o *lead time* do processo, acompanhar todas as decisões que foram tomadas e apresentar propostas de melhoria. O VSM pode ainda ser usado como uma ferramenta de visualização do estado futuro (Rohac & Januska, 2015).

#### **2.4.2. Nivelamento da Produção**

O Nivelamento de Produção, também conhecido no *Lean Manufacturing* por *Heijunka*, significa um padrão para o nivelamento e balanceamento de linhas de produção (Matzka et al., 2012).

Nivelamento é uma palavra para descrever o esforço de combinar a carga de trabalho com a capacidade do processo, ou seja, os operadores e as máquinas. A fim de produzir apenas o que os clientes precisam, o fornecedor tem de adaptar a quantidade de produção aos pedidos e produzir ao *takt time* (Matzka et al., 2012). A Equação (1) apresenta a forma como o intervalo de tempo em que uma parte ou produto deve ser produzido pode ser calculado.

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ disponível\ para\ produção}{Unidades\ requeridas\ pelo\ cliente} \quad (1)$$

O objetivo de *Heijunka* não é apenas nivelar o volume de produção, mas também o *mix* de produtos, garantindo que se usa a mesma sequência de produtos para cada ciclo de produção. Em suma, o nivelamento da produção fornece processos com um fluxo constante de pequenos lotes de peças diferentes e, ao mesmo tempo, gera um *stock* constante de peças para os processos a montante. Um segundo objetivo é reduzir o efeito chicote (Matzka et al., 2012). O efeito chicote, refere-se ao fenómeno da cadeia de abastecimento em que as encomendas feitas ao fornecedor tendem a ter uma variação maior do que as vendas realizadas (ou seja, distorção da procura) (Uriona Maldonado et al., 2020).

## 2.5. Fluxo de Logística Interna

Segundo Alnahhal et al. (2014) nas instalações de fabrico existem dois tipos de atividades: a produção de bens e as operações necessárias para entregar esses bens, habitualmente designadas por “operações logísticas”. Os sistemas de logística interna têm como objetivo fornecer os materiais certos nos locais certos, no momento certo (Bocewicz et al., 2021). Para promover a melhoria contínua deste pilar do TFM existem algumas ações de melhoria que devem ser consideradas (Coimbra, 2013).

- Criação de supermercados para aumentar a eficiência da retirada de material. O supermercado é um espaço destinado ao armazenamento de materiais, que regulariza os níveis de *stock*. Os colaboradores têm acesso aos itens necessários, sem a necessidade de recorrer a sistemas informáticos ou fazerem *pickings* (Coimbra, 2013). A presença desse método pode contribuir para a redução dos tempos de inatividade (Dadashnejad & Valmohammadi, 2018) além de fomentar a flexibilidade, interligar processos e servir como uma valiosa fonte de informação (Liker & Meier, 2005).
- O supermercado garante o armazenamento dos materiais, contudo existe a necessidade de os transportar. Para isso recorre-se à criação de um sistema *mizusumashi* para simplificar e agilizar o transporte interno do material até ao seu ponto de utilização. Assim, o desperdício dos transportes estará centrado num único operador, pelo que esta atividade de valor não acrescentado será eliminada nos restantes operadores (Coimbra, 2013).

- Existência de sincronização entre a logística e a produção. Para garantir a coordenação entre ambas é possível utilizar-se sistemas, como o *kanban*, que promovem a entrega de materiais conforme as necessidades da produção (Coimbra, 2013).
- Nivelar a produção. A produtividade das linhas e do equipamento está relacionada com o tempo da tarefa (Coimbra, 2013) e o nivelamento pretende planear a produção num determinado período, alinhar as quantidades produzidas de acordo com as consumidas e minimizar o impacto da variabilidade da procura (Liker & Meier, 2005).
- Planeamento da produção *pull* de acordo com as necessidades dos clientes (Coimbra, 2013).

### 2.5.1. *Mizusumashi*

O sistema *Mizusumashi* é um dos meios de concretizar a filosofia de fabrico *Just-in-time*. Também conhecido por comboio logístico é utilizado para recolher e entregar a quantidade de artigos necessários no momento certo. Os operadores de logística interna deslocam-se entre as linhas de montagem e armazéns de peças, levando a quantidade necessária de peças para abastecer a linha. As operações *Mizusumashi* tornaram-se bastante importantes ao longo dos anos, uma vez que evitam um número elevado de inventários (Nomura & Takakuwa, 2006).

O fluxo de trabalho típico de um operador *Mizusumashi* é apresentado na Figura 6. Primeiro, o operador verifica os inventários de peças nas diferentes linhas de montagem e recolhe todos os contentores vazios (as peças são colocadas num contentor para facilitar o manuseamento e a contagem). De notar que, a recolha é exclusivamente de contentores vazios e não de contentores com peças restantes. Assim sendo, é natural que o número de contentores para um tipo específico de peças numa linha de montagem seja geralmente superior a dois. O operador segue para a área de armazenamento das peças e enche os contentores. Regressa às linhas e fornece novamente os contentores nas respetivas prateleiras. O ciclo volta a repetir-se ou o operador pode aguardar numa área de preparação e esperar até ao próximo período de início de ciclo (Nomura & Takakuwa, 2006).

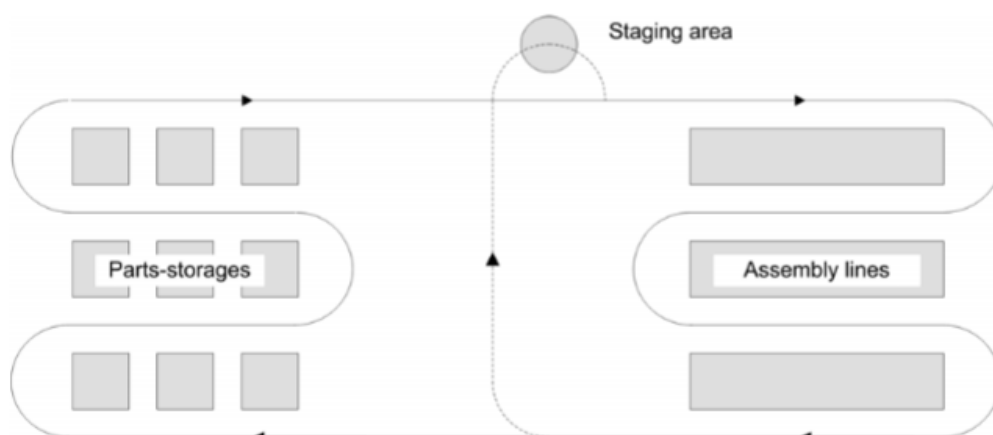


Figura 6 – Rota de um operador *Mizusumashi* (Nomura & Takakuwa, 2006).

Os principais objetivos deste tipo de transporte entre a zona abastecimento e os postos de trabalho são a redução de inventário. Assim sendo, os comboios logísticos são preferíveis ao transporte por empilhador. Apresentam intervalos de tempo fixos para circular, capacidade normalizada e tamanhos de lote *standard* (Gyulai et al., 2013).

O termo *mizusumashi* utilizado para as tarefas dos manipuladores do comboio logístico é habitualmente associado ao conceito de *milk-run*, sistema de transporte da fábrica (Gyulai et al., 2013). Os sistemas de *milk-run* na fábrica são sistemas de transporte em que os materiais são entregues a partir de uma (ou mais) área de armazenamento central para vários pontos de utilização, em trajetos predefinidos e a intervalos curtos. Os sistemas *milk-run* permitem entregas cíclicas em lotes mais pequenos com prazos de entrega curtos e baixo *stock* nos pontos de utilização (Bocewicz et al., 2021).

### 2.5.2. Kanban

O sistema *Kanban* é uma das ferramentas dos sistemas de produção que permite obter um inventário controlado em qualquer momento. Requer a produção apenas quando a procura de produtos está disponível (Rahman et al., 2013).

*Kanban* é uma palavra japonesa que, quando traduzida, significa "registo visível". No contexto empresarial, refere-se a um sistema de controlo de fabrico, onde os registos, eletrónicos ou não, são habitualmente designados por "Cartões *Kanban*". A sua principal função é informar e controlar os níveis de inventário, mantendo-os o mais baixo possível, sem comprometer a produção (Leonardo et al., 2017).

A premissa do *Kanban* é que apenas se produz um material na etapa anterior quando a quantidade desse material na etapa seguinte é baixa. A Figura 7 mostra um circuito de controlo *Kanban* que liga uma determinada fase de produção à sua antecessora (Leonardo et al., 2017).

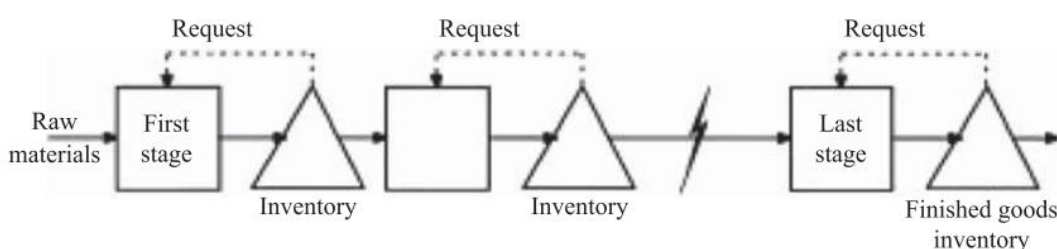


Figura 7 – Sistema *Kanban* (Leonardo et al., 2017).

O sistema *Kanban* poupa custos ao eliminar o excesso de produção, desenvolver postos de trabalho flexíveis, reduzir desperdícios, minimizar tempos de espera e custos logísticos. Desta forma, é possível reduzir-se os níveis de *stock* e custos gerais (Rahman et al., 2013).

O *CONWIP* é uma forma generalizada de *kanban*. Neste sistema, um número constante de cartões percorre um circuito que inclui toda a linha de produção (Benhamou et al., 2023). Um cartão é fixado a um contentor de peças no início da linha. Quando o contentor é utilizado no final da linha, o cartão é retirado e enviado de volta para o início da linha. Lá, aguarda numa fila

de cartões para eventualmente ser anexado a outro contentor de peças, que podem ser as mesmas ou diferentes. (Kumar & Panneerselvam, 2007).

## Revisão Bibliográfica

## 3. Apresentação da Empresa

Neste capítulo é apresentada a unidade industrial onde a parte prática deste projeto foi realizada e o seu grupo. Encontram-se informações sobre as diferentes áreas de negócio, alguma história e diferentes detalhes do alumínio.

### 3.1. Norsk Hydro

A Norsk Hydro, fundada em 1905, é um grupo global com 35000 colaboradores em mais de 140 localizações e 40 países em todo o mundo. Enraizada em mais de um século de experiência em energias renováveis, tecnologia e inovação, a Hydro está presente em toda a cadeia de valor do alumínio, desde a bauxite, alumina e energia para o alumínio primário, produtos extrudidos e laminados e reciclagem (Figura 8). No seu ano de fundação, marcam o mercado pela primeira vez em que foi usada com sucesso energia hidroelétrica para extrair nitrogénio do ar. Mais tarde, com o uso de energia, conseguem refinar bauxite em soluções avançadas e sustentáveis de alumínio (HYDRO, 2024c).

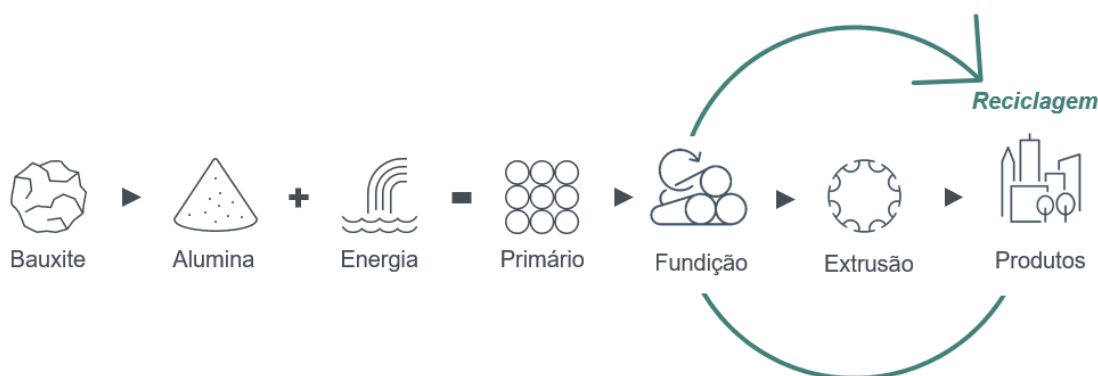


Figura 8 – Cadeia de valor do alumínio (HYDRO, 2024c).

Atualmente, o grupo opera em várias empresas e tem investimentos com base em indústrias sustentáveis. Através das suas unidades de negócios (Figura 9), está presente numa vasta gama de segmentos de mercado para alumínio, reciclagem de metais e energias renováveis.

A Hydro Energy é pioneira na transição ecológica do alumínio. Com base em energia hidrelétrica, solar e eólica, produz alumínio com uma pegada de carbono cerca de 75% menor do que a média global. Possui projetos de baterias e hidrogénio que permitem à sociedade uma

## Apresentação da Empresa

utilização mais flexível das energias renováveis, tais como a mobilidade ecológica, a eficiência energética e a segurança do abastecimento (HYDRO, 2024f).

A unidade de negócio do alumínio apresenta uma vasta gama de produtos. Desde a bauxite e alumina até ao alumínio reciclado e com baixo teor de carbono, perfis extrudidos, tubos de precisão e soldados. A bauxita e a alumina representam os dois primeiros elos da cadeia de valor no caminho para o alumínio metálico e, por sua vez, para os produtos de alumínio. O alumínio primário é um metal de alumínio sem qualquer adição de liga (HYDRO, 2024a).

O alumínio é 100 % reciclável e não perde nenhuma das suas propriedades originais durante o processo. Como é reciclado, o alumínio utiliza apenas 5 % da energia que é usada para produzir alumínio primário. Através da sua refusão, separa-se e recicla-se sucata de alumínio, para que o metal possa ser usado de novo na produção de lingotes para extrusão. O alumínio reciclado a partir de sucata de produção ainda não completou a sua primeira vida e, por isso, mantém a pegada de carbono do seu processo de produção original. Contudo, se a sucata de alumínio utilizada for, por exemplo, constituída por partes de janelas ou peças de automóveis usadas, ou seja, pós-consumo, a pegada de carbono do lingote para extrusão é quase nula, uma vez que as emissões já foram contabilizadas (HYDRO, 2024e).

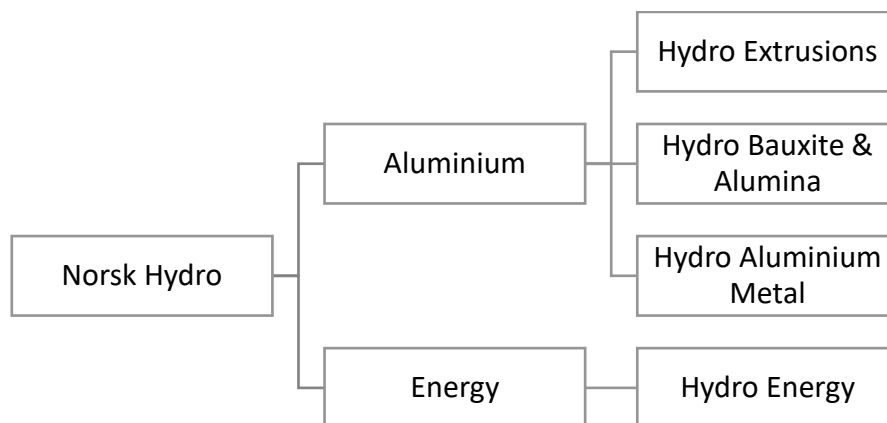


Figura 9 – Unidades de Negócio da Norsk Hydro.

A estratégia do grupo assenta em quatro prioridades-chave para se atingir o objetivo de garantir que os produtos e operações reduzam a sua pegada ecológica: aumentar os investimentos de crescimento em reciclagem e extrusões para assumir a liderança nas oportunidades de mercado emergentes da transição ecológica, aumentar as ambições no domínio da produção de energia renovável, executar a descarbonização, contribuindo para uma transição justa e positiva para a natureza e moldar o mercado para um alumínio mais ecológico em parceria com os clientes (HYDRO, 2024g).

Na Hydro, a palavra colaboração está sempre presente e isso também descreve a empresa, as relações com clientes e parceiros e também a relação com as comunidades em que estão inseridos, localmente e globalmente. Valorizam-se os bons parceiros e o diálogo transparente com os clientes é fundamental para ter sucesso. O respeito mútuo e abertura são pré-requisitos em tudo o que se faz, onde quer que seja. Assim sendo, os valores do grupo assentam no cuidado, coragem e colaboração (HYDRO, 2024d).

### 3.2. Hydro Aluminium Extrusion Portugal

Fundada em 1982 e com mais de 130 colaboradores, a unidade de Avintes é uma das unidades de negócio de alumínio do grupo, apresentando mais de 40 anos de experiência no fornecimento de variadas soluções em alumínio (HYDRO, 2024b).

Em Portugal, a Hydro (Figura 10) produz e comercializa perfis de alumínio extrudido, em bruto ou com o tratamento/acabamento desejados. Possui uma fábrica de matrizes que auxilia e agiliza os novos projetos de extrusão de perfil. Para além dos perfis de alumínio extrudido, a fábrica em Avintes dispõe de instalações para fazer cortes de precisão, mecanizados e operações CNC, com possibilidade de aplicação de tratamentos superficiais como lacagem ou anodização. O departamento técnico apoia os clientes em todo o processo de produção, desde a conceção do perfil até à peça acabada. O laboratório de ensaios garante a conformidade com os mais exigentes requisitos de qualidade. Tendo a sua própria refusão, através da reciclagem de alumínio, esta unidade industrial produz milhares de toneladas de alumínio por ano, garantindo o abastecimento de matéria-prima à extrusão de perfil e oferecendo o melhor serviço e produtos sustentáveis para os seus clientes de lingote para extrusão (HYDRO, 2024b).

Esta unidade está em constante desenvolvimento das tecnologias mais eficazes e com maior eficácia energética para a produção de alumínio. É por isso que trabalha com clientes e parceiros numa variedade de setores industriais, para desenvolver soluções ainda mais adaptadas a cada uma das suas necessidades, priorizando o respeito pelo meio-ambiente (HYDRO, 2024b).

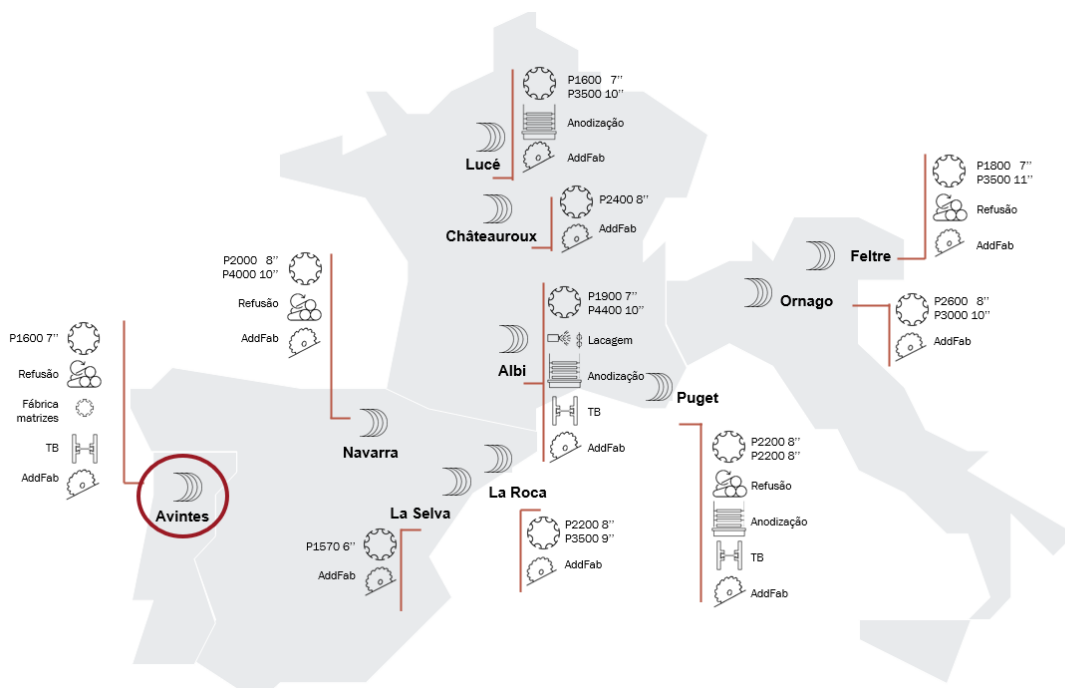


Figura 10 – Unidade industrial da Hydro em Avintes, situada na Hydro Extrusion Europe South (HYDRO, 2024b).

## Apresentação da Empresa

## 4. Caso Prático

Neste capítulo, é apresentada uma caracterização e análise da situação inicial e identificação de oportunidades de melhoria na logística interna da Hydro Aluminium Extrusion Portugal.

### 4.1. Caracterização do processo produtivo

A Hydro Aluminium Extrusion Portugal está dividida em três setores produtivos: fábrica de matrizes, refusão e extrusão. O planeamento de produção de cada uma das áreas é independente, mesmo que todos sejam feitos com base nas encomendas do cliente. Todos os produtos são produzidos assim que a encomenda é aceite (*make to order*).

#### 4.1.1. Processo produtivo

No processo de refusão, o alumínio líquido, proveniente da fusão de sucata, é moldado em lingotes para extrusão, habitualmente designados de biletas, com diferentes composições químicas. A composição das ligas de fundição pode ser alterada para se adaptar às propriedades que se espera do produto final, sendo que, em Avintes, são habitualmente produzidas ligas da série 6xxx. O processo inicia-se com a fusão da sucata de alumínio. Adicionalmente, pode ser necessário utilizar-se alumínio primário e elementos de liga para se proceder ao ajuste da liga que se pretende produzir, obtendo-se os valores esperados de composição química. Numa fase posterior à fusão, o metal líquido é escoado por uma calha, passando por um sistema de desgaseificação e filtragem, até à mesa de vazamento, na qual é distribuído por diversas cavidades onde estão localizados os moldes. A base da mesa desce de forma gradual à medida que o metal é adicionado no molde, formando o bilete. Posto isto, as suas extremidades são cortadas. Segue para o forno de homogeneização que garante que as partículas que constituem o lingote ficam distribuídas de forma uniforme. No fim deste processo, avança para a câmara de arrefecimento onde vai arrefecer de forma gradual para ser possível a sua paletização. Após serem palatizados, os biletas de seis metros de comprimento e um diâmetro 7", 8" ou 9" estão prontos para serem expedidos ou então extrudidos internamente.

Nesta unidade industrial, são apenas utilizados os biletas com 7" de diâmetro para a extrusão. O lingote de alumínio, após ser deixado na rampa de abastecimento da prensa, é aquecido e pressionado contra uma ferramenta moldadora (matriz), originando diferentes perfis. A matriz, proveniente da fabricação de matrizes interna permite que a técnica de extrusão forneça possibilidades quase ilimitadas de *design* e inúmeras oportunidades de aplicação.

Posteriormente, os perfis são cortados de acordo com as medidas solicitadas pelo cliente. Os perfis conformes são enviados para o forno de tratamento térmico de envelhecimento. No final, o perfil pode seguir para a embalagem e ser expedido para o cliente ou então passar pela zona de valor acrescentado. Esta zona está dividida em duas secções: fabricação e rotura térmica. A primeira proporciona ao cliente um perfil com cortes de precisão e operações de maquinaria. Já na rotura térmica é realizada a cravação de uma poliamida. O perfil pode passar por uma só destas zonas ou ambas até ficar de acordo com aquilo que o cliente deseja.

#### 4.1.2. Indicadores de desempenho do processo produtivo

Os *Key Performance Indicators* (KPIs) são medidores de desempenho utilizados para avaliar/medir algo estrategicamente relevante nas organizações e estabelecer uma base com o objetivo de atingir elevados padrões de performance. Através destes indicadores são definidos os objetivos mais importantes que cada colaborador é responsável (Peterson, 2006).

Na extrusão, os indicadores mais relevantes são a produtividade, em Kg/h (Figura 11), a percentagem de sucata (Figura 12) que é obtida através da divisão do peso produzido pelo consumido e o consumo diário de billete oriundo da refusão (Figura 13). Com estes é possível descobrir quais são as necessidades de abastecimento da prensa e de recolha de sucata. Para o subproceso de embalagem, a média de produtividade, em fevereiro, foi 280 Kg/h/Homem. Na fabricação e rotura térmica de perfiz foi 208 Kg/h.

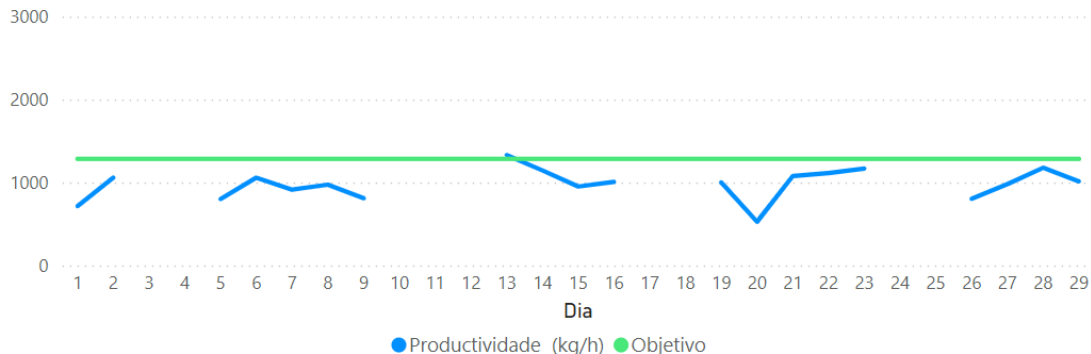


Figura 11 – Produtividade, em Kg/h, na extrusão no mês de fevereiro.

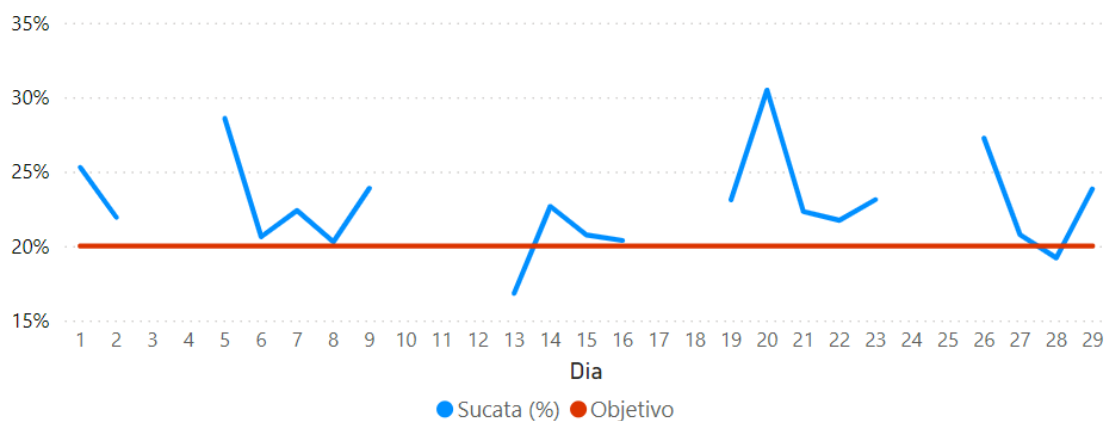


Figura 12 – Percentagem de sucata gerada durante o processo de extrusão no mês de fevereiro.

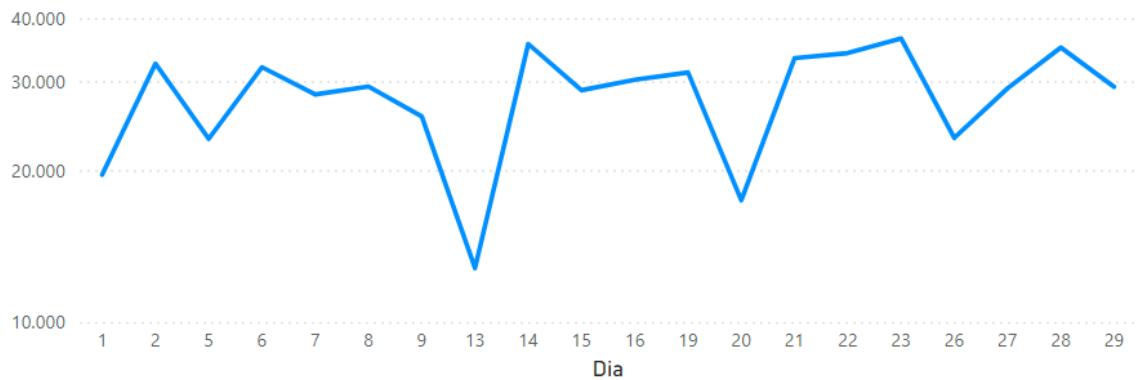


Figura 13 – Consumo de bilete, em Kg, na extrusão no mês de fevereiro.

Já na fundição, os KPIs são a produção, em Kg (Figura 14) e consumo de alumínio puro, que deverá ser o menor possível (Figura 15).

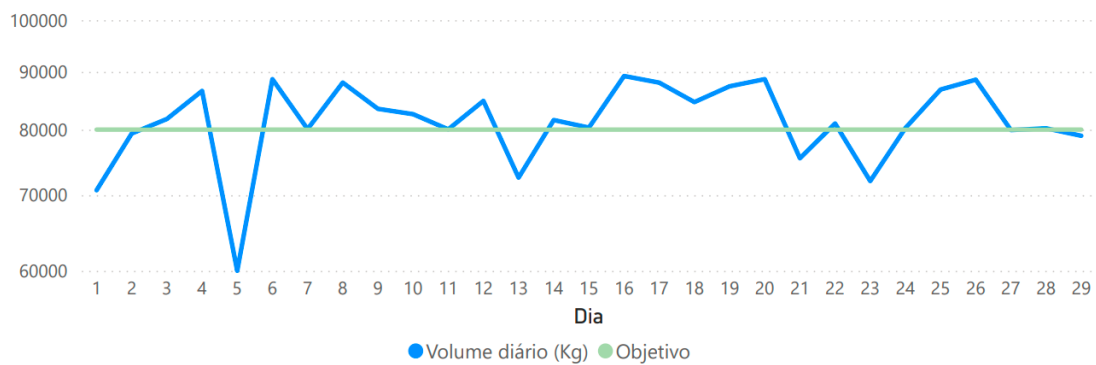


Figura 14 – Resultados de produção, em Kg, na fundição no mês de fevereiro.

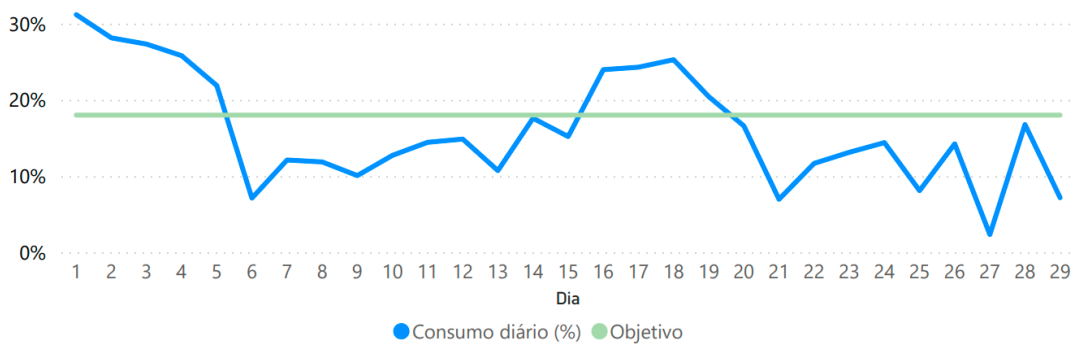


Figura 15 – Consumo de Alumínio Puro, em %, na fundição no mês de fevereiro.

## 4.2. Caracterização do processo logístico

Tendo em conta que o objetivo deste projeto consiste na criação de um modelo eficaz de abastecimento de materiais à produção e recolha de desperdícios gerados, é fundamental analisar em detalhe todo o processo logístico utilizado atualmente.

O processo logístico pode ser descrito em seis blocos logísticos (Figura 16).

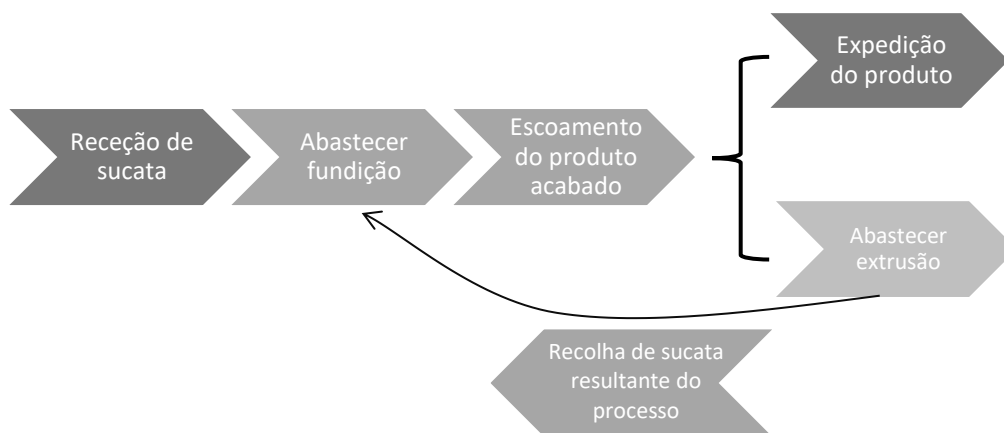


Figura 16 – Processo logístico.

A fábrica de Hydro em Avintes recebe sucata que chega acondicionada de diversas formas. Isto exige que um operador logístico esteja disponível para receber e armazenar a sucata.

O abastecimento da fundição, apesar de fazer parte da cadeia logística, é garantido por um operador pertencente à equipa da produção a laborar nesta área produtiva. Este operador apenas realiza esta tarefa que consta no processo logístico e, portanto, não é considerado um operador logístico. Como tal, daqui em diante, este bloco não será considerado.

O escoamento do produto resultante da refusão (bilete) tem de ser assegurado por um dos operadores logísticos. A recolha é feita na saída da fundição e o produto é armazenado na lateral da fábrica até ser expedido ou utilizado internamente pela extrusão. É função deste operador realizar esse armazenamento, bem como a carga e acondicionamento do produto no respetivo transporte para a sua expedição.

Do processo de extrusão resulta sucata. Essa sucata é reutilizada internamente como matéria-prima da fundição. É necessário que um operador logístico faça esta movimentação.

Para o estudo de todo o processo logístico, serão inicialmente apresentados os materiais movimentados, as áreas da unidade industrial utilizadas nesta cadeia logística, as localizações de entrada de todos os materiais e saída do produto acabado e locais de armazenamento. Posteriormente, será realizada uma descrição detalhada de todo o fluxo de informação e de material com vista a uma compreensão mais precisa e global de toda a cadeia. Por fim, será feita uma análise crítica ao processo logístico atual, onde serão identificados os problemas encontrados e apresentadas propostas de melhoria.

#### 4.2.1. Materiais movimentados

Para que a produção se desenvolva sem problemas é crucial um correto abastecimento de materiais e recolha de sucata gerada durante o processo, de forma a impedir ineficiências na produção provocadas por falta de movimentações de material. Por isso, é indispensável

assegurar o levantamento de todos os materiais essenciais para o correto funcionamento da fábrica e para o fabrico dos diferentes produtos. Os materiais podem ser divididos em dois grupos segundo o tipo de material que está a ser movimentado: produtos (quer produtos resultantes dos processos ou produtos que servirão como matéria-prima), apresentados na Tabela 2 e desperdícios oriundos do processo de extrusão, na Tabela 3.

Tabela 2 – Produtos e matérias-primas do processo produtivo.












PRODUTOS			
Designação	Descrição	Designação	Descrição
<p>“Biletes 7””</p> 	<p>Produto acabado da fundição que servirá de matéria-prima para a extrusão.</p>	<p>“Biletes 8””</p> 	<p>Produto acabado da fundição que será expedido.</p>
<p>“Biletes 9””</p> 	<p>Produto acabado da fundição que será expedido.</p>	<p>“Sucata solta”</p> 	<p>Sucata a granel que abastece a fundição.</p>
<p>“Sucata paletizada”</p> 	<p>Sucata que abastece a fundição cujo a unidade de movimentação é uma palete (1m, 3m ou 6m)</p>	<p>“Alumínio Puro”</p> 	<p>Um dos consumíveis da fundição.</p>

Tabela 3 – Desperdícios originados no processo de extrusão.

DESPERDÍCIOS			
Designação	Descrição	Designação	Descrição
<p>“Sucata P4 comprida”</p> 	<p>Perfil comprido com defeitos resultante do processo de extrusão.</p>	<p>“Sucata P4 L’s”</p> 	<p>Perfil curto com defeitos resultante do processo de extrusão.</p>
<p>“Sucata P4 Limalha”</p> 	<p>Limalha resultante do processo de corte dos perfis. É compactada para apresentar este aspeto, ocupando menos espaço no respetivo contentor.</p>	<p>“Sucata P4 Bolachas”</p> 	<p>Extremidade do bilette removida no final do processo de extrusão. A “bolacha” contém os resíduos que fazem parte do metal utilizado ao longo do ciclo de extrusão. Em inglês é designado como <i>Butt End</i>.</p>
<p>“Sucata RT Bruta”</p> 	<p>Perfil que chega à zona de rotura térmica e apresenta defeitos antes de ser cravado com poliamida.</p>	<p>“Sucata RT Cravada”</p> 	<p>Perfil com defeitos resultante do processo de cravação.</p>
<p>“Sucata Fab Comprida”</p> 	<p>Perfil comprido com defeitos resultante de diferentes processos de mecanização.</p>	<p>“Sucata Fab Curta”</p> 	<p>Perfil curto com defeitos resultante de diferentes processos de mecanização.</p>

DESPERDÍCIOS	
Designação	Descrição
<p>“Sucata Embalagem”</p> 	<p>Perfil que chega até a zona da embalagem e contém defeitos. Aqui é feito o último controlo visual antes de expedir o produto.</p>

Para além de serem apresentados os materiais movidos é importante também falar das unidades de movimentação. No que toca à sucata gerada durante o processo de extrusão, são utilizados diferentes contentores que facilmente conseguem ser transportados pelos garfos de um empilhador. O produto resultante da fundição é “paletizado” utilizando barrotes de madeira que facilitam no momento do seu transporte. Por fim, a matéria-prima utilizada na fundição, ou seja, a sucata oriunda dos fornecedores é movimentada por um operador pertencente à equipa da produção a laborar na respetiva área produtiva, que possui um empilhador exclusivo e adequado a cada tipo de sucata que deseja mover.

#### 4.2.2. Layout da fábrica

O conhecimento de todas as áreas que integram o processo logístico assume especial relevância para a sua compreensão e avaliação. Assim sendo, serão abordadas todas as zonas da fábrica utilizadas na cadeia logística, tais como zonas de armazenagem, de abastecimento, de preparação de material para a expedição e de recolha de desperdícios gerados no processo interno.

A fábrica é composta por três grandes áreas produtivas. As movimentações na fábrica de matrizes são garantidas pelos próprios operadores, com recurso a ponte rolante ou porta paletes. São movimentações curtas. Para garantir que não existem ineficiências na refusão provocadas por escassez do produto é necessário que, diariamente, seja feita receção de sucata. A sucata é armazenada em oito zonas, que juntas se designam como parque de sucata, categorizadas de acordo com o tipo de sucata:

## Caso Prático

- Tulha 1 – Sucata 100% pós-consumo
- Tulha 2 – Sucata Lacada
- Tulha 3 – Sucata Triturada
- Tulha 4 – Sucata Anodizada
- Tulha 5, 6, 7 e 8 – Sucata de processo

O produto acabado resultante da refusão (previamente paletizado) poderá ou não incorporar o fluxo de abastecimento à extrusão. É transportado para o exterior onde, posteriormente é expedido ou utilizado internamente. Existem vários *buffers* onde o produto é deixado assim que é retirado da refusão. A partir daí pode ser movimentado para zona de expedição, situada num local próximo ao cais de carga. O operador logístico deve movimentar o material de forma organizada para preparar as diferentes cargas. Existe ainda a possibilidade do produto ser movido para a zona destinada ao consumo interno. Esta zona serve de último *buffer* antes do abastecimento da prensa.

Para além disto, é importante referir que existem contentores de sucata e desperdício dentro da fábrica, resultantes do processo. Sempre que necessário, são movimentados até à fundição para serem utilizados como matéria-prima.

Na Figura 17 é possível observar as duas áreas produtivas referidas anteriormente e todas as restantes zonas relevantes para o processo logístico.

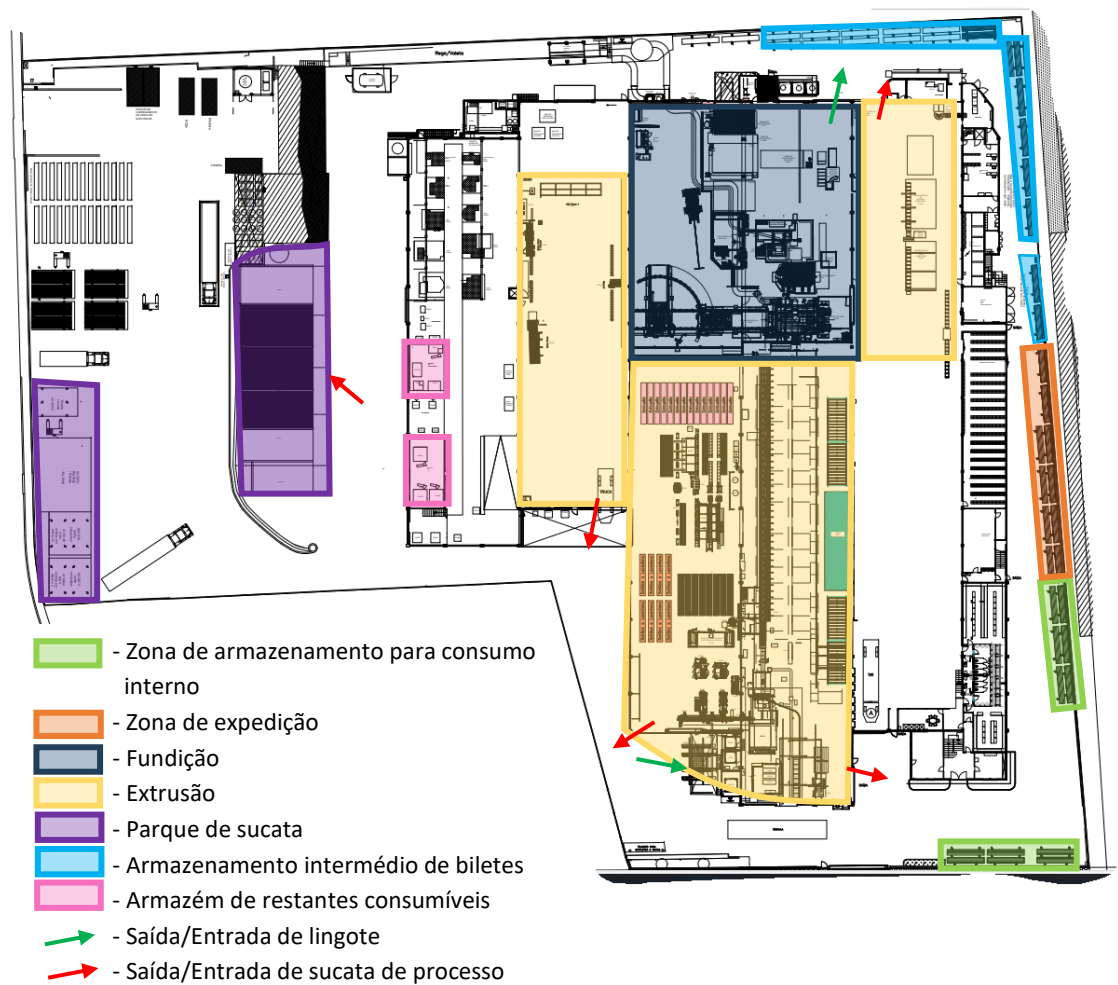


Figura 17 – Layout da fábrica.

#### 4.2.3. Fluxo de material e de informação

O fluxo de material inicia-se com a receção de sucata. A sucata é pesada e armazenada nas tolhas. Pode ou não ser necessária a intervenção do operador logístico na movimentação do material. Contudo, é sempre necessário que faça uma inspeção visual aquando da sua descarga. No caso de o material não estar conforme com os requisitos exigidos, o operador logístico alerta para que seja feita uma reclamação ao fornecedor. Em caso de conformidade, a entrada de material é registada e o material está pronto para ser transportado para a zona de produção, a refusão. Esta movimentação, apesar de requerer o uso de um empilhador, é assegurada pela equipa a laborar na área, ou seja, o operador da refusão responsável desloca-se até a zona de armazenamento e faz a recolha diretamente, abastecendo a produção, de acordo com a necessidade. A Figura 18 regista visualmente estas movimentações.

Caso Prático

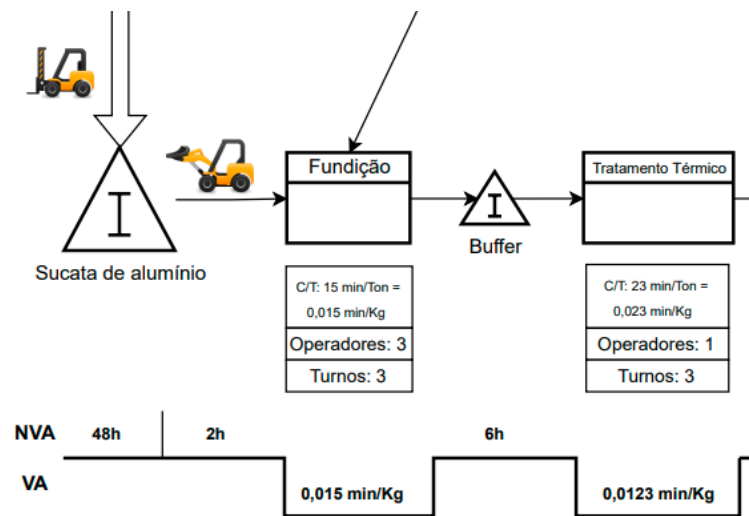


Figura 18 – Primeira parte do fluxo de materiais representada no VSM.

Em simultâneo, é necessário que seja feita a recolha do produto acabado. A refusão trabalha durante 24h, em três turnos: 00h-08h, 08h-16h e 16h-00h. A extrusão também, com exceção dos fins de semana. Os operadores logísticos só laboram no turno central (08h-16h) e durante esse horário uma das suas funções é movimentar o produto acabado da refusão para as zonas de armazenamento intermédio. Posteriormente, este material tem de ser movimentado para a zona de expedição ou zona de consumo interno. Este transporte ocorre quando surge necessidade de libertar espaço no *buffer* da refusão. O transporte do material da zona de consumo interno para a rampa de abastecimento da prensa é, também, feito na urgência, conforme a necessidade. Na Figura 19 é apresentada este bloco de movimentação de materiais.

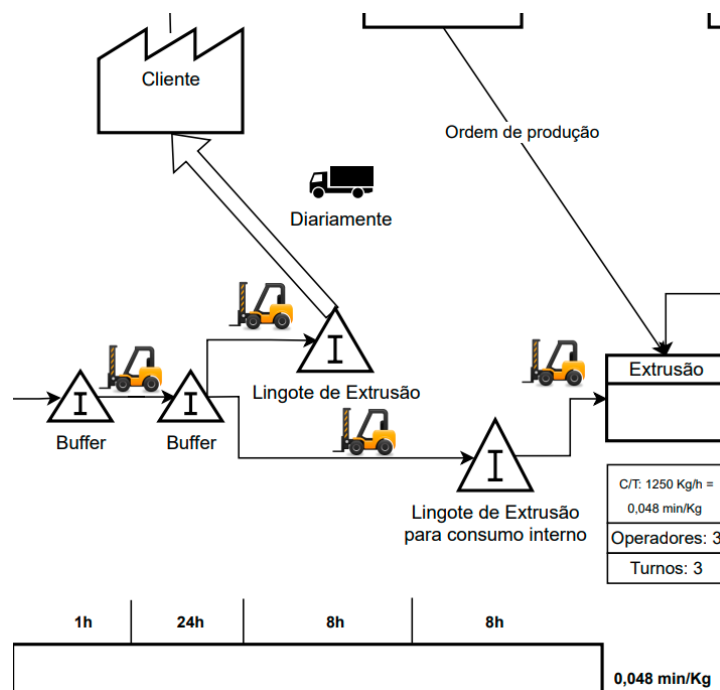


Figura 19 – Segunda parte do fluxo de materiais representada no VSM.

É necessário que se proceda à recolha do desperdício gerado na extrusão. No transporte de desperdício, o operador logístico deve garantir a pesagem do material e levá-lo até ao parque de sucata.

É nesta etapa que a intervenção dos operadores logísticos no fluxo de materiais termina. A partir deste momento as movimentações de material são garantidas com recurso a ponte rolante. A Figura 20 representa a parte final do fluxo de materiais, sem intervenção dos operadores logísticos. Note-se que todo o processo de abastecimento se desenvolve segundo uma prioridade contingencial de tarefas, isto é, não existe uma ordem ou organização pré-definida na execução das tarefas.

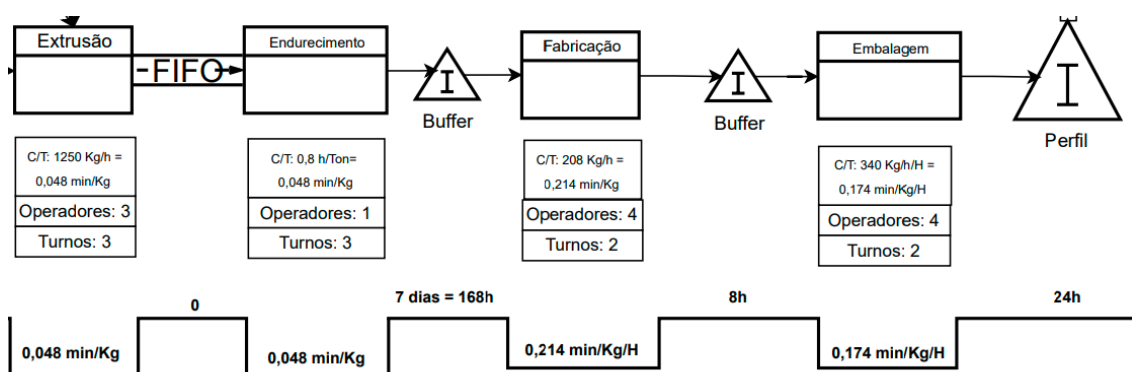


Figura 20 – Parte final do fluxo de materiais representada no VSM.

Na unidade industrial de Avintes, o fluxo de informação inicia-se com a receção de encomendas dos clientes pelos responsáveis do Centro Logístico de Clientes, no caso da extrusão e pelo departamento de Gestão de Metal, no caso da refusão. Note-se, portanto, que o serviço ao cliente, compras e planeamento das duas grandes áreas produtivas funcionam de forma independente. Toda a fábrica funciona com o sistema *push-pull*, onde o “*pull*” representa a produção impulsionada pelas encomendas dos clientes e “*push*” a gestão de stocks realizada com base numa precisão. Em ambas as áreas, as encomendas são recebidas e procede-se à sua introdução no sistema. Isto representa a primeira parte do fluxo de informação (Figura 21).

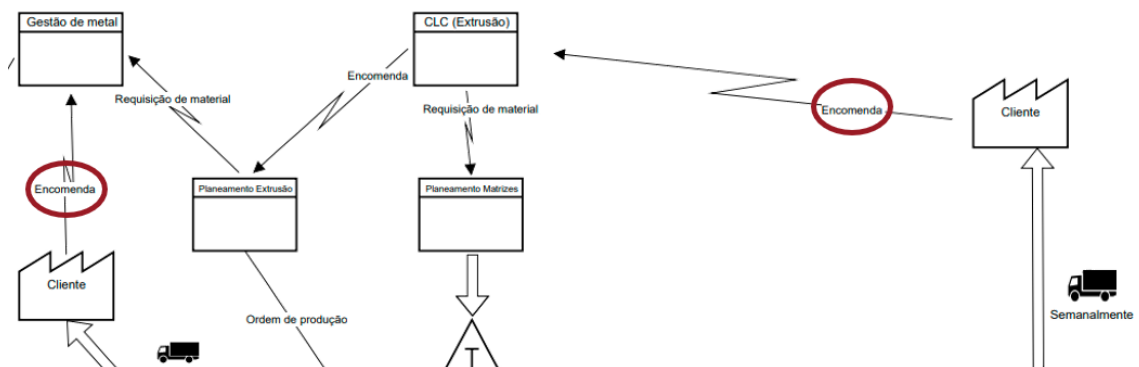


Figura 21 – Primeira parte do fluxo de informação representada no VSM.

## Caso Prático

Seguidamente a área de planeamento, analisa a capacidade da produção e confirma a produção das encomendas às respetivas áreas imediatamente anteriores, que por sua vez confirmam ao cliente. A partir desta confirmação, a área de planeamento de extrusão está capaz de fazer a requisição da sua matéria-prima à fábrica de matrizes e ao departamento de Gestão de Metal. Este último, torna este pedido numa encomenda e, tal como todas as outras, a área de planeamento analisa a sua capacidade para responder ao pedido. Assim que confirmado, o departamento de Gestão de Metal procede à encomenda de matéria-prima para a refusão. A Figura 22 representa a parte final deste fluxo.

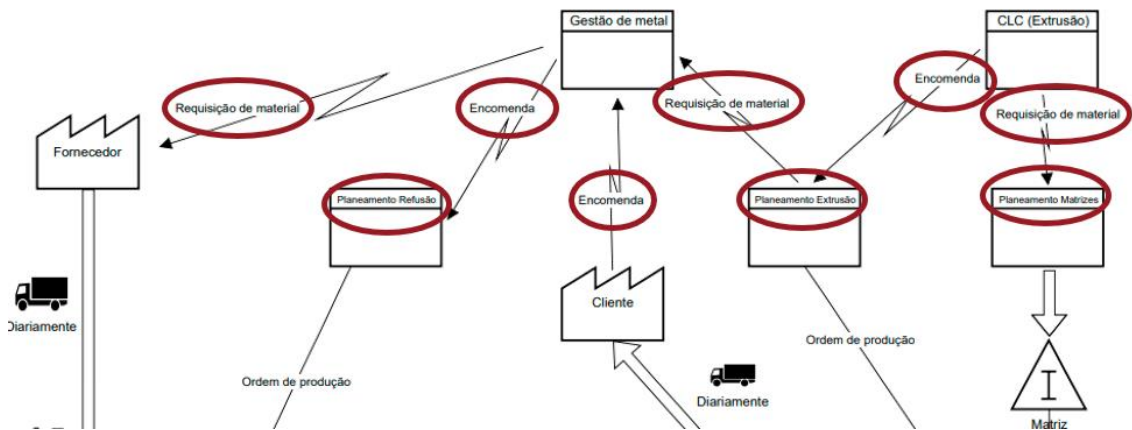


Figura 22 – Segunda parte do fluxo de informação representada no VSM.

As diferentes ordens de produção são geradas pelas áreas de planeamento, sabendo em que dias existe a receção de matéria-prima.

Utilizou-se o Value Stream Map (VSM) para descrever todo o processo produtivo no qual são abrangidas as várias áreas de produção. Ao longo da descrição dos fluxos anterior foram usadas partes deste mapa para tornar a explicação mais visual. Com o VSM é possível verificar todo o fluxo de material existente entre cada processo, sendo um dos recursos que permite relacionar o fluxo de material com o fluxo de informação em prática. Desta forma é possível encontrar facilmente o local onde a eliminação de desperdícios é prioritária, dado que uma das formas de reduzir desperdícios assenta no correto fluxo de informação, nomeadamente por não existir qualquer planeamento logístico. Na Figura 23 é possível visualizar-se o VSM que caracteriza a situação inicial.

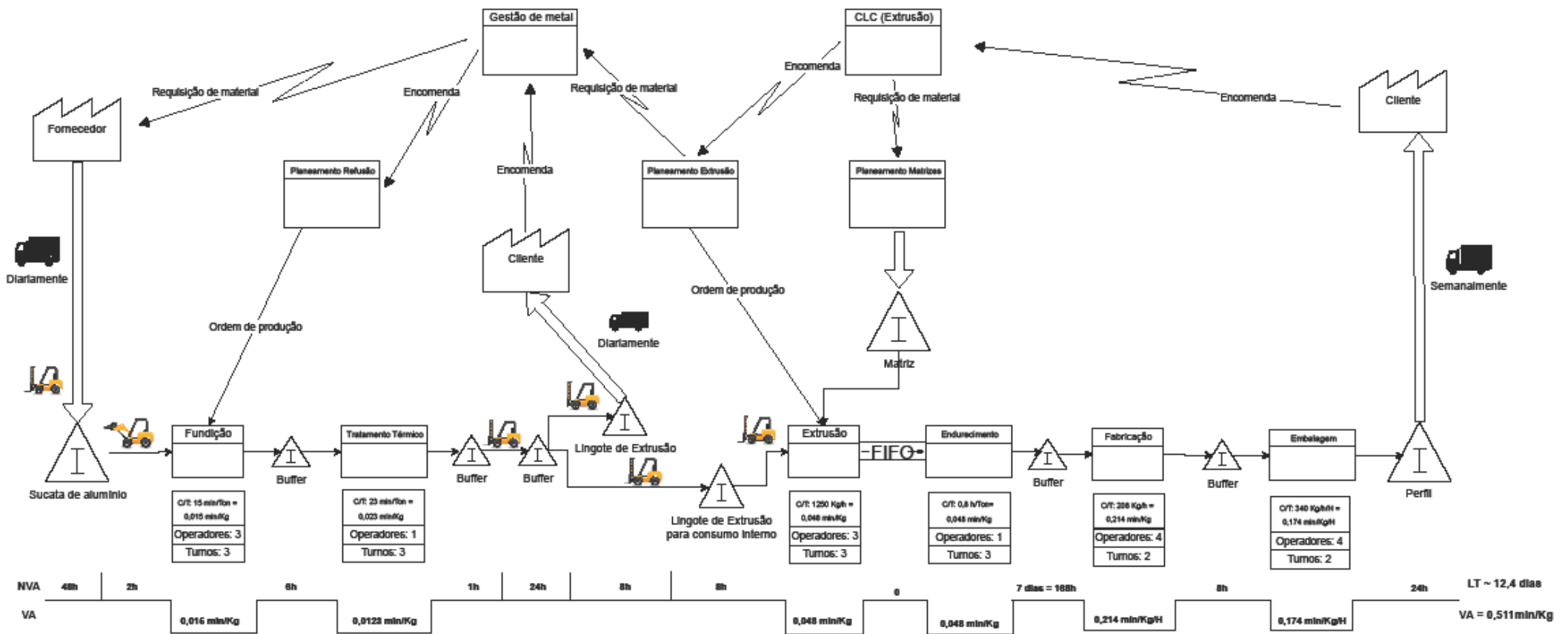


Figura 23 – Value Stream Map da situação inicial.

### 4.3. Propostas de melhoria

Tendo em conta a descrição do processo logístico existem vários aspetos suscetíveis de melhoria e que devem ser modificados. Esta secção irá identificar algumas lacunas e apresentar propostas de melhoria.

O processo logístico é garantido por dois operadores que, daqui em diante, serão designados com operador logístico 1 e 2. A Tabela 4 permite visualizar as suas funções.

Tabela 4 – Intervenientes no processo logístico e as suas funções.

	<b>Funções</b>	<b>Origem</b>	<b>Destino</b>
<b>Operador logístico 1</b>	Expedição de produto acabado	Zona de expedição	Cais de carga
	Abastecimento da Extrusão com matéria-prima	Zona de armazenamento para consumo interno	Extrusão
	Recolha de desperdício resultante do processo	Extrusão	Parque de Sucata
	Recolha de produto acabado	Refusão	Armazenamento intermédio
<b>Operador logístico 2</b>	Receção de matéria-prima da refusão	Cais de descarga	Parque de Sucata
	Transporte de Consumíveis utilizados na embalagem do produto final da extrusão	Armazém	Extrusão

Foi utilizado o método de estudo de tempo para analisar o tempo de atividade dos operadores para cada uma das tarefas, considerando diferentes unidades de movimentação. Assim, a Tabela 5 apresenta os dados recolhidos durante um mês e meio de observações, onde:

*U – Unidade de movimentação*

*N – Número de observações*

*$\bar{t}$  – Tempo médio, no formato "mm:ss"*

*M – Número de unidades de movimentação*

*t – Tempo gasto por unidade de movimentação, no formato "mm:ss"*

Tabela 5 – Estudo de tempos das atividades dos operadores logísticos.

Funções		<i>U</i>	<i>N</i>	$\bar{t}$ ("mm: ss")	<i>M</i>	<i>t</i> ("mm: ss")
Expedição de produto acabado	7"	Palete	2	33:33	12	02:48
	8"		3	34:11	12	02:51
	9"		3	38:06	12	03:11
Abastecimento da Extrusão com matéria-prima		Palete	7	03:27	1	03:27
Recolha de desperdício resultante do processo	Sucata P4 Comprida	Contentor	8	07:41	1	07:41
	Sucata P4 L's		10	07:40	1	07:40
	Sucata P4 Limalha		4	05:06	1	05:06
	Sucata P4 Bolachas		6	04:53	1	04:53
	Sucata RT Bruta		5	06:38	1	06:38
	Sucata RT Cravada		6	05:23	1	05:23
	Sucata Fab Comprida		1	05:12	1	05:12
	Sucata Fab Curta		6	05:20	1	05:20
	Sucata Embalagem		9	16:50	1	16:50
Recolha de produto acabado		Palete	4	03:12	3	01:04
Receção de matéria-prima da refusão	Sucata Solta	-	3	14:14	-	-
	Sucata paletizada	Palete	6	29:49	18	01:39
	Alumínio puro	Palete	2	38:44	24	01:37
Transporte de Consumíveis utilizados na embalagem do produto final da extrusão		Palete	3	05:32	1	05:32

Após as observações diárias rapidamente foi possível identificar que os operadores logísticos priorizavam algumas das suas tarefas e que, conseqüentemente, acabavam por não realizar as restantes. O operador logístico 1 despendia todo seu tempo na expedição e recolha de produto acabado da refusão, enquanto o operador logístico 2 investia o seu tempo na receção de matéria-prima da refusão. Para que ambos cumprissem com estas funções as restantes acabam por não serem realizadas atempadamente, pelo que é necessária a intervenção de operadores do processo produtivo. Este é o principal problema no abastecimento à extrusão. A ineficiência da produção é causada pela escassez de matéria-prima e para evitar isto, um operador da extrusão acaba por realizar o abastecimento. Da mesma forma, também a recolha de sucata gerada pelo processo não é garantida pelos operadores logísticos. Como os tamanhos dos

## Caso Prático

contentores de sucata são limitados, é necessário que um operador de produção interrompa o seu trabalho para realizar a tarefa.

Para perceber onde se podia melhorar, calculou-se a taxa de ocupação de cada um destes operadores, considerando apenas as três atividades que priorizaram durante o mês de fevereiro. Considere-se que cada um deles trabalhou 21 dias, 8h por dia. Assim, na totalidade, cada um fez 10080 min de trabalho.

Para as tarefas de expedição do produto acabado da refusão e receção de matéria-prima considerou-se a tarefa como realizada sempre que ocorreu a carga ou descarga de um camião. Consultando o mapa de camiões da refusão no mês de fevereiro, foi possível obter-se uma taxa de ocupação de 34,5% para o operador logístico 1 e 34,5% para o operador logístico 2. A Tabela 6 apresenta os cálculos, onde:

$N$  – Número de tarefas

$\bar{t}$  – Tempo médio, no formato "mm:ss"

$TN$  – Tempo aprox. despendido na tarefa, em min

$TT$  – Tempo aprox. despendido em todas as tarefas, em min

$\%TO$  – Taxa de ocupação, em %

$\%TD$  – Taxa de desocupação, em %

Tabela 6 – Taxa de ocupação dos operadores logísticos para duas das suas funções no mês de fevereiro.

Operador	Funções	$N$	$\bar{t}$ ("mm:ss")	$TN$ (min)	$TT$ (min)	$\%TO$	$\%TD$	
Operador logístico 1	Expedição de produto acabado	7"	20	33:33	660	3482	34,5%	65,5%
		8"	34	34:11	1156			
		9"	34	49:06	1666			
Operador logístico 2	Receção de matéria-prima da fundição	Sucata Solta	91	14:14	1274	3497	34,7%	65,3%
		Sucata paletizada	52	29:49	1560			
		Alumínio puro	17	38:44	663			

Resta ainda perceber qual a taxa de ocupação do operador logístico 1 a realizar a tarefa de recolha de produto acabado da refusão. Considere-se que a refusão produziu, no mês de fevereiro, uma média diária de 81022 Kg. Sendo que o operador logístico apenas labora no turno central, supõe-se que teria cerca de 27000 Kg para recolher e mover desde a refusão até o armazenamento intermédio. Dependendo do diâmetro do bilete, o peso por palete varia. Para 7" uma paleta pesa 2015 Kg, para 8" 2096 Kg e para 9" 2001 Kg. Assumindo um peso médio de

2037 Kg por palete, o operador teria de mover 13 paletes, o que resultava numa taxa de ocupação de 0,13%. Abaixo, a Tabela 7 mostra este resultado, onde:

*P* – Produção diária média na refusão, no mês de fevereiro, em Kg

*Pt* – Produção média por turno na refusão, no mês de fevereiro, em Kg

*TM* – Total de paletes a mover

*p* – Peso médio de uma paleta de biletas

*t* – Tempo gasto por unidade de movimentação, no formato "mm:ss"

*TT* – Tempo total aprox., em min

*%TO* – Taxa de ocupação, em %

Tabela 7 – Taxa de ocupa do operador logístico 1 para uma das suas funções no mês de fevereiro.

Funções	<i>P</i>	<i>Pt</i>	<i>TM</i>	<i>p</i>	<i>t</i> ("mm:ss")	<i>TT</i> (min)	<i>%TO</i>
Recolha de produto acabado	81022	27000	13	2037	01:04	14	0,13%

Assim sendo, cada um dos operadores logísticos utiliza apenas, aproximadamente, 35% do tempo a exercer as atividades que priorizam, o que prova que o restante tempo é utilizado para atividades que não acrescentam valor. Neste sentido, é notória a falta de utilização da totalidade de capacidades dos recursos humanos, identificando-se assim um desperdício.

É necessário agora identificar quais as atividades que não agregam valor, para que posteriormente se criem oportunidades de melhoria. Com o intuito de perceber quais os diferentes desperdícios foi feito um diagrama de esparguete para uma destas tarefas, a recolha de produto acabado. Na Figura 24 é possível perceber-se a existência de elevadas movimentações por falta de organização, trajetos mal definidos ou até mesmo movimentações em vazio. Isto acontece, pois, o operador logístico não é conhecedor do destino final do material que está a mover, por isso, move-o para uma zona intermédia, sem qualquer critério. A partir desta zona o material vai seguir para uma segunda zona de armazenamento, seja a zona de expedição, onde são organizadas as cargas, ou a zona de consumo interno. A constante movimentação do mesmo material demonstra a ausência de planeamento logístico e organização, bem como falta de informação. Isto é um contributo para a redução do tempo disponível para a realização das restantes tarefas. Deve-se, portanto, otimizar rotas de transporte, reduzindo movimentações em vazio e evitar armazenamentos intermédios.

## Caso Prático

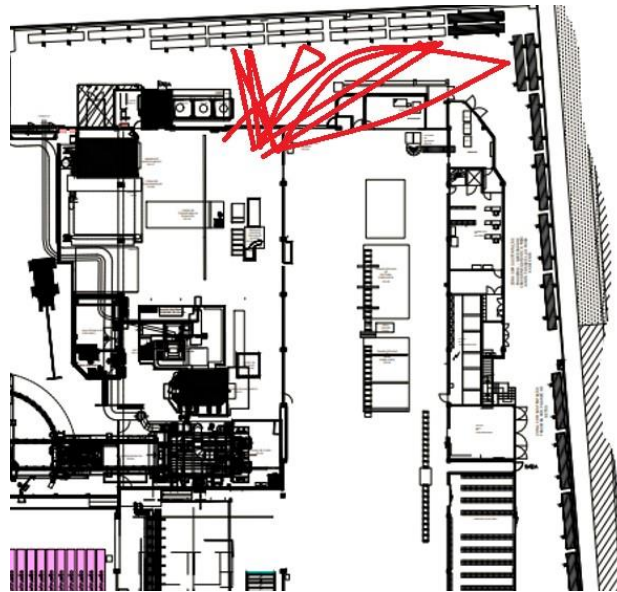


Figura 24 – Diagrama de esparguete realizado durante a tarefa de recolha de produto acabado da refusão.

Através dos indicadores de desempenho do processo de extrusão é possível saber qual é a percentagem de sucata gerada mensalmente. Sempre que os diferentes desperdícios são movimentados até ao parque de sucata têm de ser pesados. Em cada viagem gera-se um talão de pesagem, conforme o exemplo apresentado na Figura 25. Com estes talões é possível quantificar o número de viagens feitas por tipo de sucata, a quantidade de material movida e o tempo necessário para a tarefa.

Hydro Aluminium Extrusion Portugal HAEP, S.A.  
Travessa Nova das Alheiras, 216  
4415-272 Pedroso  
NIF: 508108519  
TEL: 227865900

Talão de Pesagem Nº 25765

Data: 2024-09-13  
Entrada: 06:19:39  
Saída: 06:19:50

(ORIGINAL)

Forneecedor	:	-
Morada	:	
Localidade	:	
Cód. Postal	:	
Contribuinte	:	Consumidor Final
Transportador	:	-
Matricula	:	
Guia Req.	:	
Produto	:	SP4 - Sucata P4
Peso Bruto	:	7880 Kg
Tara	:	7440 Kg
Peso Líquido	:	440 Kg
Unid. Produto	:	Kg
Tx. Conversão	:	1
Liq. Convertido	:	440 Kg

O Motorista \_\_\_\_\_

O Responsável \_\_\_\_\_

(Processado por Computador)

Figura 25 – Exemplo de talão de pesagem.

Considere-se os dados do mês de fevereiro e o processo de extrusão dividido por três subáreas: extrusão, fabricação/rotura térmica e embalagem. Durante o mês um operador de cada uma das áreas fez respetivamente, 181 viagens (Figura 26), 11 viagens (Figura 27) e 7 viagens (Figura 28). Das 181 viagens realizadas para levar desperdício gerado no processo de extrusão, 49 foram para sucata comprida, 14 para limalha, 29 para bolachas e 89 para sucata curta. Na fabricação/rotura térmica, 2 viagens foram para levar sucata de rotura térmica bruta, 4 viagens para sucata cravada e 5 viagens para sucata de fabricação curta.

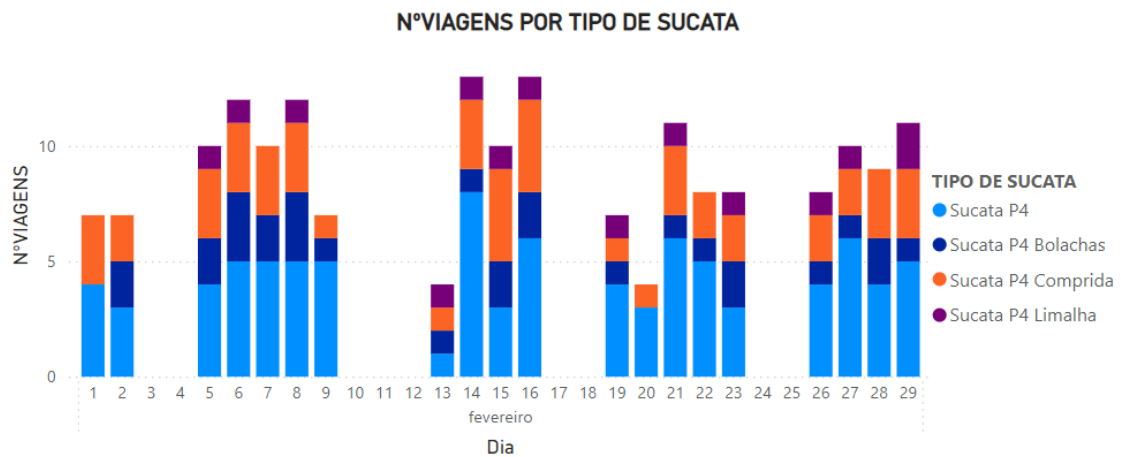


Figura 26 – Número de viagens realizadas durante o mês de fevereiro para recolher sucata gerada no processo de extrusão.

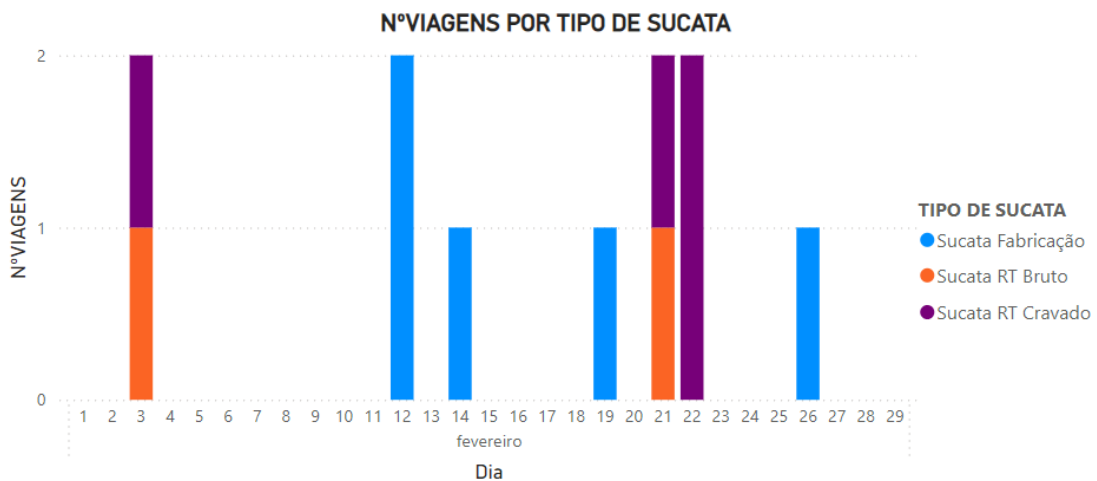


Figura 27 – Número de viagens realizadas durante o mês de fevereiro para recolher sucata gerada nos subprocessos de fabricação e rotura térmica.

Caso Prático

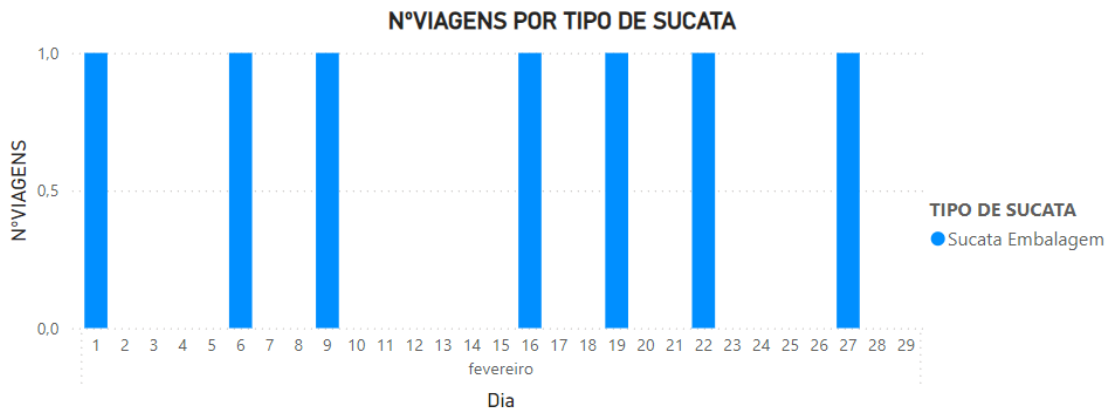


Figura 28 – Número de viagens realizadas durante o mês de fevereiro para recolher sucata gerada no subprocesso de embalagem.

Considerem-se os tempos médios para cada uma destas tarefas os tempos anteriormente apresentados na Tabela 5. Para cada um destes tipos de sucata calculou-se o tempo desperdiçado em viagens, apresentado na Tabela 8, onde:

$U$  – Unidade de movimentação

$N$  – Número de movimentações, no mês de fevereiro

$\bar{t}$  – Tempo médio, no formato "mm:ss"

$t$  – Tempo total aprox., em min

Tabela 8 – Tempo gasto em viagens para levar sucata, no mês de fevereiro

Funções		$U$	$N$	$\bar{t}$ ("mm:ss")	$t$ (min)
Recolha de desperdício resultante do processo	Sucata P4 Comprida	Contentor	49	07:41	377
	Sucata P4 L's		89	07:40	683
	Sucata P4 Limalha		14	05:06	72
	Sucata P4 Bolachas		29	04:53	142
	Sucata RT Bruta		2	06:38	14
	Sucata RT Cravada		4	05:23	22
	Sucata Fab Curta		5	05:20	27
	Sucata Embalagem		7	16:50	118

Isto totaliza um tempo de 1274 min perdidos pelo operador de extrusão, 63 minutos pelo operador de fabricação e 118 min pelo operador de embalagem.

O mesmo acontece no que toca ao abastecimento de matéria-prima da prensa. Durante o mês de fevereiro o consumo médio diário de bilete foi de 566809 Kg. Cada palete de 7" pesa 2015 Kg, portanto foram necessárias aproximadamente 282 paletes para abastecer a extrusão. O

tempo médio para a realização desta tarefa, em *mm:ss*, é 03:27. O que significa que foram gastos aproximadamente 973 min durante o mês de fevereiro na tarefa logística de abastecimento desta área produtiva. Neste sentido, é notória a falta de planeamento logístico, encontrando-se aqui mais uma oportunidade de melhoria.

Em suma, o que se pretende é um sistema que aumente a produtividade logística, criando um fluxo de material consistente, com critério e que se adapte às necessidades que tem surgido. É então necessário reinventar as formas de recolher, transportar, armazenar, colocar e distribuir os diversos materiais, produtos e desperdícios, identificar e tentar corrigir as principais ineficiências detetadas, nomeadamente:

- Falta de planeamento logístico
- Rotas pouco otimizadas e movimentações em vazio;
- Desorganização dos espaços exteriores para arrumação de materiais;
- Falhas na comunicação com os operadores logísticos.

## Caso Prático

## **5. Resultados e Discussão**

Este capítulo descreve o resultado das diferentes ações de melhoria. Assim, é facilmente justificável a importância das ações. Os ganhos estimados comprovam os resultados esperados e, certamente, será o suficiente para a aceitação das boas práticas não implementadas no futuro.

### **5.1. Apresentação de resultados**

No capítulo anterior, foi apresentado o funcionamento da logística, com foco no fluxo de materiais, que apresenta diversas deficiências que comprometem a sua otimização. Os materiais são movimentados de forma desorganizada, sem critérios definidos, pelos operadores logísticos, revelando falhas no fluxo de informações. Além disso, a desorganização e o excesso de movimentações foram identificados como desperdícios, que precisam ser corrigidos. O cálculo das taxas de ocupação dos operadores em determinadas tarefas também indicou que há espaço para a realização de outras atividades, até então não realizadas por eles.

Em resposta aos problemas identificados e alinhado com os objetivos da empresa, foi decidido avançar com a criação de um departamento logístico, cuja função seria coordenar os operadores, planejando as suas tarefas. A viabilidade desta iniciativa foi comprovada pelos estudos anteriormente realizados, que demonstravam a clara necessidade de melhorar a eficiência e a organização do fluxo de materiais e informações.

Como ponto de partida para a criação do novo departamento foi necessário definir a sua estrutura. Assim, ficou estabelecido que os operadores logísticos reportavam ao novo coordenador que, por sua vez, reportava ao Centro Logístico de Clientes (Figura 29). Apesar do CLC estar diretamente relacionado com a extrusão, existe um fluxo de informação entre as áreas produtivas, refusão e extrusão, com o departamento logístico.

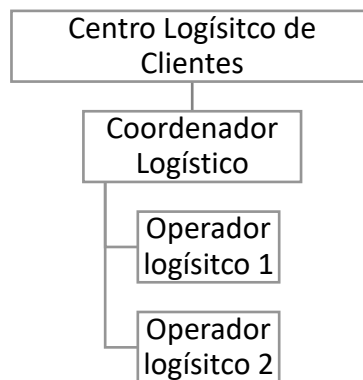


Figura 29 – Organograma do departamento logístico.

A partir deste momento, o coordenador logístico é a pessoa conhecedora do plano de receção de matéria-prima da refusão e de entregas de material e, portanto, consegue criar um planeamento logístico que garante a atempada movimentação dos materiais. Os materiais só devem ser movidos aquando de uma ordem de movimentação, dada por esta pessoa. Assim, o operador logístico sabe exatamente para onde deve mover o material, evitando movimentações excessivas.

Como exemplo, utilizar-se-á a tarefa de remoção do produto acabado da refusão. Os billetes, que aguardam em *buffer* dentro da refusão, no final do processo produtivo, eram movidos para uma zona de armazenagem intermédia, 24h antes de serem utilizados, ou seja, o planeamento de produção da refusão garante que o material está pronto 24h antes da sua utilização ou expedição. Esta armazenagem intermédia apenas era utilizada pois o operador não sabia atempadamente qual seria o destino final daquele material. Apesar das zonas de expedição e de consumo interno estarem devidamente assinaladas no parque de billetes, não eram corretamente utilizadas. No início do seu turno o operador era informado do destino final do material e por isso alimentava, de forma desorganizada, as zonas de expedição e zonas de consumo interno. Agora, o material removido da refusão é diretamente levado para o respetivo local, sendo armazenado por ligas na zona de armazenagem para consumo interno (Figura 30) e por cargas, na zona de expedição.



Figura 30 – Zona de armazenamento para consumo interno, organizada por ligas.

Com esta ação de melhoria implementada, conseguiu-se eliminar uma zona de armazenagem (Figura 31).



Figura 31 – Zona de armazenagem intermédia inutilizada.

Em consequência, o VSM também sofreu alterações. A Figura 32 mostra o as principais alterações.

## Resultados e Discussão

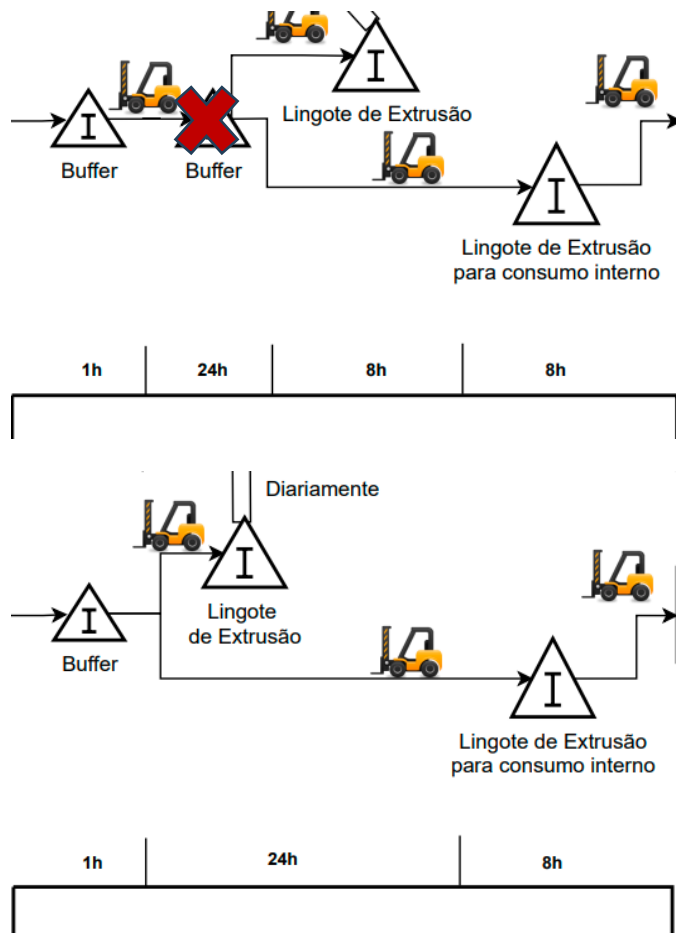


Figura 32 – Antes e depois do VSM, com eliminação da zona de armazenagem intermédia

O *lead time* do processo foi reduzido de 12,4 dias para 12 dias. A Figura 33 caracteriza, utilizando o VSM, o resultado obtido.

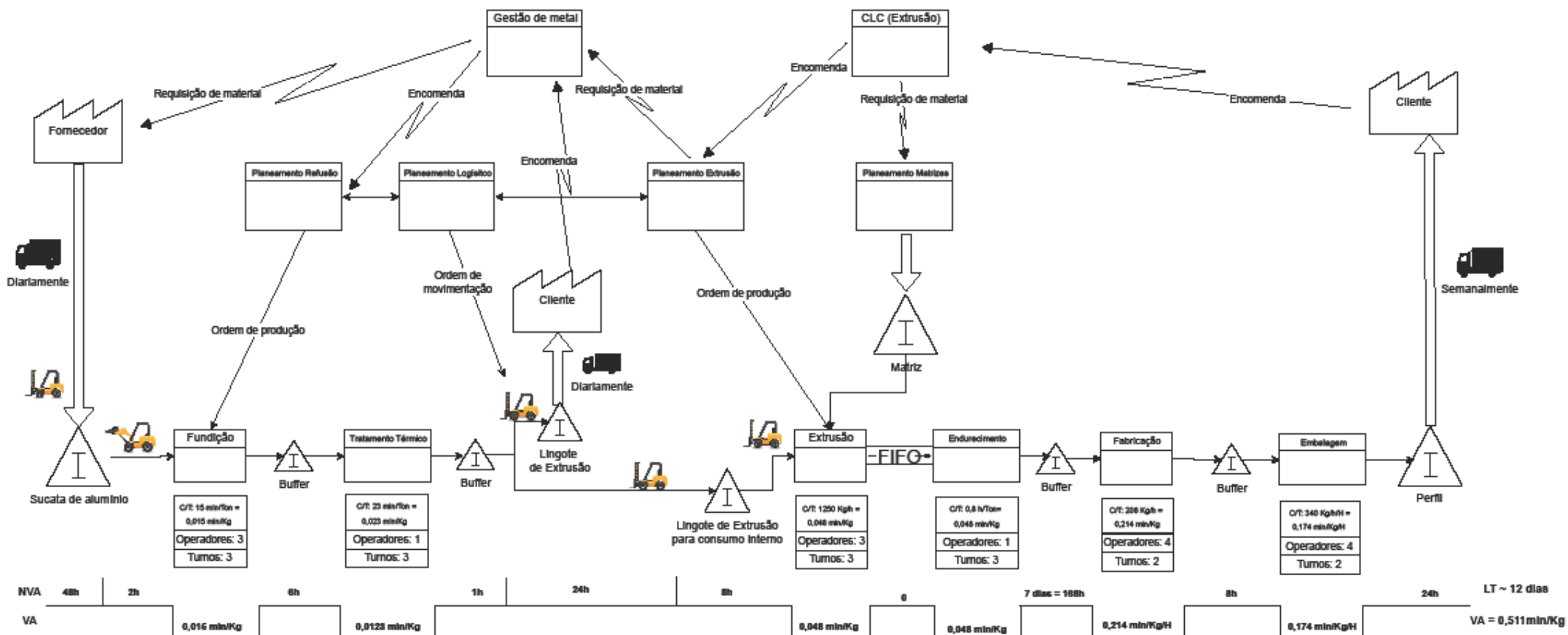


Figura 33 – Value Stream Map da situação final.

Para além disto, eliminaram-se movimentações em vazio e rotas mal otimizadas que o operador logístico 1 realizava durante esta tarefa. Na Figura 34 consegue ver-se o novo diagrama de esparguete da realização da tarefa de remoção de produto acabado da refusão, neste caso até a zona de expedição.

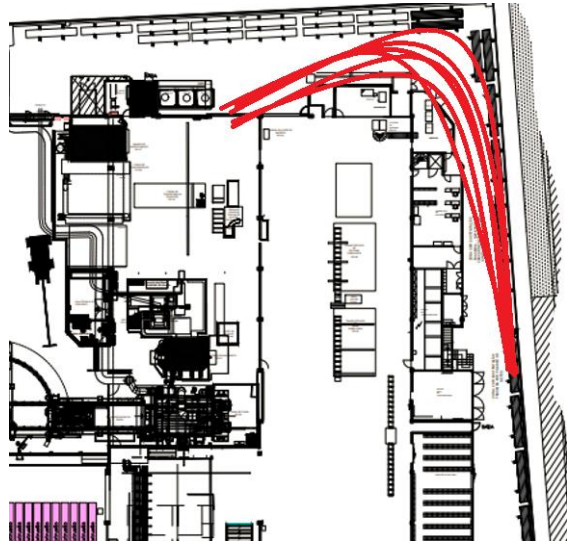


Figura 34 – Diagrama de esparguete atual, realizado durante a tarefa de recolha de produto acabado da refusão.

O departamento logístico veio naturalmente melhorar as lacunas no sistema de comunicação entre os operadores logísticos e as restantes áreas produtivas. Neste momento as necessidades de movimentação material são comunicadas ao coordenador. Contudo, e promovendo a digitalização, foi feita a proposta de criar um sistema digital. O sistema gera uma autorização para a movimentação do material, informando os operadores logísticos das diferentes tarefas a realizar. Para isto seria necessário instalarem-se *tablets* nos empilhadores e nas áreas produtivas, para que pudessem comunicar as suas necessidades, como por exemplo as recolhas de desperdício. Embora a ideia tenha sido considerada promissora, infelizmente não foi possível colocá-la em prática no momento devido a restrições orçamentárias e por ser possível que o coordenador logístico realizasse essa comunicação.

Apesar de já terem sido feitas melhorias, existe ainda espaço para se planear as restantes movimentações. Sabendo a taxa de ocupação dos operadores logísticos com as tarefas de expedição, recolha de produto acabado e receção de matéria-prima da refusão é necessário criar um conjunto de ações para que as restantes tarefas logísticas sejam cumpridas e para se otimizar a realização dessas tarefas.

A ação de melhoria sugerida é planear a recolha dos desperdícios do processo de extrusão e o abastecimento para evitar paragens de um operador de produção. Consultando os indicadores de processo sabe-se que a extrusão trabalhou 450,53h no mês de fevereiro, a fabricação/rotura térmica trabalhou 296,5h e a embalagem trabalhou 280,7 h. Conhecendo o número de viagens feitas durante o mês por tipo de sucata é possível obter-se a frequência por 24h de cada uma dessas viagens. A Tabela 9 mostra esses resultados, onde:

*U – Unidade de movimentação*

*N – Número de movimentações, no mês de fevereiro*

*Freq – Frequência de cada viagem em 24h*

Tabela 9 – Frequência de viagens feitas para abastecimento e recolha de desperdícios na extrusão, durante o mês de fevereiro.

Funções		<i>U</i>	<i>N</i>	<i>Freq</i>
<b>Recolha de desperdício resultante do processo</b>	Sucata P4 Comprida	Contentor	49	2,6
	Sucata P4 L's		89	4,7
	Sucata P4 Limalha		14	0,7
	Sucata P4 Bolachas		29	1,5
	Sucata RT Bruta		2	0,2
	Sucata RT Cravada		4	0,3
	Sucata Fab Curta		5	0,4
	Sucata Embalagem		7	0,6
<b>Abastecimento da Extrusão com matéria-prima</b>		Palete	282	15

Com isto é possível planearem-se as viagens e garantir que a produção não vai parar. Assim, e sabendo que os operadores logísticos só operam durante o turno central (08h-16h) o ideal, inicialmente, seria criar um horário pré-definido para que realizassem cada uma destas tarefas. A sugestão dada é apresentada na Tabela 10.

## Resultados e Discussão

Tabela 10 – Horários planeados para a realização de algumas tarefas logísticas.

Funções		08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	15:30h
Recolha de desperdício resultante do processo	Sucata P4 Comprida	X				X				X
	Sucata P4 L's	X				X				X
	Sucata P4 Limalha					X				
	Sucata P4 Bolachas	X								X
	Sucata RT Bruta					X				
	Sucata RT Cravada					X				
	Sucata Fab Curta					X				
	Sucata Embalagem					X				
Abastecimento da Extrusão com matéria-prima		X		X		X		X		X

Estes horários foram pensados para criar a boa prática de no início e fim de turno deixar a área limpa e arrumada para o turno seguinte. As movimentações noutras horas que não as 08h ou 15:30h acontecem devido à necessidade calculada com base na frequência. Contudo, a frequência das viagens foi calculada para 24h. Apesar de algumas delas conseguirem ser garantidas durante o turno central, isto representa uma solução que apenas elimina a necessidade de interromper a produção durante este turno.

Com recurso à produtividade de cada uma das áreas apresentada nos KPI's de fevereiro é possível calcular-se os ganhos de produtividade se esta ação fosse implementada. A Tabela 11 mostra que os resultados para o mês de fevereiro poderiam ter sido mais favoráveis, produzindo-se mais 7564,3 Kg de produto na extrusão, mais 54,6 Kg na rotura térmica e mais 550,8 Kg embalados. Considere-se que:

*P – Produtividade em Kg/h/H, no mês de fevereiro*

*t – Tempo total aprox. gasto em movimentações logísticas, em min*

*GP – Ganho de produtividade, em Kg, no mês de fevereiro*

Tabela 11 – Quantidade de produção desperdiçada, no mês de fevereiro, por realização de tarefas logísticas.

Funções	Área	<i>P (Kg/h/H)</i>	<i>t (min)</i>	<i>GP (Kg)</i>
Recolha de desperdício resultante do processo	Extrusão	202	1274	4288,5
	Embalagem	280	118	550,8
	Fabricação e rotura térmica	52	63	54,6
Abastecimento da Extrusão com matéria-prima		202	973	3275,8

Assim, se nenhum dos operadores produtivos interrompesse a sua tarefa, a produtividade aumentaria, em média, 1,7%, por mês.

## 5.2. Discussão de resultados

O presente projeto demonstrou o impacto que a implementação de práticas de melhoria pode trazer para a logística interna de uma indústria. A melhoria dos processos logísticos iniciou-se pela identificação de problemas, apontando vários desperdícios e ações para a eliminação dos mesmos. Com isto foi possível mostrar os diferentes ganhos, tais como redução do *lead time* de aproximadamente 12,4 dias para 12 dias com eliminação de uma zona de armazenagem, ou seja, de uma atividade que não agrega valor e criação de um fluxo de informação logístico. Também foi possível prever os ganhos para a criação de um planeamento de recolha de desperdícios gerados na extrusão e abastecimento. Assim, se implementadas as ações, a extrusão aumentaria 1,7% a sua produtividade no mês de fevereiro.

Recorrendo a métodos como o VSM, que foi utilizado para mapear a situação inicial e, consequentemente, como ponto de partida para compreensão dos fluxos de materiais e informação. Serviu também para preparar ações de melhoria, uma vez que evidenciou os setores envolvidos na cadeia de valor, bem como atividades que não acrescentam valor tanto no processo produtivo como logístico. Já o diagrama de esparguete, serviu para identificar várias movimentações por parte dos operadores logísticos. As medições do trabalho, com recurso à cronometragem, ajudaram a quantificar, nomeadamente, a determinar a taxa de ocupação de cada operador em algumas das suas tarefas. Por fim, os 5S foram a solução proposta para melhorar os locais de armazenamento, a eficiência e eficácia de todos os processos.

Em suma, o presente projeto resume a simultânea implementação de vários métodos e ferramentas, habitualmente descritos na literatura, com foco na melhoria do fluxo logístico.

## Resultados e Discussão

## 6. Conclusão

Neste capítulo final, são apresentadas as conclusões finais e as dificuldades sentidas ao longo do projeto, nomeadamente na sua implementação. Adicionalmente, são apresentadas algumas orientações para trabalhos que possam existir no futuro.

### 6.1. Conclusões finais

É recorrente a necessidade de melhoria contínua das unidades industriais. A necessidade de aumentar a sua eficácia e eficiência, eliminar desperdícios e otimizar processos deve-se à procura cada vez mais exigente e os níveis de competitividade. O grande objetivo do presente trabalho passou pela compreensão de um processo produtivo e logístico, pela identificação dos principais pontos a melhorar e sugestão de como alcançar as diferentes melhorias. Encontrou-se um sistema pouco organizado, com falhas devido à falta de planeamento e comunicação com os operadores. Com uma análise mais detalhada, foram identificados vários desperdícios que prejudicam o fluxo logístico.

Como ferramentas para a melhoria, estudou-se o modelo de *Total Flow Management* (TFM), utilizou-se o *Value Stream Mapping* (VSM) para mapear a situação inicial, permitindo analisar os fluxos de materiais e informação. Esta ferramenta facilitou a identificação dos desperdícios na logística interna. Deste trabalho resulta um conjunto de ações de melhoria que garantem um planeamento logístico, uma fácil comunicação com os operadores logísticos e uma otimização de rotas de movimentações.

Os bons resultados podem ser alcançados, apesar de que isso possa exigir algumas mudanças. A formação e o envolvimento dos colaboradores podem ser o ponto de partida para a implementação das sugestões. Criar um espírito de que a melhoria é contínua e que nunca é tarde para fazer mais e melhor. É importante fazer sentir que cada um deles está envolvido na mudança.

### 6.2. Limitações e trabalhos futuros

Não foi possível implementar todas as propostas apresentadas, dado o término do projeto. Contudo, com as indicações fornecidas neste documento, é possível implementá-las e aumentar assim a produtividade e competitividade desta unidade industrial. É necessário o empenho de todos para que estas melhorias sejam possíveis. A resistência à mudança e o

## Conclusão

comodismo podem ser o principal entrave encontrado ao longo das tentativas de implementação e, portanto, formar as pessoas para a importância do tema e os benefícios pode ser um passo chave para o sucesso na implementação.

Esta dissertação aponta variadas sugestões de melhoria. Recomenda-se que cada uma delas seja seguida de forma atenta e como um projeto independente. A implementação de um comboio logístico, apesar de difícil por motivos de *layout*, pode ser também uma solução.

Por fim, devem ser feitos com regularidade novos ciclos de recolha de dados e análise. Devem ser criados planos de ação que promovam a constante melhoria contínua.

# Referências

- Agrahari, R. S., Dangle, P. A., & Chandratre, K. V. (2015). Implementation of 5S Methodology in the Small Scale Industry: a Case Study. *International Journal of Advance Research and Innovation*, 3(1), 254–264. <https://doi.org/10.51976/ijari.311543>
- Alnahhal, M., Ridwan, A., & Noche, B. (2014). In-plant milk run decision problems. *Proceedings of 2nd IEEE International Conference on Logistics Operations Management, GOL 2014*, 85–92. <https://doi.org/10.1109/GOL.2014.6887421>
- Anoop, G. M., Muhammed, & Vivekanand, S. G. (2020). A Brief Overview on Toyota Production System (TPS). *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 8(5), 2505–2509. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2020.5415>
- Benhamou, L., Lamouri, S., Burlat, P., & Giard, V. (2023). Digital Twin: An Added Value for Digital CONWIP in the Context of Industry 4.0. *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su15139874>
- Bhat, V. S., Bhat, S., & Gijo, E. V. (2021). Simulation-based lean six sigma for Industry 4.0: an action research in the process industry. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 38(5), 1215–1245. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-05-2020-0167>
- Bocewicz, G., Banaszak, Z., Rudnik, K., Smutnicki, C., Witczak, M., & Wójcik, R. (2021). An ordered-fuzzy-numbers-driven approach to the milk-run routing and scheduling problem. *Journal of Computational Science*, 49. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2020.101288>
- Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J. (1999). Are push and pull systems really so different? *International Journal of Production Economics*, 59(1–3), 53–64. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00094-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00094-2)
- Christopher, M. (2011). *Logistic & Supply Chain Management (Fourth)*. Pearson Education, Limited.
- Coimbra, E. A. (2013). O Modelo Kaizen Lean Total Flow Management: A prática da logística moderna. In *Coletânea Luso-Brasileira (4ª)*. Gestão da Informação, Inovação e Logística.
- Dadashnejad, A. A., & Valmohammadi, C. (2018). Investigating the effect of value stream mapping on operational losses: a case study. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 16(3), 478–500. <https://doi.org/10.1108/JEDT-11-2017-0123>
- De Toni, A., Caputo, M., & Vinelli, A. (1988). Production Management Techniques: Push-Pull Classification and Application Conditions. *International Journal of Operations & Production Management*, 8(2), 35–51. <https://doi.org/10.1108/eb054818>
- Fenza, G., Loia, V., & Nota, G. (2021). Patterns for visual management in industry 4.0. *Sensors*, 21(19). <https://doi.org/10.3390/s21196440>
- Filip, F. C., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management performances. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 95(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/95/1/012127>
- Fritze, C. (2016). *The Toyota Production System The Key Elements and the Role of Kaizen within the System*.
- Gyulai, D., Pfeiffer, A., Sobottka, T., & Váncza, J. (2013). Milkrun vehicle routing approach for shop-floor logistics. *Procedia CIRP*, 7, 127–132. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.05.022>
- Hales, D. N., Siha, S. M., Sridharan, V., & McKnew, J. I. (2006). Prioritizing tactical quality improvement: An action research study. *International Journal of Operations and Production Management*, 26(8), 866–881. <https://doi.org/10.1108/01443570610678648>

## Referências

- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hines, P., & Rich, N. (1997). The seven value stream mapping tools. In *International Journal of Operations and Production Management* (Vol. 17, Issue 1, pp. 46–64). <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420–437. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.001>
- HYDRO. (2024a, May). *Bauxite & alumina*. <https://www.hydro.com/pt/global/aluminium/products/bauxite-alumina/>
- HYDRO. (2024b, May). *Hydro Extrusion Avintes*. <https://www.hydro.com/pt/global/sobre-a-hydro/a-hydro-no-mundo/europe/portugal/avintes/hydro-extrusion-avintes/>
- HYDRO. (2024c, May 15). *Ciclo de vida do alumínio*. <https://www.hydro.com/pt/global/aluminium/sobre-aluminio/ciclo-de-vida-do-aluminio/>
- HYDRO. (2024d, May 15). *O nosso propósito e os nossos valores fundamentais*. <https://www.hydro.com/pt/global/sobre-a-hydro/o-nosso-proposito-e-os-nossos-valores-fundamentais/cuidado/>
- HYDRO. (2024e, May 15). *Reciclagem de Alumínio*. <https://www.hydro.com/pt/global/aluminium/sobre-aluminio/reciclagem-de-aluminio/>
- HYDRO. (2024f, May 26). *Energia*. <https://www.hydro.com/pt/global/energy/energias-renovaveis-e-novas-solucoes-de-energia/>
- HYDRO. (2024g, June 3). *A nossa estratégia – pioneira na transição para o alumínio verde, alimentada por energias renováveis*. <https://www.hydro.com/pt/global/sobre-a-hydro/our-strategy/>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>
- Knop, K. (2020). Importance of visual management in metal and automotive branch and its influence in building a competitive advantage. *Polish Journal of Management Studies*, 22(1), 263–278. <https://doi.org/10.17512/pjms.2020.22.1.17>
- Kootanaee, A. J., Nagendra Babu, K., & Talari, H. F. (2013). Just-in-Time Manufacturing System: From Introduction to Implement. *International Journal of Economics, Business and Finance*, 1(2), 07–25. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2253243>
- Kumar, C. S., & Panneerselvam, R. (2007). Literature review of JIT-KANBAN system. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 32(3–4), 393–408. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0340-2>
- Leonardo, D. G., Sereno, B., Da Silva, D. S. A., Sampaio, M., Massote, A. A., & Simões, J. C. (2017). Implementation of hybrid Kanban-CONWIP system: A case study. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 28(6), 714–736. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2016-0043>
- Li, S. G., Ni, Y., Wang, X., Shi, L., & Zhu, L. J. (2012). Design of one-piece flow production system with mixed flows: A timed process flow diagram-based approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 25(11), 996–1010. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2012.684709>
- Liker, J. K., & Meier, D. (2005). *Toyota Way Fieldbook : A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps* (1ª). The McGraw-Hill Companies,.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. In *Academy of Management Perspectives* (Vol. 20, Issue 2, pp. 5–20). Academy of Management. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>

## Referências

- Marchwinski, C., Shook, J., & Schroeder, A. (Eds.). (2008). *Lean Lexicon: A Graphical Glossary for Lean Thinkers* (Fourth). Lean Enterprise Institute.
- Matzka, J., Di Mascolo, M., & Furmans, K. (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), 49–60. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0317-3>
- Nomura, J., & Takakuwa, S. (2006). Optimization of a number of containers for assembly lines: The fixed-course pick-up system. *International Journal of Simulation Modelling*, 5(4), 155–166. [https://doi.org/10.2507/IJSIMM05\(4\)3.066](https://doi.org/10.2507/IJSIMM05(4)3.066)
- Peterson, E. T. (2006). *The Big Book of Key Performance Indicators Book Two in the Web Analytics Demystified Series First Edition*. <http://www.webanalyticsdemystified.com>
- Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, 7, 174–180. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(13\)00232-3](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(13)00232-3)
- Rangaraj, N., Raghuram, G., & Srinivasan, M. M. (2009). *Supply Chain Management for Competitive Advantage: Concepts & Cases* (1<sup>a</sup>). McGraw-Hill Education (India).
- Rewers, P., Trojanowska, J., & Chabowski, P. (2016). Tools and methods of Lean Manufacturing—a literature review. *Proceedings of 7th International Technical Conference TECHNOLOGICAL FORUM*, 135–139.
- Rohac, T., & Januska, M. (2015). Value stream mapping demonstration on real case study. *Procedia Engineering*, 100(January), 520–529. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.399>
- Sharma, V., Raut, R. D., Hajiaghaei-Keshteli, M., Narkhede, B. E., Gokhale, R., & Priyadarshinee, P. (2022). Mediating effect of industry 4.0 technologies on the supply chain management practices and supply chain performance. *Journal of Environmental Management*, 322. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115945>
- Soares, V., Figueiredo, R., Venson, E., De Araújo, L., & Queiroz, R. (2017). Inventorying systems: An action research. *ICEIS 2017 - Proceedings of the 19th International Conference on Enterprise Information Systems*, 1, 296–303. <https://doi.org/10.5220/0006336602960303>
- Stevenson, W. J. (2017). *Operations Management* (13th ed.). McGraw Hill.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tezel, A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The Functions of Visual Management. *Conference: International Research Symposium*.
- Uriona Maldonado, M., Leusin, M. E., Bernardes, T. C. de A., & Vaz, C. R. (2020). Similarities and differences between business process management and lean management. In *Business Process Management Journal* (Vol. 26, Issue 7, pp. 1807–1831). Emerald Group Holdings Ltd. <https://doi.org/10.1108/BPMJ-09-2019-0368>
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148–1148. <https://doi.org/10.1038/sj.jors.2600967>

# Declaração de Integridade

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.

NOME: Luciana Inês Rocha da Silva

ISEP, Porto, 13 de setembro de 2024



# Glossário

## **Bilete**

Um bilete é um lingote de alumínio cilíndrico utilizado na extrusão de alumínio.

## **Refusão**

Fundição de alumínio, reciclando o que já foi usado e sucitado. O metal pode ser novamente usado, sem perder nenhuma das suas propriedades originais. Este processo apenas usa 5% da energia que é usada para produzir alumínio primário.

## **Bolacha**

Termo atribuído à extremidade do bilete (*butt end*) a ser removida no final da extrusão. A bolacha contém os resíduos que constituem o “metal morto” acumulado ao longo do ciclo de extrusão.