

Universidades Lusíada

Faria, Ricardo Oliveira

Melhoria da gestão de armazém e dos processos produtivos aplicando princípios lean thinking numa empresa de fabrico de estruturas metálicas

<http://hdl.handle.net/11067/7950>

Metadados

Data de Publicação

2024

Resumo

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente industrial, na empresa LusoSteel, uma empresa dedicada à produção de estruturas metálicas. O principal objetivo é a implementação de princípios e ferramentas Lean na melhoria da gestão e organização do armazém de materiais e a definição de uma proposta de reorganização do layout produtivo. A primeira etapa do projeto concentrou-se na reorganização do armazém. Foi implementada a metodologia 5S, tendo sido efetuada uma organização, ordenação e li...

This dissertation was developed in an industrial environment, namely, LusoSteel, a company dedicated to the production of metallic structures. The main objective is the implementation of Lean principles and tools to improve the management and organization of the materials warehouse and the definition of a proposal to reorganize the production layout. The first phase of the project was focused on the warehouse reorganizing. The 5S methodology was implemented by organizing, ordering and cleaning a...

Palavras Chave

Produção lean, Gestão de Operações, Armazéns

Tipo

masterThesis

Revisão de Pares

no

Coleções

[ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2025-04-16T02:30:44Z com informação proveniente do Repositório



UNIVERSIDADE LUSÍADA
VILA NOVA DE FAMALICÃO

**MELHORIA DA GESTÃO DE ARMAZÉM E DOS PROCESSOS
PRODUTIVOS APLICANDO PRINCÍPIOS *LEAN THINKING* NUMA
EMPRESA DE FABRICO DE ESTRUTURAS METÁLICAS**

Ricardo Oliveira Faria

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

Vila Nova de Famalicão – julho 2024



UNIVERSIDADE LUSÍADA
VILA NOVA DE FAMALICÃO

**MELHORIA DA GESTÃO DE ARMAZÉM E DOS PROCESSOS
PRODUTIVOS APLICANDO PRINCÍPIOS *LEAN THINKING* NUMA
EMPRESA DE FABRICO DE ESTRUTURAS METÁLICAS**

Ricardo Oliveira Faria

Orientadora: Professora Doutora Ana Cristina Ferreira

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

Agradecimentos

Para a realização da presente dissertação, foram várias as pessoas que deram o seu contributo, de forma direta ou indireta, nas mais variadas etapas, sendo que gostaria de expressar a minha gratidão.

Antes de mais, um enorme agradecimento à LusoSteel por acolher com recetividade este projeto de dissertação ao longo de nove meses. Gostaria de agradecer a todos os colaboradores e administração, com um agradecimento especial ao Sr. Pedro Oliveira e à Sra. Isabel Campos. Agradeço também à minha orientadora, a Prof.^a Doutora Ana Cristina Ferreira, que, através de muito empenho, dedicação e crença na dissertação, permitiu a sua conclusão. Sem a professora, a motivação e o resultado não seriam os mesmos, o meu muitíssimo obrigado.

Por último, um agradecimento muito especial aos meus pais, as pessoas mais importantes da minha vida. Estou eternamente grato pelo que fizeram por mim. A força, o amor incondicional e a educação que me proporcionaram são refletidos diretamente no resultado desta dissertação. Sem o seu apoio constante, nos momentos mais desafiadores e nas horas mais alegres, este percurso não teria sido possível. A sua crença em mim foi a luz que guiou todo o meu esforço e dedicação.

Agradeço por cada sacrifício feito, cada noite mal dormida, cada conselho dado e cada abraço reconfortante. A vossa dedicação e amor inabaláveis são os pilares que sustentam todas as minhas conquistas. É um privilégio ter pais que não só acreditam nos meus sonhos, mas que também me apoiam incondicionalmente para alcançá-los. Mil agradecimentos nunca serão suficientes para expressar a profundidade da minha gratidão. Obrigado por serem o meu alicerce, a minha inspiração e por me mostrarem, todos os dias, o verdadeiro significado de dedicação e amor. Esta dissertação é tanto um reflexo do vosso esforço quanto do meu. Este marco na minha vida é, sem dúvida, um triunfo partilhado convosco.

Resumo

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente industrial, na empresa LusoSteel, uma empresa dedicada à produção de estruturas metálicas. O principal objetivo é a implementação de princípios e ferramentas *Lean* na melhoria da gestão e organização do armazém de materiais e a definição de uma proposta de reorganização do *layout* produtivo.

A primeira etapa do projeto concentrou-se na reorganização do armazém. Foi implementada a metodologia 5S, tendo sido efetuada uma organização, ordenação e limpeza de todos os materiais do armazém e foi implementada a disposição dos artigos de acordo com a norma de codificação de materiais implementada. Foram criadas etiquetas para a identificação dos equipamentos, ferramentas e consumíveis. Foi adquirido um painel de ferramentas que permitiu a sua organização por tamanhos e função. A reorganização do armazém permitiu, em média, a redução dos tempos de *picking* em 39,69%. Para evitar atrasos produtivos pela falta de materiais, foi aplicada a análise ABC aos consumíveis com maior procura e foram definidos os *stocks* de segurança e o ponto de encomenda para os 16 artigos da classe A. Para manter a norma de organização do armazém, foram implementadas e realizadas auditorias 5S. O resultado das duas auditorias realizadas demonstrou bons indicadores sobre as práticas de melhoria contínua.

A etapa seguinte envolveu a reorganização do *layout* produtivo. Foram analisadas detalhadamente as distâncias entre os equipamentos e o fluxo de transporte de materiais dentro da fábrica. Utilizando a matriz de fluxo de transporte e a matriz de distâncias, calcularam-se os custos de movimentação e de transporte. O *layout* proposto, além de reduzir os custos operacionais, aumenta a segurança dos colaboradores e a eficiência das operações. No *layout* proposto, o custo de movimentação e transporte foi ligeiramente inferior (185,64 €) ao custo do *layout* atual (187,20 €). A principal mudança foi o aumento da área de produção, possibilitando a execução simultânea de dois projetos diferentes. Esta expansão resulta num aumento do número de áreas de receção de materiais e soldadura.

Palavras-chave: *Lean Production*; Gestão de operações; Ferramentas *Lean*; Melhoria contínua; 5S; Gestão visual; *Standard work*; Gestão de armazéns; Organização de *layouts*.

Abstract

This dissertation was developed in an industrial environment, namely, LusoSteel, a company dedicated to the production of metallic structures. The main objective is the implementation of Lean principles and tools to improve the management and organization of the materials warehouse and the definition of a proposal to reorganize the production layout.

The first phase of the project was focused on the warehouse reorganizing. The 5S methodology was implemented by organizing, ordering and cleaning all materials in the warehouse and arranging items in accordance with an implemented material coding standard. Labels were created to identify equipment, tools and consumables. A tools panel was purchased allowing to organize the tools by size and function. The reorganization of the warehouse allowed, on average, a reduction in picking times by 39.69%. To avoid production delays due to lack of materials, the ABC analysis was applied to the consumables with the highest demand, whereas, safety stocks and the order point were defined for the 16 class A items. To keep the warehouse organization standard, 5S audits were implemented and carried out. The results of the two audits carried out, have demonstrated good indicators regarding continuous improvement practices.

The second phase involved the reorganization of the production layout. The distances between equipment and the material transport flow within the shopfloor were analysed in detail. Using the transport flow matrix and distance matrix, movement and transportation costs were calculated. The proposed layout, in addition to reducing operational costs, increased employee safety and operational efficiency. In the proposed layout, the movement and transportation cost were slightly lower (€185.64) than the cost of the current layout (€187.20). The main change was the increase in the production area, enabling the simultaneous execution of two different production projects. This expansion results in an increase in the number of material receiving and welding areas.

Keywords: Lean Production; Operations Management; Lean Tools; Continuous Improvement; 5S; Visual Management; Standard Work; Warehouse Management; Layout organization.

Índice geral

Agradecimentos	iii
Resumo	iv
Abstract.....	v
Índice de figuras.....	ix
Índice de tabelas.....	xi
Lista de abreviaturas e acrónimos.....	xii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e motivação.....	1
1.2. Objetivos propostos	2
1.3. Metodologia aplicada.....	4
1.4. Organização da dissertação.....	7
2. Fundamentação teórica.....	8
2.1. Filosofia <i>Lean</i>	8
2.1.1. Princípios <i>Lean</i>	9
2.1.2. Desperdícios <i>Lean</i>	9
2.2. Ferramentas <i>Lean</i>	10
2.2.1. Metodologia 5S	10
2.2.2. Gestão visual	12
2.2.3. <i>Kaizen</i>	13
2.2.4. Ciclo PDCA.....	14
2.2.5. <i>Standard work</i>	15
2.2.6. Mapeamento da cadeia de valor	16
2.2.7. Sistemas <i>kanban</i>	16
2.2.8. Análise ABC.....	17
2.2.9. Diagrama de <i>spaghetti</i>	18
2.2.10. Matriz 5W2H.....	18
2.3. Gestão de materiais em armazém	19

2.4. Tempos e movimentos	21
2.5. Organização e melhoria de <i>layouts</i>	23
3. Apresentação da empresa	27
3.1. Caracterização e localização da empresa	27
3.2. Missão e política de qualidade	28
3.3. Estrutural organizacional	29
3.3.1. Organização funcional	29
3.3.2. Multidisciplinariedade operacional	30
3.4. Tipologias de produtos e serviços	31
3.5. Apresentação do <i>layout</i> e recursos produtivos	32
3.5.1. Equipamentos de corte	33
3.5.2. Equipamentos de furação	35
3.5.3. Equipamentos de dobragem de chapa	36
3.5.4. Equipamento de soldadura	36
3.5.3. Equipamento de movimentação de carga	37
3.6. Mapeamento de processos de produção	38
4. Identificação e análise crítica de problemas	41
4.1. Problemas no armazém de materiais e ferramentaria	41
4.1.1. Falta de arrumação de materiais, ferramentas e posto de trabalho	42
4.1.2. Falta de registo de <i>picking</i> de ferramentas e consumíveis	44
4.1.3. Falta de codificação de materiais armazenados	44
4.1.4 Necessidade de formação do colaborador responsável	45
4.1.5. Atrasos produtivos e risco de rotura de <i>stock</i>	45
4.1.6. Desperdício de tempo e movimentações excessivas no armazém	46
4.2. Problemas operacionais no atual <i>layout</i> da empresa	48
4.2.1. <i>Layout</i> não ajustado ao fluxo operacional	48
4.2.2 Falta de espaço para receção e expedição	50
4.2.3. Necessidade de melhorar a segurança	50

5. Apresentação e implementação de propostas de melhoria	51
5.1. Implementação da metodologia 5S e auditoria.....	53
5.1.1. Organização, ordenação e limpeza do armazém	53
5.1.2. Criação de painel das ferramentas.....	55
5.1.3. Criação e implementação de auditorias 5S.....	56
5.2 Criação de registo digital do inventário	59
5.3. Implementação de normas de codificação	61
5.4. Criação de novas etiquetas de identificação	63
5.5. Análise da reconfiguração do armazém.....	64
5.7. Formação do colaborador responsável	67
5.8. Melhoria da gestão de quantidade de consumíveis.....	69
5.9. Proposta de reorganização do <i>layout</i> da empresa	73
5.9.1. Análise do <i>workflow</i> e aplicação da REL.....	73
5.9.2. Proposta de reorganização de <i>layout</i>	77
5.9.3. Determinação dos custos de movimentação do <i>layout</i> proposto.....	79
5.9.4. Comparação da reorganização do <i>layout</i> proposto com o <i>layout</i> atual.....	81
6. Conclusões e perspetivas de trabalho futuro	83
6.1. Principais conclusões.....	83
6.2. Dificuldades e limitações do projeto	85
6.3. Propostas de trabalho futuro	85
Referências bibliográficas	87
Apêndices	94
Apêndice1 – Estudo dos tempos do processo de <i>picking</i> no armazém.....	94
Apêndice 2 – Auditoria 5S criada para a manutenção da disciplina	95
Apêndice 3 – Auditoria 5S efetuada no dia 02/04/24 e no dia 03/06/2024.....	97
Apêndice 4 – Ferramenta de inventário em Microsoft Excel	101
Apêndice 5 – Análise ABC das quantidades de acessórios consumidos.....	105
Apêndice 6 – Cálculos dos custos dos meios de transporte.....	108

Índice de figuras

Figura 1 - Ciclo da <i>Action-Research</i> . Adaptado de Maestrini et al. (2016).	5
Figura 2 - Ciclo da metodologia dos 5S. Adaptado de Hirano (1995).	12
Figura 3 - As quatro etapas do ciclo PDCA (Pinto, 2019).	15
Figura 4 - Tarefas para a elaboração de VSM. Adaptado de (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).	16
Figura 5 - Etiqueta exemplo de sistema <i>Kanban</i> . Adaptado de Yame & Al-Werfalli (2016).	17
Figura 6 - Logótipo da empresa Lusosteel (LusoSteel, 2024).	27
Figura 7 - Sede da empresa (LusoSteel, 2024).	28
Figura 8 - Organograma da estrutura da empresa Lusosteel.	30
Figura 9 - Produção e montagem da fachada da empresa Endutex em Guimarães.	32
Figura 10 - Produção e montagem da estrutura metálica para a pedreira Gouvães.	32
Figura 11 - Produção e montagem da estrutura metálica para o Hotel Neya, Porto.	32
Figura 12 - Projeto e preparação da uma estrutura metálica para ETAR de Gaia, Porto.	32
Figura 13 - Layout atual da empresa Lusosteel e identificação da localização dos equipamentos no chão-de-fabrica.	33
Figura 14 - Serra de corte com capacidade de 600 mm de largura.	34
Figura 15 - Serra de corte para a serralharia ligeira.	34
Figura 16 - Guilhotina hidráulica.	34
Figura 17 - Máquina de corte cantos.	35
Figura 18 - Máquina elétrica para furos.	36
Figura 19 - Máquina hidráulica para furos.	36
Figura 20 - Quinadora hidráulica.	36
Figura 21 - Máquina de soldadura a laser.	37
Figura 22 - Máquina de soldadura MIG automática.	37
Figura 23 - Ponte rolante com capacidade máxima de 5 toneladas.	37
Figura 24 - Fluxograma dos principais processos envolvidos na produção de estruturas metálicas.	40
Figura 25 - Diagrama <i>Ishikawa</i> com a identificação das causas da desorganização do armazém.	41
Figura 26 - Acumulação de pó e matérias não utilizáveis no topo das estantes.	42
Figura 27 - Desorganização da estante de produtos químico.	42
Figura 28 - Acumulação de material não identificado na entrada do armazém.	43

Figura 29 - Desorganização sobre o balcão de trabalho.....	43
Figura 30 - Várias ferramentas de trabalho	43
Figura 31 - Diagrama de spaghetti das observações das movimentações no armazém. ..	46
Figura 32 - Layout atual da empresa e identificação dos principais problemas de organização.....	49
Figura 33 - Divisão de parafusos, porcas	55
Figura 34 - Separação de equipamento	55
Figura 35 - Painel de ferramentas por tamanho e função.....	56
Figura 36 - Resultados das duas auditorias 5S. A primeira auditoria corresponde ao dia 02/04/2024 e a segunda auditoria ao dia 03/06/2024.	57
Figura 37 - Comparação da média global de desempenho obtida nas duas auditorias. ...	59
Figura 38 - Detalhe da configuração da folha de registo de inventário desenvolvida em Microsoft Excel.	61
Figura 39 - Sistema e norma de codificação criado para os materiais inventariados.....	62
Figura 40 - Exemplo de um código para a norma de codificação de uma rebarbadora pequena localizada na rack 1 do armazém.	63
Figura 41 - Etiquetas de identificação de materiais criada.....	63
Figura 42 - Nova configuração e organização do armazém da empresa.....	65
Figura 43 - Diagrama de spaghetti da análise das movimentações após a reorganização do armazém.....	66
Figura 44 - Análise ABC entre mês de agosto e dezembro 2023.....	70
Figura 45 - Planta do layout proposto.	78

Índice de tabelas

Tabela 1 - Etapas operacionais da Action-Research. Adaptado de Maestrini et al. (2016).	6
Tabela 2 - Perspetiva de diferentes autores sobre a aplicação filosofia Lean.	8
Tabela 3 - Representação de um exemplo de verificação dos 5W2H.	19
Tabela 4 - Sistema de classificação REL para avaliação de layouts.	25
Tabela 5 - Tipologias de produtos e serviços da LusoSteel.	31
Tabela 6 - Aplicação da ferramenta <i>5Whys</i> ao problema dos atrasos produtivos.	45
Tabela 7 - Tempos por <i>picking</i> dos materiais no armazém 47	47
Tabela 8 - Aplicação da matriz 5W2H para identificação de problemas e oportunidades de melhoria.	52
Tabela 9 - Tabela de síntese sobre a implementação da metodologia 5S.....	53
Tabela 10 - Comparação dos tempos de picking de ferramentas, antes e depois da reconfiguração do armazém.....	67
Tabela 11 - Tópicos cruciais para a gestão do armazém.	68
Tabela 12 - Consumíveis da classe A da análise ABC, considerando as compras entre agosto e dezembro de 2023.	71
Tabela 13 - Quantidades de stock de segurança e ponto de encomendas nos 16 artigos da classe A.....	72
Tabela 14 - Aplicação da REL para análise das relações de adjacência entre equipamentos.	75
Tabela 15 - Fluxo de transporte e movimentações entre equipamentos.	76
Tabela 16 - Matiz das distâncias percorridas entre equipamentos no <i>layout</i> proposto. ...	79
Tabela 17 - Matriz de custos unitários associado ao método de transporte utilizado.....	80
Tabela 18 - Matriz das distâncias entre equipamentos no <i>layout</i> atual.	81
Tabela 19 - Cronometragem de observações preliminares.....	94
Tabela 20 - Determinação do número de cronometragens a efetuar 94	94
Tabela 21 - Cálculo dos custos dos meios de transporte e cálculos auxiliares.....	108

Lista de abreviaturas e acrónimos

ALDEP	<i>Automated Layout Design Program</i>
CA	Classe Acessórios
CC	Classe Consumíveis
CE	Classe Equipamentos
CF	Classe Ferramentas
CNC	Controlo Numérico Computorizado
CO	Classe Outros
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
IBC	<i>Intermediate Bulk Container</i>
MIG	<i>Metal Inert Gas</i>
NC	Não Conformidade
PDCA	<i>Plan-Do-Act-Check</i>
REL	Tabelas de relação de adjacência de <i>layouts</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UAT	Unidades Agregadoras de Trânsito
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Process</i>

1. Introdução

Neste capítulo, é apresentada a contextualização e a descrição do trabalho desenvolvido, aplicando princípios *Lean Thinking* numa empresa de fabrico de estruturas metálicas. Adicionalmente, são definidos os objetivos propostos, a metodologia de investigação e é apresentada a estrutura do documento.

1.1. Enquadramento e motivação

Os benefícios da implementação da metodologia *Lean* e a sua ligação ao *Toyota Production System* (TPS), têm servido de referência a diversos sectores industriais, não sendo exceção o sector do fabrico, construção e comercialização de estruturas metálicas. A implementação da abordagem *Lean* acarreta vantagens competitivas, traduzindo-se num elemento diferenciador para as empresas. Desta forma, a produção *Lean* é desenvolvida para alcançar o objetivo de “zero defeitos” e “zero desperdícios”. Para isso, aplicam-se ferramentas com vista à redução ou eliminação dos diferentes desperdícios, à diminuição dos custos de produção e consequente aumento dos lucros (Chiarini et al., 2018; Gebeyehu et al., 2022). Estas ferramentas permitem às empresas melhorar a sua competitividade no mercado através da melhoria da gestão da produção e da logística interna, o que justifica a importância e relevância da proposta de investigação apresentada nesta dissertação.

Existem diversas ferramentas que auxiliam a aplicação dos princípios *Lean* numa empresa, sobretudo, em empresas onde a cultura de melhoria contínua ainda não está enraizada. Exemplos dessas ferramentas são o *Kaizen* (Pinto et al., 2018), a normalização de procedimentos com vista ao *standard work* (Míkva et al., 2016), as aplicações de gestão visual (Tezel et al., 2016) e os procedimentos de controlo da qualidade (Pereira et al., 2016).

A gestão visual traz muitos benefícios tais como o aumento da autonomia dos colaboradores na tomada de decisão, uma vez que providencia informações sob a forma de quadros visuais ou sinaléticas disponíveis para todos os colaboradores no chão-de-fábrica. A gestão visual também permite a visualização clara dos procedimentos operacionais utilizados, recorrendo a um conjunto de instruções de trabalho e sistemas “anti erro” com indicações luminosas ou sonoras para a deteção de falhas. Assim, estas ferramentas atuam no sentido de tornar os problemas visíveis, sobretudo, aqueles que estão fora de controlo. Em suma, se uma anomalia não pode ser detetada, também não pode ser resolvida (Imai, 1986; Eaidgah et al., 2013).

Por sua vez, o *standard work* pretende gerar a melhor combinação entre a gestão das atividades realizadas pelos operadores e os equipamentos ou maquinaria, rentabilizando o esforço de trabalho, a utilização do espaço e a identificação das necessidades de inventário que suportam a produção (Realyvásquez-Vargas et al., 2018). A normalização é tão importante que a implementação de *standard work* nas organizações pode conduzir a um aumento de produtividade na ordem dos 20% e uma redução do *lead time* até 30% (Gebeyehu et al., 2022).

Uma grande generalidade dos projetos de desenvolvimento *Lean* tem por base a implementação da metodologia *Plan-Do-Act-Check* (PDCA). A sua relevância reside na abordagem sistemática de resolução de problemas, na melhoria de processos e na eficácia organizacional global (Jagusiak-Kocik, 2017; Malega et al., 2021). Ao implementar o ciclo PDCA, as organizações podem melhorar a qualidade, reduzir o desperdício e adaptar-se às mudanças, uma vez que esta abordagem fornece uma estrutura para a resolução de problemas e capacita os colaboradores a contribuírem para os esforços de melhoria.

A empresa LusoSteel é uma empresa de fabricação de estruturas metálicas e realiza um conjunto de processos e operações que requerem uma grande diversidade de materiais, ferramentas, equipamentos e acessórios. Nesse sentido, o foco da dissertação é a aplicação das ferramentas *Lean* de forma a agilizar a gestão do aprovisionamento da empresa e reduzir os desperdícios operacionais.

1.2. Objetivos propostos

O objetivo principal desta dissertação é implementar princípios e ferramentas *Lean* numa empresa de fabricação de estruturas metálicas, com foco na melhoria da gestão e organização do armazém de materiais e ferramentaria e a definição de uma proposta de reorganização do *layout* produtivo. Para o desenvolvimento do projeto, foi definida a seguinte pergunta de investigação:

“Quais os benefícios conseguidos numa empresa de fabricação de estruturas metálicas, aplicando princípios e ferramentas Lean?”.

Esta pergunta de investigação foi definida tendo em conta a relevância do *Lean* para a indústria de fabricação de estruturas em metal, uma vez que esta abordagem engloba um conjunto de ferramentas e metodologias específicas para responder a desafios relacionados com a gestão do armazém, organização de processos e melhoria do *layout* produtivo.

Além disso, a implementação do *Lean* pode resultar em benefícios alinhados com os objetivos estratégicos da empresa, impactando positivamente nos resultados económicos e na sua competitividade no mercado.

Assim, pretende-se proporcionar melhorias significativas na empresa, com foco na organização do armazém e na necessidade de melhorar a sua eficiência no *layout* produtivo. Procura-se diminuir o tempo sem valor acrescentado, aprimorando a eficiência do fluxo produtivo mediante uma reorganização estratégica do *layout* da empresa. Com base na pergunta de investigação apresentada e na definição dos objetivos gerais, foi possível identificar um conjunto de objetivos específicos:

- **Realização de pesquisa bibliográfica necessária à fundamentação teórica.** A pesquisa visa identificar as principais ferramentas *Lean*, com vista ao melhor conhecimento para a sua implementação e aplicação no contexto das necessidades da empresa.
- **Realização de inventário de materiais.** Identificar e triar todos os materiais presentes no armazém de maquinaria e ferramentaria, aplicando os princípios da metodologia 5S. O foco recai na identificação e categorização dos materiais necessários com base no inventário. A organização desses materiais em classes específicas, conhecidas como famílias de produtos, é essencial para melhorar o arranjo e disposição nas estantes ou noutros espaços de armazenamento.
- **Criação de norma de codificação de materiais.** A norma de codificação a definir deve indicar as quantidades de cada item e a exploração de métodos de digitalização do processo de inventariação. A elaboração de uma folha de registo e controlo em suporte MS Excel, juntamente com registos físicos para atualização e digitalização da informação, integra-se aos esforços para melhorar a gestão de materiais.
- **Organização e gestão do armazém de ferramentas.** Depois de triadas as ferramentas, equipamentos e acessórios é necessário efetuar a organização física do armazém, identificando a localização e disposição dos materiais no armazém. Para garantir o sucesso deste objetivo é necessária a implementação de ferramentas de gestão visual e a aplicação do senso de padronização da metodologia 5S.

- **Análise do *layout* organizacional para melhoria do fluxo produtivo.** Objetiva-se desenhar o *layout* do *shopfloor*, usando a ferramenta AutoCAD®, identificar as áreas ocupadas por cada processo ou posto de trabalho e mapear o fluxo de valor dos processos produtivos. Pretende-se identificar os fluxos de transporte entre os processos e/ou postos de trabalho, com vista à análise das movimentações efetuadas.
- **Análise de potenciais melhorias do *layout* da empresa.** Com base na informação recolhida e analisada, pretende-se aplicar métodos de melhoria de *layouts* para propor a reorganização do sistema produtivo, com o intuito de minimizar os custos operacionais.
- **Quantificação dos benefícios das melhorias propostas e efetuadas.** O último objetivo da dissertação relaciona-se com a necessidade de quantificar os benefícios esperados com as propostas de melhoria, nomeadamente, a gestão de materiais do armazém, a normalização da codificação dos materiais e melhorias ao *layout* da empresa. A avaliação inclui a identificação de indicadores de desempenho, obtenção do *feedback* dos colaboradores e a comparação do estado antes e depois da implementação das propostas.

Assim, os objetivos da dissertação procuram contribuir com a aplicação prática de conhecimento na área da Engenharia e Gestão Industrial.

1.3. Metodologia aplicada

O desenvolvimento de um projeto de dissertação implica uma abordagem sistemática para descobrir, relacionar ou fundamentar hipóteses e teorias, dependendo da natureza do problema, dos conceitos e teorias envolvidos, bem como dos métodos utilizados na análise dos dados (Saunders et al., 2019).

Neste projeto, optou-se pela metodologia de investigação conhecida como *Action-Research* (em português, Investigação-ação), uma abordagem difundida globalmente em diversas áreas científicas. Esta metodologia destaca-se pela sua implementação focada na resolução de problemas específicos, envolvendo uma avaliação contínua, seguindo o ciclo da Figura 1.



Figura 1 - Ciclo da *Action-Research*. Adaptado de Maestrini et al. (2016).

Apesar da formulação inicial com cinco etapas – diagnóstico, planeamento, implementação de ações, avaliação dos resultados e a especificação de aprendizagem – no trabalho publicado por Maestrini et al. (2016), esta metodologia é definida adotando seis etapas principais. A Tabela 1 fornece uma caracterização detalhada das principais etapas de implementação da *Action-Research*.

As três primeiras etapas concentram-se na gestão de dados, enquanto as três últimas envolvem o plano de ação e a sua execução. Desta forma, o processo começa com a recolha, tratamento e análise de dados para elaboração do plano de ações. Estas três etapas permitem a identificação criteriosa das causas-raiz dos principais problemas, baseada em dados recolhidos e filtrados. Esta filtragem ou tratamento de dados permite eliminar os fatores aleatórios da análise e, é com base nestes dados que deve ser efetuado o diagnóstico da situação em estudo.

Nas três últimas etapas, define-se o plano de melhorias, são implementadas as ações e avaliados os seus resultados. Devem ser atribuídas responsabilidades nas ações a implementar e devem ser efetuados registos das implementações. O sucesso de implementação do plano de melhorias depende sobejamente da colaboração de todos os elementos da empresa, desde a gestão de topo, passando pelas chefias intermédias e pelos operadores de chão-de-fábrica (Maestrini et al., 2016).

A abordagem *Action-Research* destaca-se por ser prática, orientada para problemas específicos e com pouca ou nenhuma manipulação de variáveis independentes. Assim, a eficácia desta metodologia depende, particularmente, da observação. Ao integrar esta metodologia no contexto do projeto, procura-se atingir os objetivos propostos, concentrando-se em áreas estratégicas.

Tabela 1 - Etapas operacionais da *Action-Research*. Adaptado de Maestrini et al. (2016).

Etapas	Descrição
Recolha de Dados	Envolve a recolha de dados por meio de entrevistas com membros da organização, relatórios internos e observação.
Filtragem de Dados	Envolve o tratamento dos dados, a eliminação de valores que podem alterar a análise de dados por se tratarem de valores aleatórios (<i>outliers</i>). Os dados filtrados e informações relevantes devem ser reportados à administração da organização.
Análises de Dados	É realizada de forma colaborativa com os gestores para orientar conjuntamente a tomada de decisão da equipa.
Definição do Plano de ação	São agendadas e os papéis/funções e responsabilidades são atribuídos aos membros da organização.
Implementação	Ocorre com os gestores implementando as ações planeadas. Quem realiza o estudo deve fornecer suporte para a implementação efetiva da ação projetada, facilitando a mudança e promovendo o comprometimento por meio de mecanismos de reflexão dentro da organização.
Avaliação	Envolve mensurar o impacto das ações implementadas e estimular a aprendizagem contínua por meio de diferentes mecanismos de aprendizagem.

A implementação prática da metodologia *Action-Research*, associada aos objetivos de investigação específicos, visa resultados mensuráveis. Ou seja, a principal característica da *Action-Research* é a implementação de ações localizadas, visando resolver problemas evidentes em situações específicas, com monitorização e avaliação constantes (Walliman & Baiche, 2001).

No contexto desta dissertação, esta metodologia foi implementada através de uma série de etapas planeadas em colaboração com os responsáveis da empresa. Inicialmente, foram realizadas entrevistas detalhadas e a análise de relatórios internos para a recolha de dados essenciais sobre os processos existentes e as áreas a melhorar. Do resultado dessa avaliação, concluiu-se que o armazém da empresa onde são colocados todos os materiais, equipamentos e ferramentaria seria o principal alvo de implementação de ações. Outro aspeto a ser estudado correspondia à organização do *layout* produtivo. Com base na análise de dados efetuada, definiu-se um plano de ação bem definido assente na aplicação dos princípios e ferramentas *Lean*. Durante a fase de implementação, o plano de organização dos materiais no armazém foi revisto continuamente para assegurar a correta realização das ações. Finalmente, os resultados das ações foram avaliados para medir o impacto e promover a aprendizagem contínua, garantindo melhorias na empresa.

1.4. Organização da dissertação

A dissertação estende-se ao longo de 6 capítulos. No primeiro capítulo faz-se uma introdução ao tema através do enquadramento geral, da definição dos objetivos, da metodologia de investigação utilizada e da organização da dissertação.

No segundo capítulo apresenta-se uma breve fundamentação teórica sobre a origem da filosofia de *Lean*, os seus princípios e tipos de metodologias aplicadas na empresa. Uma vez que o tema da dissertação é a aplicação dos conceitos *Lean* na indústria, também se apresenta uma revisão sobre várias ferramentas e metodologias aplicadas no setor industrial. Apresenta-se a definição de um método de trabalho sobre o estudo dos tempos, a gestão no armazém e melhorias de *layout*.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa em que se desenvolveu o projeto de dissertação, dando-se a conhecer a dimensão, valores e missão do grupo em que se insere. É apresentado o *layout*, equipamentos e processos produtivos gerais.

No quarto capítulo descreve-se e analisa-se a situação atual da empresa. Através de análise documental, conversas informais e observação direta foram descritos e identificados os principais problemas sobretudo associados à falta de gestão do aprovisionamento da empresa.

No quinto capítulo são apresentadas as propostas de melhoria e são analisados e discutidos os resultados, através da quantificação de tempos, gestão visual da comparação do antes e depois das propostas desenvolvidas e da estimativa de benefícios e poupanças económicas.

Por fim, no sexto capítulo, são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido e algumas sugestões de trabalho futuro.

2. Fundamentação teórica

O presente capítulo é dedicado a uma contextualização do tema através de um breve enquadramento teórico, dando a conhecer os fundamentos necessários para acompanhar o desenvolvimento da dissertação. São abordadas algumas das ferramentas *Lean*, tais como, a metodologia 5S, a gestão visual, *kanban*, *Kaizen* e *standard work*. São referidos conceitos importantes sobre a gestão de materiais e são ainda abordados métodos de organização e melhoria de *layout*, dada a relevância para o desenvolvimento do projeto.

2.1. Filosofia *Lean*

A filosofia *Lean*, ao ser implementada na indústria, difundiu-se globalmente. O desenvolvimento atual da indústria em mercados altamente competitivos, exige que as organizações procurem soluções para aprimorar qualidade, custos, prazos de entrega e flexibilidade operacional. Portanto, as melhorias resultantes da aplicação da filosofia *Lean* têm um impacto direto na evolução do sistema produtivo (Dillinger et al., 2022). Na Tabela 2 descrevem-se alguns exemplos sobre a aplicação do *Lean* em diferentes contextos.

Tabela 2 - Perspetiva de diferentes autores sobre a aplicação filosofia *Lean*.

Citação	Visão
(Womack et al., 1990)	<i>Lean</i> é uma abordagem que se caracteriza pela utilização de menos esforço humano, resultando na redução das não-conformidades no produto final. Além de reduzir as horas de esforço de Engenharia até 30%, pode reduzir em 50% o espaço ocupado pela produção e a quantidade de <i>stock</i> do processo.
(NIST, 2000)	Uma abordagem sistemática para distinguir e anular desperdícios através da melhoria contínua, conseguindo criar uma fluidez no processo de obtenção do produto final, com o foco nos clientes.
(Correia et al., 2018)	Consegue obter uma visão ampliada da distribuição e produção da fabricação, desenvolvendo um conceito que envolve toda a cadeia de produção desde a conceção do produto até à sua distribuição.
(George, 2003)	A abordagem <i>Lean</i> é usada para acelerar a velocidade das metodologias práticas, conseguindo diminuir o desperdício em todo o processo.
(Hopp & Spearman, 2004)	Uma organização que produz serviços ou bens é conceituada como <i>Lean</i> , se for realizada com o mínimo de <i>buffering costs</i> .
(Hallgren & Olhager, 2009)	A produção em <i>Lean</i> visa, essencialmente, melhorar a eficiência das operações do processo.

Abordar o sistema de produção *Lean* implica abordar o sistema de produção TPS. A produção *Lean* é uma adaptação do TPS, desenvolvido por Ohno, Shingo e Toyoda após a segunda guerra mundial (Jayaram et al., 2010). Foi criada com o propósito de ser um sistema focado na criação de valor para o cliente, premiando a eliminação dos desperdícios (Bhamu et al., 2020).

2.1.1. Princípios *Lean*

Este sistema de produção depende de cinco princípios e que são diretrizes para melhorar a capacidade de criar mais valor com a tecnologia existente (Womack et al., 1990):

1. **Definir valor** mediante a perspectiva do cliente final em termos de produto e das suas especificações, transacionado a um preço e tempo acordados. Deve-se começar por diferenciar o que gera valor, daquilo que é desperdício (*muda* em japonês).
2. **Identificar a cadeia de valor** para cada serviço, produto ou família de produtos. A cadeia de valor é composta por todos os fatores produtivos necessários à criação de valor. O mapeamento do fluxo de valor, por norma, expõe grandes quantidades de desperdícios existentes.
3. **Implementar o fluxo de valor contínuo**, significa criar um fluxo de operações contínuas em cada projeto ou no fabrico dos produtos (sistemas de produção *pull*), de modo a que não haja qualquer tipo de desperdício até à entrega ao cliente.
4. **Projetar e fornecer o que o cliente quer, apenas quando ele quiser**. Este princípio permite eliminar desperdícios ao nível dos *stocks*, sistemas de informação relativos ao inventário, ou projetos que se tornam obsoletos antes da conclusão do produto.
5. **Perseguir a perfeição**. Uma empresa *Lean* baseia-se na melhoria contínua. A ideia da gestão da qualidade total passa pela remoção sistemática e contínua dos fatores que reduzem os padrões de qualidade de processo e produto.

2.1.2. Desperdícios *Lean*

O desperdício é definido como sendo tudo aquilo que não gera valor para o produto final segundo a perspectiva do cliente, existindo assim uma classificação em sete categorias diferentes:

1. Excesso de produção;
2. Defeitos;
3. *Stocks*;

4. Processamento desnecessário;
5. Espera;
6. Movimentações desnecessárias;
7. Excesso de transporte;

Todas estas atividades constituem desperdício de recursos e devem ser alvo de alterações. É também defendida a existência de um oitavo desperdício. Este desperdício corresponde ao não aproveitamento do conhecimento intelectual e talento dos colaboradores (Bai et al., 2019).

2.2. Ferramentas *Lean*

Apresentam-se de seguida algumas das ferramentas associadas à abordagem *Lean* e que são aplicadas no desenvolvimento da dissertação, nomeadamente, a metodologia 5S, gestão visual, *Kaizen*, *standard work*, sistemas *kanban*, ciclo PDCA, análise ABC, diagramas de *spaghetti* e a matriz 5W2H.

2.2.1. Metodologia 5S

A metodologia 5S tem origem japonesa e é muitas vezes associada à gestão da qualidade que se concentra na organização e padronização do ambiente de trabalho. Corresponde a um conjunto de cinco sentidos e pretende melhorar o local de trabalho, envolvendo conceitos como a limpeza e a organização do espaço. Estes sentidos são o *seiton*, *seiri*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*:

- ***Seiton*** (Organização): Nesta primeira etapa da metodologia 5S, a ênfase recai na avaliação de todas as ferramentas e materiais presentes na área de trabalho ao longo do tempo. O objetivo é identificar e manter apenas o que é essencial para as operações, eliminando tudo o que é desnecessário. A eliminação dos elementos não essenciais reduz os obstáculos no fluxo de trabalho e evita custos desnecessários. Hirano (1995) destaca exemplos de defeitos que podem surgir quando há excesso de inventários e materiais obsoletos, como custos de armazenamento, dificuldades na definição de *layouts* e defeitos de qualidade devido a processos de inventário desnecessários. Alguns exemplos desses defeitos: (1) inventários excessivos que geram custos de armazenamento e custos de gestão; (2) a acumulação de *stocks* obsoletos devido a mudanças do produto ou prazo de validade limitado, componentes que não são necessários e que ocupam espaço e consomem recursos

sem qualquer perspectiva de valorização comercial; (3) defeitos de qualidade associados ao processo ou aos produtos que não são detetados; (4) equipamentos desnecessários, danificados ou em necessidade de manutenção e que criam obstáculos às atividades de produção; (5) dificuldades na definição de *layouts* para colocação e arrumação dos equipamentos que são realmente necessários; e (6) defeitos de qualidade devidos a avarias ou mau funcionamento de equipamentos.

- **Seiri** (Ordenação): Após a eliminação do que é desnecessário, o foco desloca-se para a organização do espaço de trabalho. Os equipamentos, ferramentas e materiais remanescentes devem ser dispostos e etiquetados de acordo com a sua frequência de utilização (Randhawa & Ahuja, 2017). Itens usados regularmente devem ser colocados em zonas mais próximas e acessíveis ao operador, enquanto aqueles com utilização menos frequente podem ser armazenados em locais mais afastados. Esta organização facilita a localização e o retorno de itens após o uso.
- **Seiso** (Limpeza): A etapa *seiso* enfatiza a manutenção da limpeza e arrumação no local de trabalho. Cada operador deve ser responsável pela limpeza da sua área de trabalho e, no final de cada turno, tudo deve estar organizado no local definido. A limpeza regular mantém não só o ambiente de trabalho seguro e limpo, mas também pode ajudar a identificar problemas e prevenir avarias (Jaca et al., 2014).
- **Seiketsu** (Padronização): O *seiketsu* está relacionado com o controlo e com a padronização, visando a manutenção dos três sentidos anteriores. Através da criação de padrões de trabalho e ações, as tarefas são executadas de acordo com regras predefinidas, e todos entendem suas responsabilidades. Essa padronização é fundamental para garantir a continuidade dos benefícios alcançados nas etapas anteriores (Zuniawan et al., 2020).
- **Shitsuke** (Disciplina): O *shitsuke* é o processo de manter a disciplina no dia-a-dia, transformando os 5S numa prática de cultura organizacional (Bukhsh et al., 2021). Isso envolve educar e conscientizar todos os colaboradores da empresa sobre os benefícios da metodologia 5S e incentivá-los a seguir os princípios de organização, limpeza e eficiência. Isso promove uma cultura em que todos contribuem para manter os níveis de qualidade e produtividade elevados (Kakkar et al., 2015).

Esses princípios da metodologia 5S (Figura 2) promovem não só a eficiência operacional, mas também criam um ambiente de trabalho mais seguro, saudável e agradável. A metodologia 5S contribui para a eliminação de desperdícios, melhoria da qualidade e aumento da produtividade. Trata-se de uma abordagem que pode ser aplicada em vários setores e ambientes de trabalho, proporcionando benefícios significativos.



Figura 2 - Ciclo da metodologia dos 5S. Adaptado de Hirano (1995).

Importa ainda identificar um sexto senso, relacionado com a segurança. A não consideração da segurança pode causar atrasos ou defeitos no processo de produção, pelo que a implementação de segurança pode melhorar o sucesso de uma organização. Nesse sentido, muitas empresas consideram que a segurança tem um papel fundamental na implementação de cada um dos cinco sentidos (Sá et al., 2021).

2.2.2. Gestão visual

A gestão visual é uma abordagem fundamental na melhoria da eficiência e comunicação no ambiente de trabalho. A gestão visual envolve o uso de ferramentas visuais para transmitir informações de forma clara e imediata, tornando-as de fácil compreensão. Esta forma de gestão é fundamental para os colaboradores, pois fornece indicações através de quadros, sinalização ou instruções visuais de trabalho que podem usar nas suas atividades diárias (Imai, 1986). Assim, o uso das ferramentas de gestão visual pode desempenhar um papel importante na orientação dos colaboradores na realização das suas tarefas e na identificação dos materiais necessários. Estes aspetos podem levar a um aumento significativo na eficiência operacional, reduzindo os tempos de movimentação e transportes, minimizando os erros resultantes (Eaidgah et al., 2013).

A gestão visual ajuda a evitar muitos problemas e equívocos que podem surgir quando a informação não é de fácil acesso. É uma ferramenta valiosa para melhorar a organização, comunicação e eficiência no local de trabalho, sobretudo no *shop floor* (Tezel et al., 2016). Através da implementação eficaz da gestão visual, as empresas podem melhorar a produtividade e fornecer um ambiente de trabalho mais eficaz para seus colaboradores.

2.2.3. *Kaizen*

O termo *Kaizen*, presente na base do TPS, é uma filosofia de melhoria contínua que foi desenvolvida por Massaki Imai e abordada no seu livro "*Kaizen - The Key to Japan's Competitive Success*". Atualmente, essa filosofia é amplamente reconhecida e adotada por empresas que procuram uma mudança constante e evolução positiva (Imai, 1986).

O *Kaizen* é uma abordagem que permite aprimorar a qualidade, reduzir custos, motivar os colaboradores e elevar a satisfação do cliente. Ao contrário dos métodos tradicionais, nos quais a formulação e a execução de estratégias operacionais são distintas, o *Kaizen* envolve ativamente os colaboradores da produção, atribuindo-lhes a responsabilidade de identificar oportunidades de melhoria. Estes devem identificar, relatar e resolver problemas, desafiando a ideia de que o desperdício é normal, simplesmente porque se tornou uma prática comum (Bassi et al., 2018).

A palavra *Kaizen* é uma combinação de palavras japonesas, "*Kai*" que significa mudança, e "*Zen*" que significa melhor. O *Kaizen* traduz-se em pequenas melhorias contínuas e incrementais, baseadas numa abordagem definida em cinco princípios (Hasan & Hossain, 2018):

- **Criar valor para o cliente:** Foca na melhoria de processos e produtos para atender às necessidades dos clientes.
- **Envolver as pessoas:** Incentiva a participação e o comprometimento dos colaboradores na identificação e implementação de melhorias.
- **Eliminar o desperdício:** Concentra-se na redução do desperdício em processos e operações.
- **Ir para o *Gemba*:** Significa ir ao local onde o trabalho real é executado (*shop floor*), para entender as questões em “primeira mão”.
- **Gestão visual:** Utilização de ferramentas visuais para comunicar informações de forma clara e imediata.

O *Kaizen* diário envolve ciclos de melhoria de atividades, programas de sugestões, equipas de resolução de problemas de primeira linha e manutenção da padronização (Vilarinho et al., 2018). Os benefícios do *Kaizen* diário incluem o alinhamento dos objetivos em toda a organização, a melhor comunicação, a criação de mecanismos de resolução rápida de problemas (*quick wins*), o estabelecimento e manutenção de normas nas equipas, a minimização do impacto de tarefas não planeadas e a contribuição para a criação de uma cultura de melhoria contínua (Bassi et al., 2018).

O *Kaizen* representa assim uma abordagem essencial que visa não só a melhoria contínua em todos os aspetos das operações de uma empresa, mas também a eficiência operacional e o “*engagement*” de todas as partes interessadas.

Além disso, e como mencionado anteriormente, um dos princípios do *Kaizen* é “ir para o *Gemba*”. Isso envolve a prática do *Gemba Walk*, uma técnica utilizada para observar e entender como o trabalho é executado no local onde as operações ocorrem. De acordo com Micieta et al. (2021) o *Gemba Walk* envolve dois elementos principais: observar presencialmente o desempenho dos colaboradores e os processos; observar e interagir com os colaboradores no local onde eles realmente executam as suas tarefas e funções.

O *Gemba Walk* oferece uma oportunidade de observação próxima e detalhada dos comportamentos no ambiente de trabalho, tornando-se numa ferramenta poderosa para a identificação de oportunidades de melhoria. Além disso, essa prática contribui para a melhoria do ambiente de trabalho e do processo produtivo. Ir ao local onde a ação acontece permite às chefias uma compreensão mais profunda do que ocorre na organização, indo além do que é diretamente mensurável (Forest, 2015).

2.2.4. Ciclo PDCA

O ciclo PDCA é uma ferramenta frequentemente associada ao *Kaizen*. Trata-se de um método de gestão utilizado para controlar e garantir o cumprimento de metas estabelecidas, promovendo a melhoria contínua. O ciclo PDCA (Figura 3) é composto por quatro etapas, conforme descrito por (Hasan & Hossain, 2018):

- **Planificar (*Plan*):** Esta etapa tem como foco a definição clara de objetivos, identificação de possíveis causas dos problemas, bem como a realização de *benchmarking* para identificar melhores práticas.
- **Fazer (*Do*):** Esta etapa corresponde à implementação das ações planeadas e que representam possíveis soluções a serem aplicadas na resolução dos problemas.

- **Verificar (*Check*):** Esta etapa envolve a verificação e comunicação dos resultados obtidos. Além disso, é crucial formar as partes envolvidas para garantir que compreendam os resultados e as melhorias realizadas.
- **Atuar (*Act*):** Esta etapa final corresponde à revisão dos resultados e práticas adotadas, sendo necessário o fornecimento de *feedback*, aplicação de correções e apresentação dos progressos atingidos.



Figura 3 - As quatro etapas do ciclo PDCA (Pinto, 2019).

2.2.5. *Standard work*

Muitas organizações conseguem identificar melhorias para mitigar problemas, mas a sustentabilidade dessas melhorias é um desafio constante. A implementação de normalização permite simplificar tarefas, tornando-as padronizadas, claras e acessíveis. Isso contribui para garantir a estabilidade do processo e prevenir erros repetitivos. A normalização também facilita a avaliação do desempenho e a análise das causas de irregularidades (Awadh, 2024). O processo de normalização inclui a identificação de atividades, definição de prioridades, planejamento, observação no chão-de-fábrica, desenvolvimento de estratégias de gestão visual, formação dos colaboradores e acompanhamento contínuo para as melhorias (Míkva et al., 2016).

A padronização e o controlo dos processos organizacionais não impedem a inovação. A coexistência da inovação e a padronização dos processos é possível com a utilização simultânea de diversas ferramentas de controlo, como reuniões regulares, *workshops* e sessões de formação. Essas ferramentas estimulam o diálogo entre colaboradores e chefias, promovendo a resolução de problemas e contribuindo para a inovação (Dillinger et al., 2022).

2.2.6. Mapeamento da cadeia de valor

A cadeia de valor é definida como o conjunto das atividades necessárias para o fabrico de um produto, bem ou serviço, considerando as necessidades do cliente (Rother & Shook, 1998). O mapeamento da cadeia de valor é efetuado normalmente recorrendo à ferramenta *Value Stream Mapping* (VSM), ferramenta *Lean* também usada para a identificação e eliminação de desperdícios ao longo do processo produtivo. Esta técnica é fundamentada na análise do fluxo de valor e destaca-se como uma prática essencial, pois permite a representação visual de todo o processo, identificando fluxos de informação e materiais. O VSM pode ser construído para a visualização quer do estado atual como do estado futuro de reorganização do processo produtivo. A elaboração do VSM inicia-se com a identificação e seleção da cadeia de valor, podendo o mapeamento ser realizado sobre toda a organização ou sobre o fluxo de valor de uma determinada categoria/família de produtos identificadas (Schoeman et al., 2020).

Durante o mapeamento do estado atual, a ferramenta identifica as principais características do processo, tempos de valor acrescentado, esperas, pontos do processo produtivo de geração de inventário, valor do *lead time* e gargalos produtivos (Rother & Shook, 1998). Com o delineamento de propostas de melhoria, pode ser desenhado o VSM do estado futuro, representando as mudanças desejadas. As alterações e melhorias são propostas com base nesses mapas, culminando na elaboração de um plano de atividades direcionado para o estado futuro pretendido. A Figura 4 mostra as etapas de desenvolvimento da ferramenta VSM (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).



Figura 4 - Tarefas para a elaboração de VSM. Adaptado de (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

2.2.7. Sistemas *kanban*

Kanban, uma palavra japonesa que significa "cartão" ou "sinal", é uma metodologia aplicada no controlo de fluxos de informações e de materiais, praticada em sistemas de produção *pull* (Sugimori et al., 1977).

Essa ferramenta permite melhorar a gestão de inventário de acordo com a procura do produto, resultando na redução do *lead time* e do consumo de recursos. Existem dois principais tipos de *kanban* (Melton, 2005):

- **Kanban de transporte:** Fornece informações sobre as movimentações do produto no processo, incluindo dados como nome, código do produto/cliente, número de peças e local (Sabaghi et al., 2015).
- **Kanban de produção:** Aplicado geralmente em linhas de produção com o objetivo de comunicar a quantidade exata de material necessária para cada etapa da linha (Ramnath et al., 2010).

Os princípios de funcionamento de um *kanban* implicam que cada caixa/tipo de material tenha uma etiqueta *kanban*. Além disso, cada *kanban* é gerido pelo departamento/secção em que estes são usados. Apenas é enviado para produção o material necessário para satisfazer a encomenda, sendo possível consultar essa informação no sistema de apoio à produção (Apreutesei et al., 2010).

Para implementação de um sistema *kanban* deve então ser criada uma etiqueta/cartão padronizado que contém dados do material e o seu destino final dentro do armazém, como a que é apresentada na Figura 5.

ETIQUETA DO MATERIAL	
ARTIGO:	CLIENTE:
ROLO DE TECIDO	ALA
CÓDIGO:	DESTINO:
	LOCAL 1
ALA.1.1.5.JA	QUANTIDADE :
	5

Figura 5 - Etiqueta exemplo de sistema *Kanban*. Adaptado de Yame & Al-Werfalli (2016).

2.2.8. Análise ABC

A análise ABC é utilizada nos processos relacionados com a gestão de *stocks* porque é uma ferramenta de simples aplicação e muito útil na gestão do armazém (Teixeira et al., 2018). A análise ABC surgiu para auxiliar na gestão de *stocks*, através da classificação de artigos em três classes, as quais representam sua relevância.

A “Classe A” engloba os itens/artigos com alto valor estratégico, e cuja ruptura resultaria em perdas significativas. A “Classe B” refere-se aos itens/artigos de relevância moderada, enquanto a “Classe C” abrange itens/artigos de menor rotatividade ou com menor valor para a empresa. O critério para medir a relevância varia de acordo com o setor e o propósito da análise (Ziyadin et al., 2020).

Na gestão de *stock*, o objetivo é minimizar os custos de provisionamento para um nível de serviço preestabelecido, utilizando critérios como vendas ou margem de contribuição para diferenciar as políticas de gestão de *stock*.

Segundo Carvalho (2012), a análise ABC baseia-se na regra de Pareto (regra 80/20). Como referência, a “Classe A” corresponde a cerca de 20% dos artigos que representam aproximadamente 80% do valor ou receita total. A “Classe B” corresponde a cerca de 30% dos artigos que representam aproximadamente 15% do valor, enquanto que na “Classe C” constam 50% dos artigos que representam aproximadamente cerca de 5% do valor (Zhang et al., 2020).

2.2.9. Diagrama de *spaghetti*

Os diagramas de *spaghetti* recebem esse nome devido à semelhança resultante com um emaranhado de esparguete. A análise consiste em traçar linhas no *layout* de uma fábrica para representar as movimentações de um ou mais colaboradores durante um determinado período. Este diagrama permite calcular o tempo das movimentações, possibilitando o estudo de formas de reduzir tempos de desperdício (Plenert, 2007). Assim, o objetivo dos diagramas de *spaghetti* é destacar a incidência das movimentações. Salienta-se que, nos percursos com maior número de deslocamentos, pretende-se identificar diferentes disposições de equipamentos ou alterações nos procedimentos e normas de trabalho, com vista à melhoria da organização dos espaços (Daneshjo et al., 2021).

2.2.10. Matriz 5W2H

A matriz 5W2H, conforme descrito por Araújo (2017) é uma ferramenta usada na tomada de decisão, relacionada com a implementação de planos de ação de melhorias. Essa ferramenta propõe uma forma estruturada e precisa de organizar ideias e propostas. As iniciais 5W2H correspondem a sete perguntas, apresentadas na Tabela 3, e que são respondidas para identificar problemas, propor ações, determinar como essas ações podem ser implementadas e quais os recursos necessários (Lucinda, 2016).

Trata-se de uma ferramenta fundamental para garantir uma abordagem sistemática e abrangente na resolução de problemas e na implementação de melhorias em processos e operações organizacionais.

Tabela 3 - Representação de um exemplo de verificação dos 5W2H.

Questões	Verificação
O quê (<i>What</i>)	O que é necessário fazer? Que recursos são necessários? O que pode ser feito por outros? O que fazer em primeiro lugar? Qual é o objetivo?
Quem (<i>Who</i>)	Quem faz? Quem pode ser envolvido? Quem precisa de ser informado?
Onde (<i>Where</i>)	Em que local acontece? Onde encontrar meios? Onde divulgar?
Porquê (<i>Why</i>)	Por que é que é necessário? Por que não tentar? Por que é que este projeto vai resultar?
Quando (<i>When</i>)	Quando começa e termina? Quando se sabe que se alcançou o objetivo? Quando envolver os outros?
Como (<i>Who</i>)	Como resolver o problema? Como envolver os colaboradores? Como avaliar?
Quanto custa (<i>How much</i>)	Como financiar? Quanto custa?

2.3. Gestão de materiais em armazém

Entende-se por armazém todo o espaço cuja função se concentra na alocação e armazenamento de materiais desde a sua receção até à sua utilização, quer estes materiais se destinem ao processo de fabrico como à expedição para o cliente ou distribuidor. Schlüter & Almeida (2009) argumentam que a gestão de armazém abrange a administração do espaço para manter a integridade e valor do inventário. O planeamento da gestão de armazéns engloba:

- Localização e dimensionamento das áreas de armazenamento;
- Definição do arranjo físico dos cais de receção e expedição de materiais;
- Escolha de equipamentos para manuseamento e movimentação;

- Escolha dos tipos de sistemas de armazenagem e sistemas de informatização para a identificação da localização de *stocks*;
- Definição da mão-de-obra necessária às operações do armazém.

Ao longo dos anos, o papel dos armazéns tem evoluído. Atualmente, assumem um papel mais ativo, desempenhando funções relacionadas com a consolidação, transbordo e *cross-docking*. Em algumas unidades de armazenamento também são realizadas atividades como montagem, desmontagem, devoluções, entre outras. A gestão de armazéns visa satisfazer as necessidades de produção que são obtidas pelo departamento de compras e as necessidades da distribuição (vendas), permitindo uma exploração a baixo custo e garantindo um nível adequado de *stocks* com elevada rotação (De Koster et al., 2007).

Numa visão tradicional, os armazéns não acrescentam valor à cadeia de abastecimento e são vistos como um "ponto morto" do processo. Numa perspetiva cada vez mais integrada, os armazéns (plataformas, entrepostos, centros de distribuição, centros de processamento) têm vindo cada vez mais a desempenhar outros papéis fundamentais, tais como: recolher artigos provenientes de várias origens e agregar para um único carregamento; facilitar o transbordo, dividindo grandes quantidades em cargas menores para entregas a clientes; permitir o *cross-docking*, onde os armazéns funcionam como plataformas de passagem de mercadorias. Além disso, realizam atividades de preparação, personalização, sequenciamento, retornos e devoluções (Cywiński, 2021).

Os armazéns podem ser classificados por função, distinguindo-se entre armazéns de distribuição, que recolhem produtos de diferentes fornecedores e os entregam a um vasto número de clientes, e armazéns de produção, utilizados para armazenagem de matérias-primas, produtos semiacabados e produtos finais numa empresa produtiva.

Existem vários sistemas de armazenagem que podem ser adotados, incluindo sistemas de estantaria manuais, como *racks* convencionais, *racks drive-in* e *drive-through*, e *racks cantilever*, bem como sistemas de armazenagem automáticos, como carrosséis horizontais e verticais, e armazéns autoportantes. Outros sistemas incluem as Unidades Agregadoras de Trânsito (UAT), estantes celulares, *Intermediate Bulk Container* (IBC) e contentores (Richards, 2018).

A gestão de armazém é um componente na cadeia de abastecimento, abrangendo desde o planeamento do espaço físico até à implementação de sistemas avançados de armazenagem. Com o papel cada vez mais estratégico dos armazéns, é fundamental uma gestão eficiente para melhorar custos, melhorar a eficiência operacional e agregar valor ao processo logístico (Ramaa et al., 2012).

2.4. Tempos e movimentos

O estudo dos tempos e movimentos permite a sistematização dos métodos de trabalho dos colaboradores e o estabelecimento de tempos normalizados para a realização das operações. Os objetivos do estudo de tempos e movimentos são:

- Eliminar todo o desperdício e esforço desnecessário por parte dos colaboradores;
- Formar os colaboradores com vista à melhor adaptação às operações que têm que desempenhar e, se necessário, promover a especialização nessas funções;
- Estabelecer padrões de realização das operações e atividades do trabalho.

O estudo dos tempos e movimentos, como técnica de gestão científica, define que todo o trabalho manual pode ser analisado com base nos movimentos elementares necessários à execução de qualquer operação. A análise do trabalho e o estudo dos tempos e movimentos permitem ajustar os processos de trabalho e elevar a eficiência operacional. Considerando o conceito de produtividade que pode ser definido como o *output* gerado por unidade de tempo, é possível estabelecer uma relação positiva entre a eficiência operacional e a produtividade (Pinto, 2019).

Assim, o estudo de tempos é uma técnica que permite registar os tempos e as restantes restrições de realização de uma determinada operação, analisar os tempos recolhidos e estimar o tempo de execução a um nível de rendimento bem definido. Existem diversas técnicas de estudo dos tempos para obtenção de tempos normalizados:

- Dados históricos ou tempos informais;
- Cronometragem;
- Amostragem do trabalho;
- Tempos pré-determinados.

De entre estas técnicas, a mais vulgarmente utilizada é a cronometragem (Almeida & Ferreira, 2009). Esta técnica permite selecionar e registar informação acerca do operador e da operação que este realiza, verificar o cumprimento dos regulamentos dos métodos de trabalho, identificar e registar as condições iniciais. Estes dados podem ser usados para verificar se houve alguma alteração do processo que imponha uma revisão do tempo padronizado. A aplicação da técnica de cronometragem implica dividir a operação em elementos e registar os tempos observados, recorrendo a um cronómetro digital.

Além da observação dos tempos, é essencial determinar o número de ciclos a medir para o nível de confiança exigido no estudo. Por norma, é atribuído um ritmo de trabalho ao operador, com vista à determinação do tempo normalizado (Almeida & Ferreira, 2009).

Além dos tempos observados e da análise do ritmo do trabalhador, podem também ser considerados complementos de tempo a atribuir, isto é, fatores de tolerância para necessidades pessoais ou pausas. Por fim, os tempos padrão são estimados (Pinto, 2019).

A cronometragem é aplicada principalmente em operações repetitivas, de ciclo curto e integradas no trabalho corrente da empresa. Do ponto de vista metodológico, o processo de cronometragem envolve oito etapas principais:

1. Divisão da operação em tarefas elementares;
2. Registro dos tempos observados necessários para cada tarefa;
3. Determinação do número de ciclos a medir para o nível de confiança desejado;
4. Cálculo do tempo médio para cada tarefa;
5. Atribuição de um ritmo de trabalho ao colaborador observado em cada operação;
6. Estabelecimento do tempo normalizado da operação;
7. Definição das folgas/tolerâncias de tempo a serem atribuídas;
8. Determinação do tempo padrão;

Efetuada as medições preliminares, n' , determina-se a dimensão da amostra (número de cronometragens efetivas a realizar para o estudo) usando os valores preliminares. Para os valores preliminares deve ser então calculado o valor médio, $\bar{x}$, desvio padrão, σ , de acordo com a equação (1), em que x representa o tempo de cada observação.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n'}}{n' - 1}} \quad (1)$$

Com n' observações preliminares, estabelece-se o nível de confiança (z) e uma margem de erro (h), sendo que a dimensão da amostra deve ser calculada através da equação (2).

$$n = \left(\frac{z \times \sigma}{h \times \bar{x}} \right)^2 \quad (2)$$

2.5. Organização e melhoria de *layouts*

O *layout* refere-se à disposição dos recursos de produção num espaço ou infraestrutura específica. A organização do *layout* inclui a consideração das dimensões necessárias para a realização das operações, manutenção, abastecimento e saída de produtos. A definição de um *layout* deve seguir uma metodologia que considera pontos-chave, como o conhecimento dos fluxos de materiais, identificação de padrões de movimento, localização de áreas de receção e expedição, identificação de áreas primárias e secundárias para separação de pedidos ao armazém, estabelecimento do sistema de localização dos materiais e o armazenamento (Sadar et al., 2023).

A eficiente definição do *layout* desempenha um papel importante na melhoria dos processos produtivos, impactando diretamente na eficiência operacional e na utilização do espaço. Além dos aspetos mencionados, é essencial considerar aspetos ergonómicos para garantir condições de trabalho seguras e confortáveis, bem como a flexibilidade do *layout* para acomodar mudanças futuras nas operações. A análise cuidadosa desses elementos contribui para um ambiente produtivo mais eficaz e adaptável às necessidades da empresa (Singh & Sharma, 2006).

A organização do *layout*, conforme destacado por Ritzman et al. (2009) é estratégica para a gestão das operações internas de uma empresa. Um *layout* eficiente facilita o fluxo de informações e materiais, otimiza a utilização de equipamentos e mão-de-obra, reduz riscos para os colaboradores e melhora a comunicação.

Quando se implementam métodos de melhoria de *layouts* espera-se que as necessidades da empresa sejam atendidas, trazendo vantagens como a minimização de custos de transporte e movimentação de materiais, a boa utilização dos espaços, a eliminação de estrangulamentos, a promoção da qualidade de produtos e serviços, a redução de tempos e eliminação de deslocações desnecessárias (Yang & Lu, 2023).

Existem diversos critérios que podem ser usados para definir ou melhorar os *layouts* industriais. Um dos principais critérios é a organização considerando o fluxo contínuo da produção (Singh & Sharma, 2006). A organização de acordo com fluxo de produção deve fomentar a proximidade dos equipamentos e postos de trabalho no chão-de-fábrica, de forma a que o fluxo de materiais flua continuamente, minimizando a acumulação de *Work In Process* (WIP). Além disso, o posicionamento dos postos de trabalho e dos sistemas de apoio à produção no *layout* deve permitir minimizar a movimentação de materiais e produtos no chão-de-fábrica.

Outro critério de organização é a gestão visual. Os *layouts* devem ser organizados permitindo a identificação do *workflow* produtivo, facilitando a gestão das atividades do chão-de-fábrica. Um *layout* eficiente possibilita que o gestor da produção, ao realizar o *Gemba Walk*, tenha uma percepção clara do sistema de produção e visualize as etapas completas do processo (De Carlo et al., 2013). A sinalética do *layout* deve permitir uma boa comunicação não verbalizada.

O terceiro critério a referir é a rentabilização da polivalência da mão-de-obra. Na organização do *layout*, a localização dos postos de trabalho e dos equipamentos deve permitir que um trabalhador execute várias operações em diferentes postos. Esta é uma das variáveis que deve ser tida em consideração caso se pretenda melhorar os indicadores de produtividade na reorganização de um *layout* (Yang & Lu, 2023).

Outro critério na organização dos *layouts* é a qualidade. Os defeitos e problemas de qualidade devem ser detetados o mais cedo possível no processo produtivo. Desta forma, *layouts* que fomentem a produção de grandes quantidades dificultam a deteção de defeitos e por sua vez, esses produtos prosseguem na cadeia de valor até à inspeção final. A colocação de postos de trabalho em que são realizadas inspeções em pontos intermédios do processo produtivo pode contribuir sobejamente para a qualidade de processo e qualidade de produto final (Putra & Kitamura, 2021).

Independentemente destes critérios, um *layout* pode ser avaliado quer por critérios qualitativos como por critérios quantitativos. Os critérios mais comuns são fundamentados na proximidade dos recursos, e o método mais comum de avaliar a qualidade de um *layout* baseia-se na combinação entre desejabilidade de proximidade entre os postos de trabalho ou recursos (p_{ij}) e a distância entre esses mesmos recursos (d_{ij}), sendo que o custo do *layout* ($Q_{proximidade}$) dado pela equação (3):

$$Q_{proximidade} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij} \times d_{ij} \quad (3)$$

O fator de distância deve ser sempre considerado com base num método de cálculo ou na medição efetiva das distâncias, de forma a ser representativo dos fluxos de movimentação realizados pelos colaboradores e materiais (Pérez-Gosende et al., 2021).

Todavia, os critérios quantitativos mais comuns são baseados na minimização dos custos dos fluxos de movimentação.

Assim, a análise quantitativa fundamenta-se geralmente em três parâmetros, sendo eles a distância entre recursos (d_{ij}), a existência de fluxos de materiais entre recursos (f_{ij}) e o custo de transporte por unidade de distância percorrida entre recursos e por fluxo (c_{ij}). O custo do *layout* ($C_{movimentação}$) neste caso é dado pela equação (4):

$$C_{movimentação} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \times f_{ij} \times d_{ij} \quad (4)$$

Um dos algoritmos que aplica este tipo de critério é o *Automated Layout Design Program* (ALDEP). O ALDEP é um algoritmo usado na organização da disposição física das áreas de trabalho, equipamentos e máquinas de forma a melhorar a eficiência do processo produtivo. Este método procura minimizar a distância total percorrida pelos materiais entre diferentes áreas de uma implantação industrial. O ALDEP aplica uma abordagem heurística para gerar alternativas de *layouts* possíveis, atribuindo áreas de ocupação de acordo com o espaço disponível, as restrições específicas do local, a sequência das operações, relações de proximidade e outros critérios de interesse (Costa et al., 2023).

Para a aplicação do método é necessário o fornecimento de dados como a lista de áreas a serem dispostas, o tamanho das áreas ocupadas pelos equipamentos e bancadas de apoio e as relações de proximidade. O ALDEP avalia disposições alternativas, atribuindo uma pontuação. Utiliza uma matriz de adjacência para representar as relações de proximidade e calcula um índice de eficiência para cada *layout* gerado. Para avaliar a importância das relações entre diferentes áreas de trabalho e equipamentos são usadas tabelas de relação de adjacência (designadas por tabelas REL) onde são aplicados critérios considerando as suas interações e a necessidade de proximidade para melhorar o *workflow* (Deshpande et al., 2016). Para esta análise, é atribuída uma classificação, conforme o exemplo da Tabela 4.

Tabela 4 - Sistema de classificação REL para avaliação de *layouts*.

Classificação	Descrição	Relação
A	Absolutamente necessário	64
E	Especialmente importante	16
I	Importante	4
O	Pouco importante	1
U	Não importante	0
X	Indesejável	-1024
A=4 ³ , E=4 ² , I=4 ¹ , O=4 ⁰ , U=0 e X= - 4 ⁵		

Os métodos baseados em critérios qualitativos têm bastante subjetividade associada e os métodos baseados em critérios quantitativos não conseguem resolver de forma concreta algumas restrições do problema. Um *layout* incorreto resulta na má utilização das áreas fabris e na localização indevida de materiais, equipamentos e bancadas de apoio aos processos. A correta localização, não contribuindo diretamente para o valor acrescentado, deve ser equacionada tendo em conta a minimização dos custos de movimentação, garantindo a identificação correta de cada item no inventário (Deshpande et al., 2016).

Em suma, o objetivo da organização e melhoria de *layouts* é efetuar o planeamento contínuo ao longo do tempo em função das alterações produtivas, garantindo a circulação eficiente dos colaboradores e dos materiais, reduzindo desperdícios de tempo. Além disso, visa simplificar os fluxos de informação e de materiais, as movimentações e transportes, impulsionando melhorias na produtividade e facilitando a coordenação das atividades desenvolvidas (Siregar et al., 2018).

3. Apresentação da empresa

Este capítulo é dedicado à descrição da empresa onde foi desenvolvida a dissertação. É realizada uma breve apresentação e caracterização da sua história, estrutura organizacional, missão e valores e a descrição dos principais tipos de produtos fabricados. Neste capítulo são ainda identificados os principais equipamentos e processos produtivos.

3.1. Caracterização e localização da empresa

A empresa LusoSteel, cujo logótipo é apresentado na Figura 6, é uma organização com quase duas décadas de experiência na produção e montagem de serralharias de ferro, alumínio soldado, aço *corten*¹, estruturas metálicas e revestimentos. A sua história remonta ao início de suas operações em janeiro de 2009, quando surgiu como uma expansão da empresa “Serralharia Pedro Oliveira”, que foi fundada no ano 2000. Esta mudança envolveu a transformação da empresa de uma atividade em nome individual para uma sociedade.



Figura 6 - Logótipo da empresa Lusosteel (LusoSteel, 2024).

A sede da LusoSteel (Figura 7) está localizada no Parque Industrial de Celeirós, em Braga, Portugal, onde possui instalações que abrangem uma área coberta de 1 500 m² e um logradouro de 2 000 m². Essas instalações de grande porte capacitam a empresa a produzir estruturas de grande envergadura, demonstrando sua capacidade de resposta a projetos complexos e ambiciosos. Desde 2002, a empresa cresceu e agora conta com uma equipa de colaboradores altamente qualificados. Esses profissionais são essenciais para ajudar a LusoSteel a cumprir e superar as expectativas dos clientes, garantindo que os projetos são concluídos com sucesso.

¹ Tipo de aço cuja composição contém elementos como cobre, cromo, níquel, o fósforo que melhoram as propriedades anticorrosivas.



Figura 7 - Sede da empresa (LusoSteel, 2024).

Um dos pontos fortes da empresa é a sua especialização na produção de estruturas metálicas. Esse foco específico no fabrico de estruturas metálicas complexas e de grande dimensão deve-se à qualificação e competência técnica da mão-de-obra e à capacidade de inovação da LusoSteel no seu setor de atuação. Assim, com quase duas décadas de existência, instalações modernas e uma equipa experiente, a empresa está bem posicionada para continuar a oferecer soluções no campo de serralharias metálicas e estruturas para projetos de obras públicas e privadas.

3.2. Missão e política de qualidade

A LusoSteel está comprometida em proporcionar padrões de qualidade que atendam às expectativas e necessidades de todos os seus clientes e partes interessadas e de forma sistemática. Para alcançar esses padrões de qualidade consistente, a LusoSteel compromete-se a seguir as seguintes políticas de qualidade:

- Implementar um sistema de gestão de qualidade em todas as suas atividades;
- Alcançar e manter altos padrões de desempenho que contribuam para a boa reputação da LusoSteel;
- Garantir a conformidade com todos os regulamentos aplicáveis no setor de atuação;
- Promover a melhoria contínua no desempenho da LusoSteel;
- Priorizar as necessidades dos clientes, sempre procurando superar expectativas.

Para atingir esses objetivos, a administração da empresa fornece os recursos materiais e humanos necessários e compromete-se a garantir que a política de qualidade é compreendida, implementada e mantida a todos os níveis.

A empresa aposta na inovação e no compromisso com a qualidade em toda a gama de produtos. Dos projetos estruturais mais robustos à produção de elementos de serralharia mais refinada, a LusoSteel mantém um padrão de excelência que a destaca no mercado.

3.3. Estrutural organizacional

A LusoSteel emprega um total de 20 colaboradores. Desse total, 14 colaboradores pertencem ao departamento de produção. Nesta secção apresenta-se a estrutura organizacional da empresa e as características operacionais.

3.3.1. Organização funcional

A LusoSteel tem uma estrutura organizacional hierarquizada para gerir suas atividades diárias de produção. A empresa é dividida em cinco departamentos funcionais, todos eles reportando diretamente à administração:

Departamento Financeiro: Desempenha um papel vital na gestão das finanças da LusoSteel. Este departamento é responsável pela contabilidade, monitorização das transações financeiras, controlo de despesas e receitas, elaboração de relatórios financeiros e garantia da conformidade com regulamentos financeiros instituídos. O departamento tem um papel fundamental no suporte às operações da empresa.

Departamento Comercial: Concentra-se na interação direta com os clientes. Neste departamento são elaborados os orçamentos e propostas comerciais, atendendo às necessidades e requisitos dos clientes. A sua eficácia é fundamental para manter e expandir a base de clientes da LusoSteel.

Departamento de Desenho e Projeto: A inovação e o desenvolvimento de produtos personalizados desempenham um papel central na LusoSteel. Este departamento é responsável por traduzir as ideias em projetos concretos, garantindo que os produtos cumprem com as especificações do cliente e aos padrões de qualidade exigidos. É fundamental para a empresa oferecer soluções atendendo aos critérios de fabrico e de segurança.

Departamento de Compras: Responsável pela gestão de materiais, seleção de fornecedores, negociação de contratos, monitorização do *stock* de materiais e garantia de que os recursos necessários estejam disponíveis para apoiar as operações da LusoSteel. A gestão eficaz da cadeia de abastecimento é um elemento crucial para manter os custos sob controlo e um fluxo de produção sem interrupções.

Departamento de Produção: A produção, montagem de equipamentos e execução de obras são o pilar das operações da LusoSteel. É responsável por garantir que esses processos são executados com eficiência, mantendo os padrões de qualidade exigidos pela empresa. Este departamento é essencial para a entrega de produtos e projetos dentro dos prazos estabelecidos.

A estrutura da empresa é representada no organograma apresentado na Figura 8.

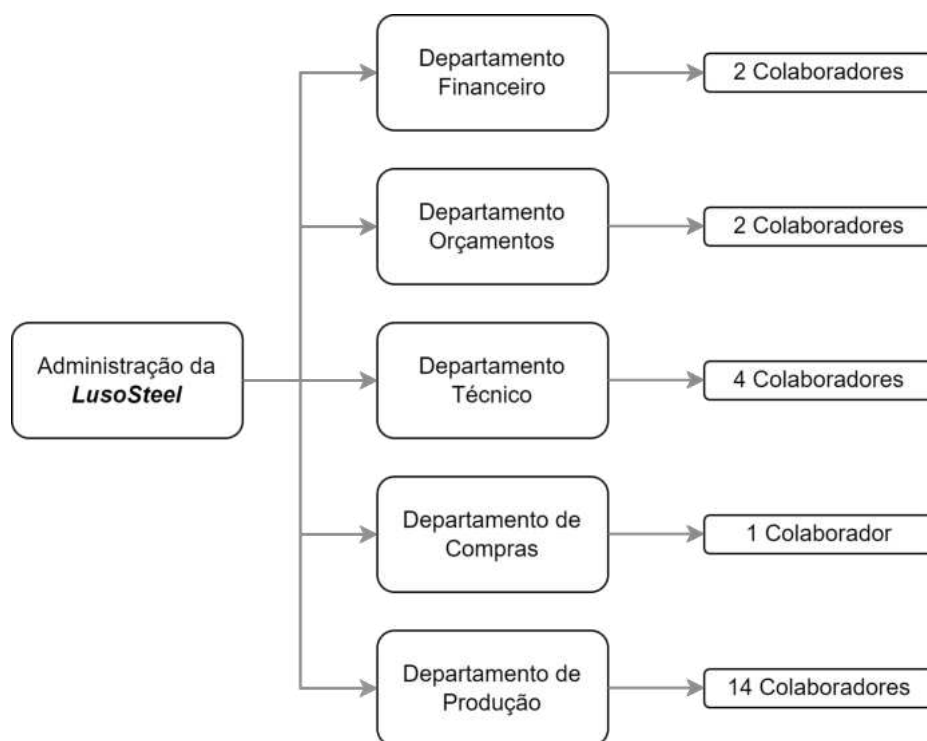


Figura 8 - Organograma da estrutura da empresa LusoSteel.

3.3.2. Multidisciplinariedade operacional

Uma característica da LusoSteel é a multidisciplinariedade operacional, uma vez que alguns colaboradores desempenham funções em mais do que um departamento. Isso reflete a versatilidade da equipa e a capacidade produtiva. Essa flexibilidade permite que a empresa responda rapidamente às mudanças nas necessidades do cliente e do mercado. Com uma equipa versátil e uma abordagem multidisciplinar, a empresa está bem posicionada para atender às necessidades dos clientes e manter sua posição de destaque no mercado de fabricação de artigos em metal. Salienta-se que a LusoSteel é uma empresa, essencialmente de fabricação por projeto, ou seja, a empresa fabrica estruturas por encomenda de acordo com as especificações dos clientes, tendo assim um sistema de fabrico orientado para produção customizada.

3.4. Tipologias de produtos e serviços

A LusoSteel é especializada na conceção, produção e montagem de estruturas metálicas, destacando-se pela diversidade e excelência de sua família de produtos. Além de projetos estruturais, a empresa possui capacidade de produção de artigos em serralharia ligeira, oferecendo soluções que vão desde guarda-corpos a portões e pérgulas, ou seja, todo o tipo de artigos que englobam peças de peso e dimensões ligeiras, sem necessidade de recorrer a meios elevatórios.

Independentemente da complexidade do projeto, a empresa LusoSteel aplica os princípios de trabalho na redução de desperdícios e entrega de produtos que superam as expectativas em termos de qualidade e durabilidade. Esta abordagem é aplicada na conceção de todas as famílias de produtos da LusoSteel, que incluem: 1) estruturas metálicas; 2) soluções de serralharia ligeira; e 3) projetos à medida. A Tabela 5 sintetiza a descrição destas três principais tipologias de produtos e serviços da LusoSteel.

Tabela 5 - Tipologias de produtos e serviços da LusoSteel.

Tipologia	Descrição
Estruturas metálicas	Desenvolvimento de projetos de estruturas metálicas, desde estruturas para edifícios industriais até estruturas arquitetónicas complexas, de elevada qualidade e precisão técnica.
Artigos de serralharia ligeira	Produção de elementos de serralharia ligeira como guarda-corpos que aliam segurança e <i>design</i> , portões em diferentes materiais e <i>designs</i> , bem como pérgulas funcionais.
Projetos à medida	Projeto de soluções personalizadas, adaptadas às necessidades específicas do cliente, refletindo a atenção da empresa aos detalhes e o compromisso em fornecer resultados que se destacam no mercado.

As Figuras de 9 a 12 apresentam alguns exemplos de trabalhos realizados pela empresa LusoSteel. A Figura 9 ilustra a montagem da estrutura metálica da fachada de edifício industrial. A Figura 10 ilustra a montagem da infraestrutura metálica de uma pedreira. A Figura 11 apresenta a montagem da estrutura de suporte de edifício para a construção de um hotel. A Figura 12 mostra o desenho técnico da estrutura metálica para uma Estação de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) em Vila Nova de Gaia.



Figura 9 - Produção e montagem da fachada da empresa Endutex em Guimarães.



Figura 10 - Produção e montagem da estrutura metálica para a pedreira Gouvães.



Figura 11 - Produção e montagem da estrutura metálica para o Hotel Neya, Porto.

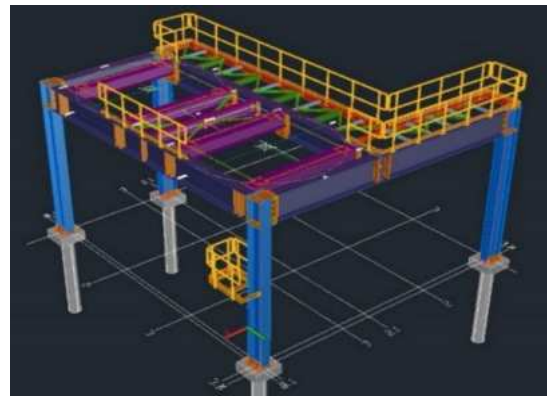


Figura 12 - Projeto e preparação da uma estrutura metálica para ETAR de Gaia, Porto.

3.5. Apresentação do *layout* e recursos produtivos

O *layout* atual da LusoSteel e a disposição de máquinas, equipamentos e áreas de trabalho fundamentais à produção de estruturas metálicas são apresentados na Figura 13. Desta forma é possível ter uma melhor noção da localização das principais zonas produtivas do *layout* atual adotado pela empresa, destacando a importância de cada elemento na produção industrial.

A análise do *layout* explora a identificação da localização de cada máquina. A empresa tem um armazém fechado onde coloca diversas máquinas portáteis, equipamentos, ferramentas acessórios e consumíveis necessários aos diferentes processos de produção, nomeadamente, o corte, a furação e os diferentes processos soldadura. Como se pode visualizar pela codificação de cores aplicada, muitos dos equipamentos que realizam o mesmo tipo de processos encontram-se dispersos pelo *layout* da empresa.

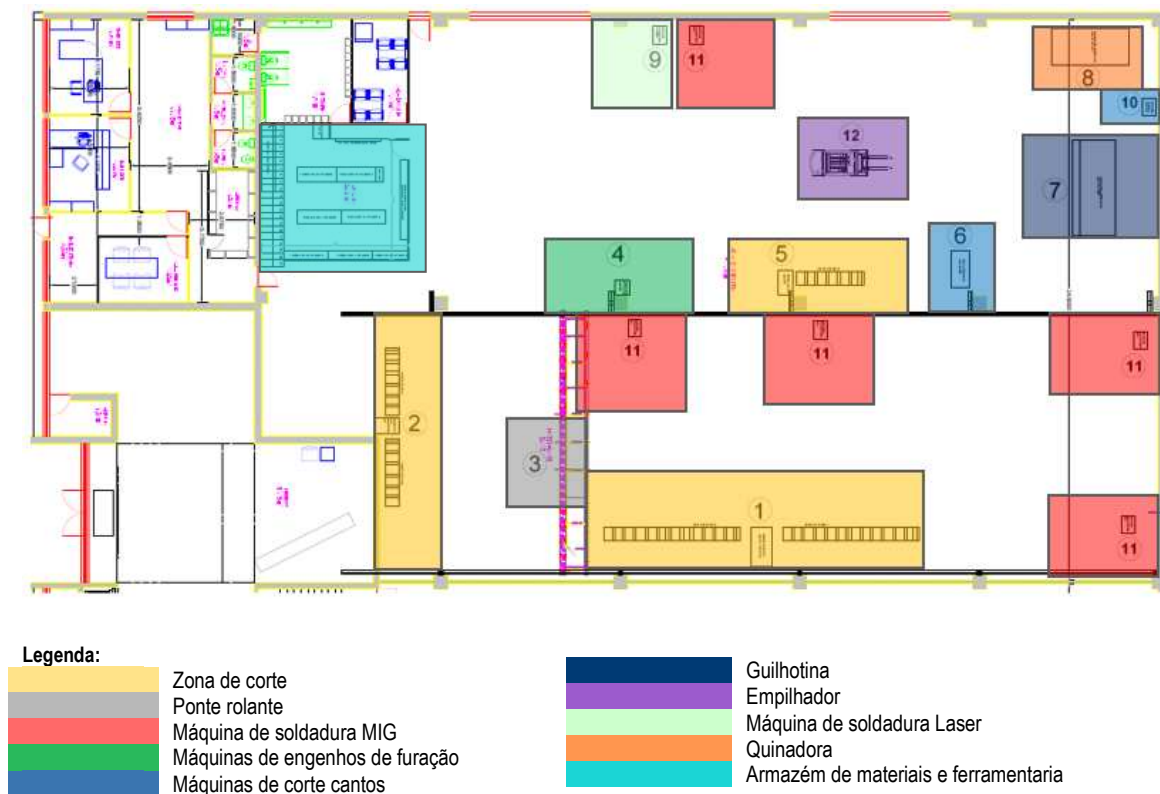


Figura 13 - *Layout* atual da empresa LusoSteel e identificação da localização dos equipamentos no chão-de-fábrica.

Nesta seção são detalhados os principais equipamentos utilizados pela empresa, descrevendo suas funções e contribuições essenciais para a fabricação das estruturas metálicas e artigos de serralharia. Alguns dos equipamentos são usados para os mesmos processos produtivos, dependendo das especificações de corte, dobragem e soldadura nos diferentes projetos de produção das estruturas metálicas.

3.5.1. Equipamentos de corte

Na LusoSteel existem 3 principais equipamentos de corte. A serra de corte (representada na Figura 13 como Equipamento nº1), com capacidade de até 600 mm de largura, é uma máquina fundamental no processo de fabricação da LusoSteel. Trata-se de uma máquina versátil, projetada para cortar uma variedade de materiais, principalmente barras de metal, perfis de grande dimensões e peso. Este equipamento tem uma lâmina rotativa e realiza cortes precisos e uniformes, garantindo a conformidade com os requisitos de produção e as especificações de cada projeto. A serra de corte é usada nos cortes de barras e perfis de metal nos comprimentos desejados.

A Figura 14 ilustra a serra de corte da empresa. Esta serra permite realizar cortes rápidos, garantindo a qualidade do processo e a uniformidade dimensional dos materiais usados na fabricação das estruturas metálicas.

Existem também duas serras de serralheira ligeira, representadas na Figura 13 como Equipamento nº2 e Equipamento nº5, respetivamente. Estas serras são usadas para serralheira ligeira na produção de portões, guarda-corpos, grelhas e outras peças leves. Essas máquinas são usadas na preparação de perfis e tubos de menores dimensões, permitindo cortes de maior precisão quando são requeridos ângulos de corte mais pequenos. A Figura 15 mostra uma das serras de corte de serralharia ligeira da empresa.



Figura 14 - Serra de corte com capacidade de 600 mm de largura.



Figura 15 - Serra de corte para a serralharia ligeira.

A guilhotina hidráulica, representada na Figura 13 como Equipamento nº 7, é usada no processo de corte de chapas metálicas. Equipada com um mecanismo hidráulico, esta máquina é capaz de realizar cortes precisos em chapas com espessura até 6 mm. A Figura 16 ilustra os apoios de colocação das chapas e perfis na guilhotina.



Figura 16 - Guilhotina hidráulica.

As máquinas de cortar cantos (representadas na Figura 13 Equipamento nº6 e nº10, respectivamente) são equipamentos de corte muito específicos, uma vez que apenas realizam corte em ângulo fixo. A Figura 17 mostra uma das máquinas de corte de cantos da empresa. As duas máquinas de cortar cantos têm dimensões diferentes e são usadas de acordo com as dimensões das chapas e dos perfis a cortar.



Figura 17 - Máquina de corte cantos.

3.5.2. Equipamentos de furação

As máquinas e engenhos de furar (representadas na Figura 13 como Equipamento nº4) realizam furos precisos em peças de metal, contribuindo para a versatilidade e funcionalidade dos componentes produzidos.

Destaca-se a capacidade de realizar perfurações em peças metálicas com alta precisão mesmo que os materiais tenham diferentes durezas. Essa precisão é essencial para garantir que os furos cumpram com os requisitos específicos do projeto, permitindo posteriormente a montagem e a conexão das peças que compõem as estruturas metálicas por ligações aparafusadas. Na empresa existe uma máquina de furação elétrica apresentada na Figura 18, e uma máquina de furação hidráulica apresentada na Figura 19.

Estas máquinas necessitam de diferentes tipos de fresas e brocas de furação atendendo aos diâmetros de furação requeridos e os tipos de materiais a serem furados. Estas ferramentas e os acessórios que não são usados diariamente são mantidos no armazém da empresa.



Figura 18 - Máquina elétrica para furos.



Figura 19 - Máquina hidráulica para furos.

3.5.3. Equipamentos de dobragem de chapa

A quinadora hidráulica (Figura 20) permite dobrar chapas metálicas em ângulos específicos. A dobragem dos componentes dá conformação exata das chapas, viabilizando a fabricação de peças dobradas que se ajustam aos requisitos de *design* da estrutura em fabrico. A localização da quinadora está representada na Figura 13 como Equipamento nº8.



Figura 20 - Quinadora hidráulica.

3.5.4. Equipamento de soldadura

Existem dois tipos de equipamentos de soldadura: soldadura a laser e soldadura *Metal Inert Gas* (MIG). A máquina de soldadura a laser (Figura 21) é unicamente utilizada para soldar peças pequenas e leves de serralharia ligeira. Este equipamento é usado para criar uma junta de ligação de alta qualidade em peças de metal.

Essa técnica de soldadura a laser é ideal para aplicações que exigem resistência e durabilidade. A soldadura a laser, não tem necessidade de limpeza pós-soldadura, o que resulta em ganhos significativos de tempo no processo produtivo.

Existem também cinco máquinas de soldadura automática *Metal Inert Gas* (MIG) (Figura 22). Estas máquinas efetuam processos de soldadura de componentes metálicos em série. Essa automatização do processo de soldadura contribui para a uniformização das soldas em cada componente. A máquina de soldadura a laser está representada como Equipamento nº 9 na Figura 13. Por sua vez, a localização de cada uma das máquinas de soldadura MIG está representada como Equipamento nº11 na Figura 13.



Figura 21 - Máquina de soldadura a laser.



Figura 22 - Máquina de soldadura MIG automática.

3.5.3. Equipamento de movimentação de carga

Além destes equipamentos produtivos, a empresa dispõe de meios de movimentação de carga. Estes equipamentos são importantes uma vez que as matérias-primas e as estruturas metálicas produzidas representam cargas elevadas. A ponte rolante (Figura 23) tem uma capacidade de 5 toneladas de carga máxima. Este equipamento encontra-se na localização correspondente ao Equipamento nº3 na Figura 13.



Figura 23 - Ponte rolante com capacidade máxima de 5 toneladas.

Este equipamento varre uma área significativa da fábrica, proporcionando flexibilidade no manuseio de materiais. Essa máquina é fundamental para o transporte e movimentação de cargas pesadas de um ponto para outro dentro da área de produção.

Existe também um empilhador elétrico, com capacidade para até 3,5 toneladas, usado na organização do armazém e na movimentação eficiente de materiais e produtos acabados. A sua função principal é facilitar os movimentos de cargas, gerindo o espaço disponível no armazém. Por ser um equipamento móvel, o empilhador não possui uma posição fixa no espaço produtivo, sendo usado para atender às necessidades logísticas que surjam durante a produção.

3.6. Mapeamento de processos de produção

A produção de estruturas metálicas na LusoSteel é um processo coordenado, onde cada etapa é planeada para garantir a qualidade e conformidade com os requisitos específicos de cada cliente. O ciclo de produção pode ser dividido em várias fases distintas:

- **Engenharia e Projeto Personalizado** - O processo começa no departamento técnico, onde engenheiros realizam cálculos e desenvolvem projetos personalizados para atender às necessidades exclusivas de cada cliente. Após a conclusão, o projeto é enviado ao cliente para análise e aprovação.
- **Compras e Desenhos para Produção** - Com a aprovação do projeto, uma lista de materiais é enviada ao departamento de compras, que procura as melhores opções no mercado. Simultaneamente, no departamento técnico, são elaborados desenhos detalhados das peças individuais e conjuntos, incluindo comprimentos, ângulos de corte e furações.
- **Preparação para Produção** - Os desenhos são utilizados para criar os ficheiros necessários através da programação por Controlo Numérico Computorizado (CNC). São efetuadas as programações dos cortes nas chapas metálicas e de todas as furações necessárias. Com essa preparação concluída, a produção é iniciada.
- **Processo de Corte e Furação** - Após a chegada do material à empresa, o processo de corte e furação tem início. Aqui, são realizados os cortes e furações nas vigas e perfis individuais que compõem a estrutura.

- **Soldadura e Montagem de Conjuntos** - As peças são então encaminhadas para o processo de soldadura, onde os conjuntos são unidos. Após a soldadura, as estruturas passam por um processo de verificação e limpeza, garantindo que cada conjunto atenda às especificações do desenho.
- **Processo de verificação e aprovação** - Depois dos processos de soldadura, é efetuada uma verificação e controlo de qualidade de forma a validar e aprovar os componentes e estruturas em produção. A verificação, assinada pelos colaboradores, atesta a conformidade da produção com os desenhos do projeto, garantindo a satisfação do cliente e a entrega de produtos de excelência.
- **Metalização e Pintura** - Após a verificação, as estruturas são submetidas aos processos de metalização e pintura. Este passo é terceirizado a uma empresa especializada, que aplica a metalização e a pintura conforme as características solicitadas pelo cliente.
- **Montagem e Entrega Final** - O material pintado é então levado ao local da obra, onde a equipa da LusoSteel assume a responsabilidade pela montagem final. Esse processo inclui a entrega da obra final ao cliente, assegurando todas as especificações e padrões de qualidade.

A Figura 24 corresponde ao fluxograma dos principais processos envolvidos na produção de estruturas metálicas na LusoSteel. Salienta-se que não é possível definir tempos de processo ou de *setup* das máquinas uma vez que todos os projetos são distintos e os processos de fabrico são altamente customizados.

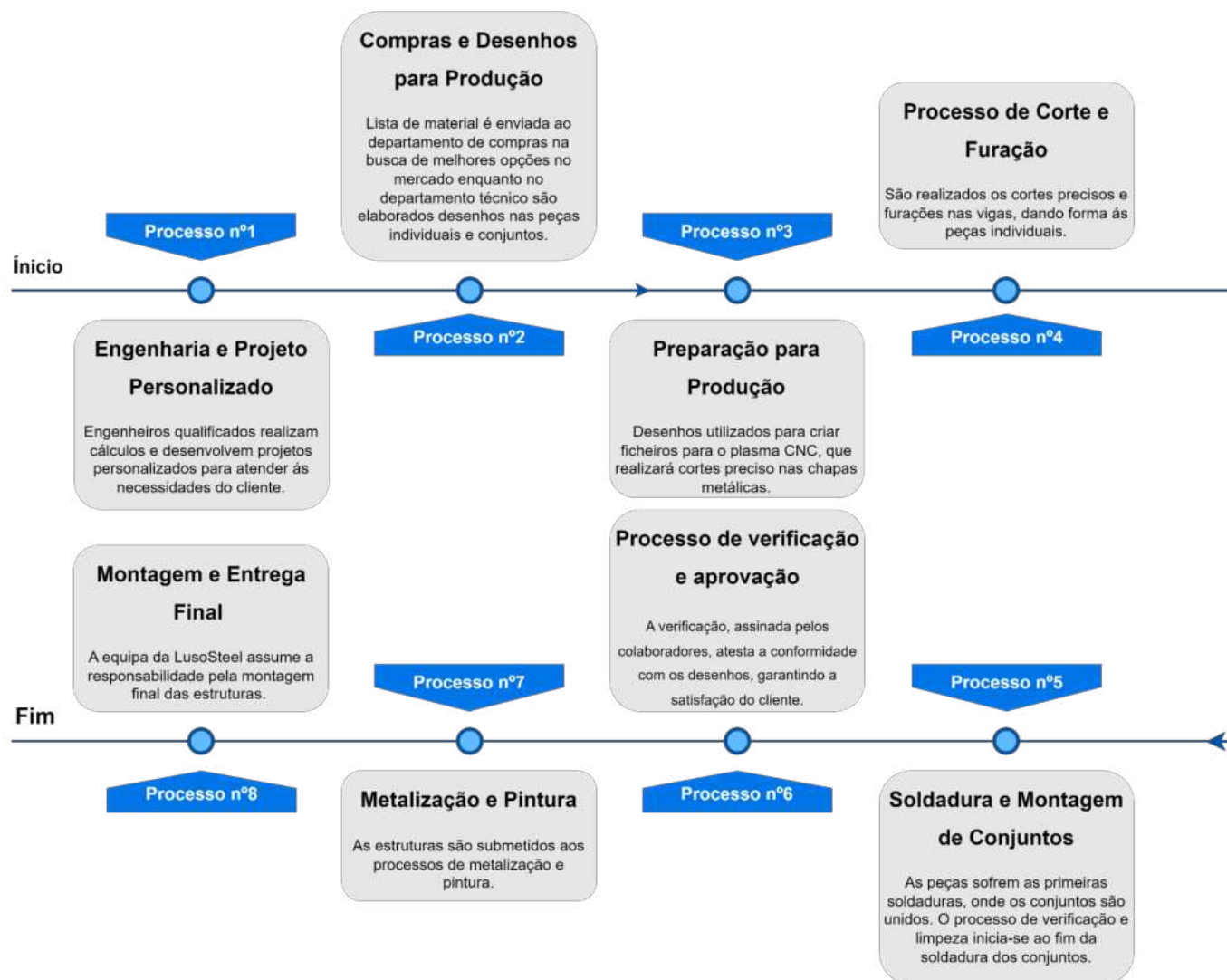


Figura 24 - Fluxograma dos principais processos envolvidos na produção de estruturas metálicas.

4. Identificação e análise crítica de problemas

Neste capítulo são identificados e analisados os problemas associados à gestão de materiais no armazém da empresa e à organização do *layout* produtivo. A identificação dos problemas foi efetuada através da realização do *Gemba Walk* e de conversas informais com os colaboradores e com as chefias da empresa.

4.1. Problemas no armazém de materiais e ferramentaria

Relativamente à gestão do armazém de materiais e ferramentaria da empresa, foram identificados diversos problemas com base na elaboração do diagrama *Ishikawa* apresentado na Figura 25. As máquinas não estavam identificadas nem tinham uma localização específica no armazém. Muitas das máquinas, quando colocadas no armazém depois da sua utilização não eram alvo de manutenção preventiva e algumas delas, aquando da sua devolução estavam danificadas ou avariadas. A existência de máquinas obsoletas ou avariadas sem qualquer indicação geravam movimentações frequentes e transportes excessivos, uma vez que os colaboradores que as requisitavam ao armazém não sabiam se estas estavam operacionais. Outro problema associado ao armazém era a falta de arrumação geral, poeira e sujidade, visto que não existia qualquer limpeza desde a mudança de instalações. A acumulação desordenada e a mistura de materiais em qualquer *rack* e sem qualquer identificação ou codificação resultavam na falta de gestão visual do armazém.

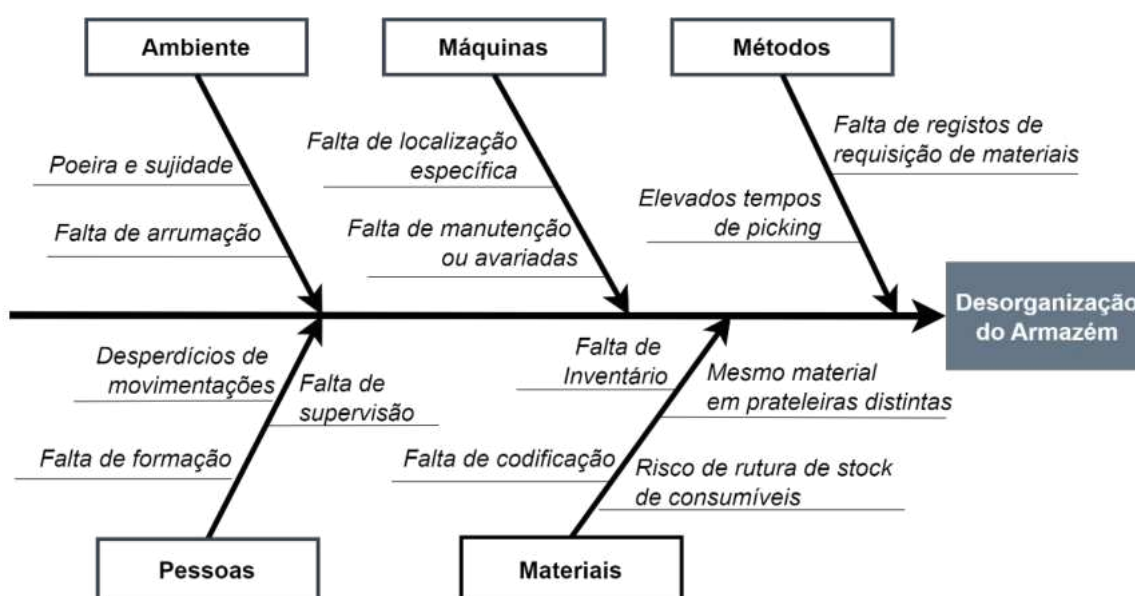


Figura 25 - Diagrama *Ishikawa* com a identificação das causas da desorganização do armazém.

Os colaboradores não tinham qualquer supervisão quando efetuavam a recolha e a devolução dos materiais. Desta forma não havia controlo das saídas de materiais podendo ocorrer roturas de *stocks*. As ocorrências de rotura de *stock* levavam a atrasos do início dos processos produtivos. Noutras circunstâncias podiam inclusive atrasar a saída das equipas para as obras se fosse necessária a reposição de componentes nas malas de ferramentas e acessórios. Os principais problemas da desorganização do armazém de materiais e ferramentaria resultava em tempos improdutivos e desperdícios de movimentações.

4.1.1. Falta de arrumação de materiais, ferramentas e posto de trabalho

Ao analisar o armazém de materiais e ferramentaria da LusoSteel, tornou-se evidente que a desorganização comprometia os processos logísticos relacionados com o aprovisionamento do armazém. A falta de uma disposição lógica dos materiais nas estantes dificultava o processo de *picking*. Produtos idênticos estavam dispersos em estantes distintas, dificultando a identificação da sua localização por parte dos colaboradores. Além disso, a acumulação de poeira e de materiais sobrantes ao longo de vários anos evidenciou a necessidade urgente de limpeza e organização.

Uma vez que é limitada a quantidade de ferramentas e equipamentos, muitos destes itens têm de ser partilhados por vários colaboradores. A falta de organização das ferramentas no armazém e as constantes recolhas e devoluções das ferramentas sem alocação de específica nem identificação da sua localização, prejudicava a fluidez das operações diárias na LusoSteel.

A Figura 25 e a Figura 26 correspondem a registos do estado do armazém de materiais e ferramentaria à data de início da realização da dissertação.



Figura 26 - Acumulação de pó e materiais não utilizáveis no topo das estantes.

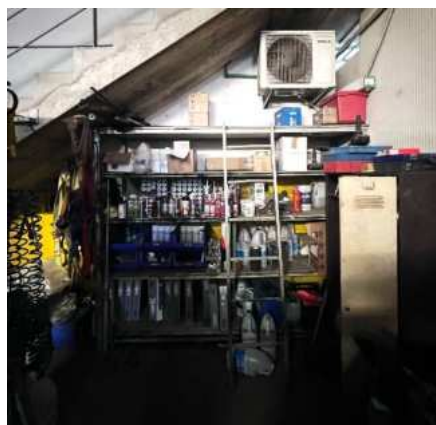


Figura 27 - Desorganização da estante de produtos químicos.

Nas observações efetuadas, foi observado um hábito recorrente dos colaboradores em acumular material não identificado na entrada do armazém (Figura 28), obstruindo a passagem. Essa prática além de dificultar o acesso ao armazém, também afetava a organização geral do espaço e a eficiência das operações logísticas. A falta de uma abordagem sistemática para a gestão desses materiais resultava em desorganização, movimentações e tempos desperdiçados. Dessa forma, a necessidade de implementar medidas para melhorar a organização no armazém tornou-se evidente.

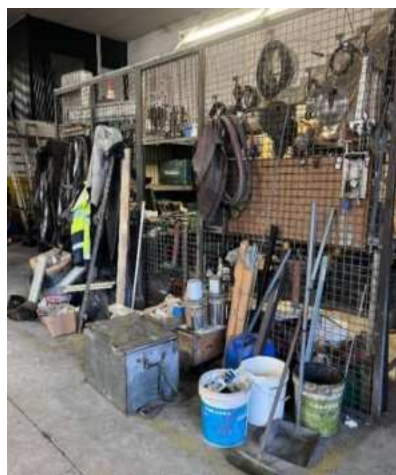


Figura 28 - Acumulação de material não identificado na entrada do armazém.

Outro aspecto crítico foi a acumulação de equipamentos e consumíveis sobre a bancada do posto de trabalho existente no armazém. Esta bancada destinava-se às reparações a serem efetuadas pelo responsável do armazém (Figura 29 e Figura 30). Esse amontoado de itens criava desorganização no posto de trabalho e representava um obstáculo à realização dos processos de manutenção por falta de espaço disponível.

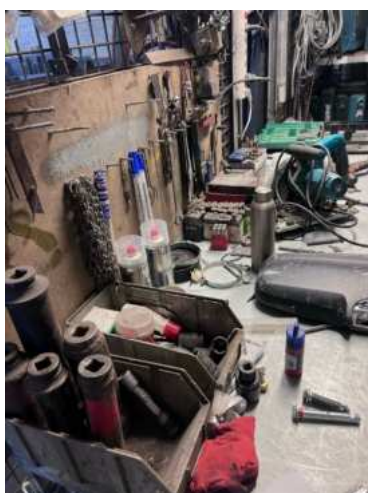


Figura 29 - Desorganização sobre o balcão de trabalho.

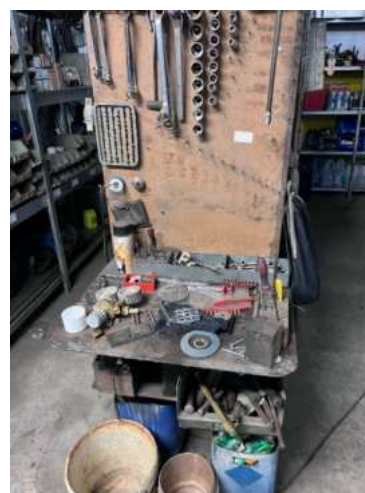


Figura 30 - Várias ferramentas de trabalho não identificadas no balcão de trabalho.

4.1.2. Falta de registo de *picking* de ferramentas e consumíveis

A presença de um responsável pelo armazém e *stock* não foi suficiente para conter os desafios resultantes da falta de restrição no acesso dos colaboradores ao armazém. A ausência de controlo sobre quem podia aceder ao espaço de armazenamento contribuiu significativamente para a sua desorganização.

O livre acesso dos colaboradores ao armazém permitia que estes recolhessem materiais, ferramentas e consumíveis sem a realização do devido registo, resultando no desconhecimento das quantidades exatas de itens disponíveis em armazém. Desta forma, nem existiam registos físicos nem nenhuma base de dados de materiais e consumíveis no sistema informático da empresa.

A falta de dados sobre as quantidades e tipologias dos itens armazenados geravam duas situações distintas. Por um lado, originava compras desnecessárias no caso de artigos já existentes em *stock*. Por outro, e como já mencionado, originava atrasos produtivos por falta das quantidades necessárias para uma dada produção.

Foi constatado que não havia sido realizado qualquer inventário há mais de oito anos, o que explica as dificuldades na gestão de *stock* da LusoSteel. A falta de conhecimento das quantidades e tipos de material existentes no armazém representavam não só um desafio operacional, mas também acarretava impactos financeiros, uma vez que a empresa geria materiais com informações desatualizadas e imprecisas.

4.1.3. Falta de codificação de materiais armazenados

A ausência de codificação e etiquetas de identificação dos materiais do armazém representavam um desafio substancial para a eficiência operacional. A falta de um sistema estruturado de identificação dificultava a identificação da localização dos itens necessários, levando a perdas significativas de tempo por parte dos colaboradores.

Foi observada a existência de produtos idênticos dispersos em estantes distintas dificultando a gestão de *stock* e resultando em maiores tempos de procura no processo de *picking*. Além disso, a inexistência de um sistema formal de registo de entrada e saída de itens do armazém para rastrear a movimentação de equipamentos e materiais dificultava a rastreabilidade da sua localização. De igual forma, esta falta de controlo de entrada e saída permitia que materiais danificados ou sem manutenção fossem inadvertidamente colocados nas estantes do armazém, comprometendo a aferição da quantidade de *stock* apto a ser usado na produção.

4.1.4 Necessidade de formação do colaborador responsável

A análise detalhada da gestão do armazém revelou não só problemas na organização física do espaço, mas também desafios relacionados com a formação dos colaboradores com função de encarregado/responsável do armazém. O colaborador responsável pelo armazém carecia de formação específica em gestão de armazéns. A falta de uma formação especializada tornava-se evidente ao observar a desorganização no armazém. Mesmo com a presença de um responsável, era verificada a ausência de práticas e procedimentos normalizados para a gestão de materiais, o que contribuía para a falta de coerência na disposição dos produtos nas estantes. Essa desorganização impactava diretamente na eficiência das operações diárias, levantando questões sobre os registos de *stock* e a conformidade com os procedimentos estabelecidos.

4.1.5. Atrasos produtivos e risco de rotura de *stock*

Na LusoSteel é seguida uma política de "zero *stock*" em relação às ferramentas e consumíveis. Teoricamente, isso significa que as encomendas desses itens deveriam ser efetuadas apenas quando não há *stock* disponível no armazém. No entanto, essa prática pode ocasionalmente resultar em atrasos na produção pela falta de materiais. Este problema foi analisado aplicando a ferramenta dos *5Whys*, conforme apresentado na Tabela 6.

De acordo com a análise efetuada, os atrasos na produção estavam relacionados com a falta de implementação de um estudo sobre a definição de *stocks* de segurança e pontos de encomenda de ferramentas e consumíveis, de modo a garantir um aprovisionamento contínuo de materiais e minimizando os atrasos na produção.

Tabela 6 - Aplicação da ferramenta *5Whys* ao problema dos atrasos produtivos.

Passo	Razão ou Motivo	Porquê?
1	Problema: Havia pequenos atrasos na produção.	Porque é que havia atrasos na produção?
2	Porque apenas se verificam as existências no armazém quando não havia materiais.	Porque é que havia falta de materiais no armazém?
3	Porque havia rotura de <i>stock</i> de ferramentas e consumíveis no armazém.	Porque é que havia rotura de <i>stock</i> no armazém?
4	Porque não existem estudos de <i>stock</i> de segurança ou nível de encomenda.	Porque é que não existe quaisquer estudos de <i>stock</i> de segurança?
Causa- raiz	Falta de uma análise de <i>stock</i> de segurança e pontos de encomenda de materiais.	

4.1.6. Desperdício de tempo e movimentações excessivas no armazém

No armazém, a falta de áreas designadas para os materiais específicos resultava em constantes mudanças e realocações de materiais, criando uma dinâmica de movimentações caótica no armazém. A fim de compreender melhor os desafios enfrentados no armazém antes das intervenções de melhoria, foi elaborado o diagrama de *spaghetti* da Figura 31, com base nas observações das movimentações num dia de trabalho.

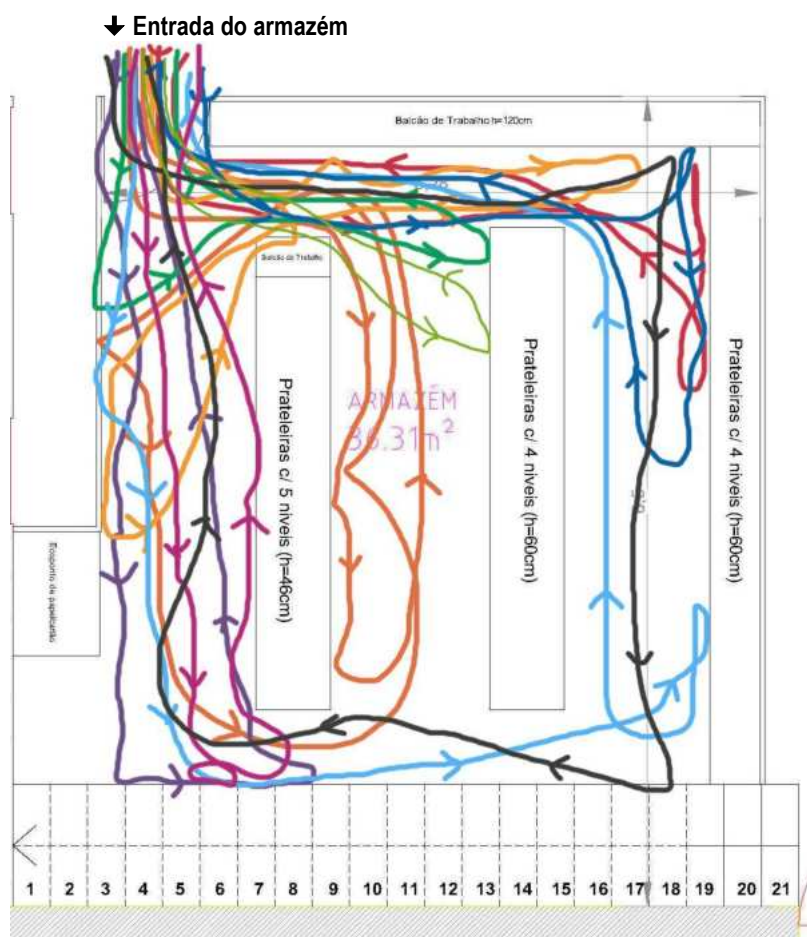


Figura 31 - Diagrama de *spaghetti* das observações das movimentações no armazém.

São evidentes as movimentações excessivas por parte dos colaboradores dentro do armazém, uma vez que os itens em armazenamento eram colocados em diferentes locais sem qualquer lógica de organização. Esta desorganização no posicionamento dos itens gerava tempos improdutivos. Este diagrama revelou o padrão de desorganização que contribuiu para a dificuldade de localização de ferramentas e consumíveis, bem como movimentações desnecessárias na procura dos itens pretendidos.

Foram analisados os tempos de *picking* de ferramentas ou consumíveis no armazém, de forma a evidenciar o desperdício de tempo devido à falta de organização. Para calcular os tempos de *picking* foi efetuado um breve estudo dos tempos usando o método de cronometragem. Foram realizadas 5 observações de tempo preliminares usando um cronómetro digital com precisão de centésimos de segundo. Foi considerado um nível de confiança de 95% e uma margem de erro de $\pm 5\%$, dada a diversidade de artigos, que variam em peso e tamanho, influenciando os tempos de *picking*. O número total de observações a efetuar foi calculado através da equação (2) apresentada na secção 2.3. Os cálculos podem ser analisados no Apêndice 1. De acordo com esta análise deveriam ser efetuadas, no mínimo, um total de 9 observações de tempo. Todavia, foi conseguido realizar 10 observações, cujos tempos são apresentados na Tabela 7.

Como se pode verificar, foram efetuados registos de diferentes itens, desde equipamentos como ferramentaria ou consumíveis. O tempo de *picking* não dependia do tipo de item, mas da dificuldade de identificação da localização nas estantes. Enquanto que a recolha da máquina tico-tico demorou 66 segundos, a máquina de soldar demorou 29 segundos. Apesar de serem itens da mesma tipologia (equipamentos portáteis de pequena dimensão), estes dois equipamentos encontravam-se em locais totalmente distintos do armazém. Em relação a itens de menor dimensão, como o caso dos parafusos, o colaborador efetuou diversas movimentações dentro do armazém até os localizar (percurso laranja assinalado na Figura 31). Estas movimentações também resultaram num dos maiores tempos de *picking* registados, 64 segundos.

Tabela 7 - Tempos por *picking* dos materiais no armazém.

Nº	Ferramenta em <i>picking</i>	Tempo (Segundos)	Cor no diagrama de <i>Spaghetti</i>
1	Rebarbadora pequena	57	Vermelho
2	Parafuso M12x30 Zincado	64	Laranja
3	Spray Zinco	65	Roxo
4	Chave de Cruz	45	Amarelo
5	Broca M12x100	39	Verde-Escuro
6	Dobradiças portas 20x100	49	Azul-Claro
7	Máquina tico-tico	66	Azul-Escuro
8	Fita de serra 3010	52	Rosa
9	Extensão elétrica 25 metros	58	Preto
10	Máquina de soldar eletrodo	29	Verde-Claro

4.2. Problemas operacionais no atual *layout* da empresa

Durante o desenvolvimento da dissertação, além de todos os problemas relacionados com o armazém de materiais e ferramentaria, foram identificados três importantes problemas relacionados com o *layout* da zona produtiva da empresa, nomeadamente a localização desajustada de alguns dos equipamentos e máquinas relativamente ao fluxo operacional, a falta de espaço para a receção e expedição de matéria-prima e produto acabado, e a necessidade de melhorar a segurança das pessoas durante a movimentação de carga. Nesta secção são abordados estes principais problemas.

4.2.1. *Layout* não ajustado ao fluxo operacional

A localização inadequada de máquinas em relação à sequência das operações produtivas representa um obstáculo significativo para a eficiência operacional da LusoSteel. Este é, desde logo, o principal problema do atual *layout*, resultando em movimentações e transportes excessivos, atrasos na produção e aumento dos custos operacionais. De acordo com a Figura 32, a máquina de corte nº 2 que serve para corte de perfis de serralharia ligeira encontra-se muito distanciada do equipamento de soldadura a laser nº9, o qual corresponde ao processo produtivo subsequente. Esta atual localização, obriga o colaborador a percorrer uma maior distância para transporte de materiais.

Tanto as máquinas de soldadura automática MIG (equipamentos nº11) como os diferentes equipamentos de corte (equipamentos nº1, nº2 e nº5) encontram-se dispersos pelo *layout* e não estão organizados na mesma zona operacional.

Apesar de existirem dois acessos, a entrada e saída de matérias-primas e do produto final (estruturas metálicas produzidas) é efetuado pelo mesmo ponto de acesso do pavilhão. Este aspeto dificulta a gestão dessa zona dado que não existe qualquer delimitação da zona de receção e de expedição. Desta forma, quando um camião chega às instalações é comum a descarga dos perfis e vigas na zona próxima da entrada, dificultando a movimentação. Além disso, os materiais têm de ser descarregados com as gruas dos próprios transportadores ou com recurso ao empilhador, uma vez que a ponte rolante cobre uma zona de varrimento limitada e encontra-se instalada do lado oposto do pavilhão. Isto traduz-se numa limitação de meios de deslocação e elevação de cargas e em maiores tempos de manuseamento de materiais, os quais não acrescentam valor. O manuseamento indevido destes materiais pode ainda conduzir a acidentes de trabalho durante a movimentação de carga.

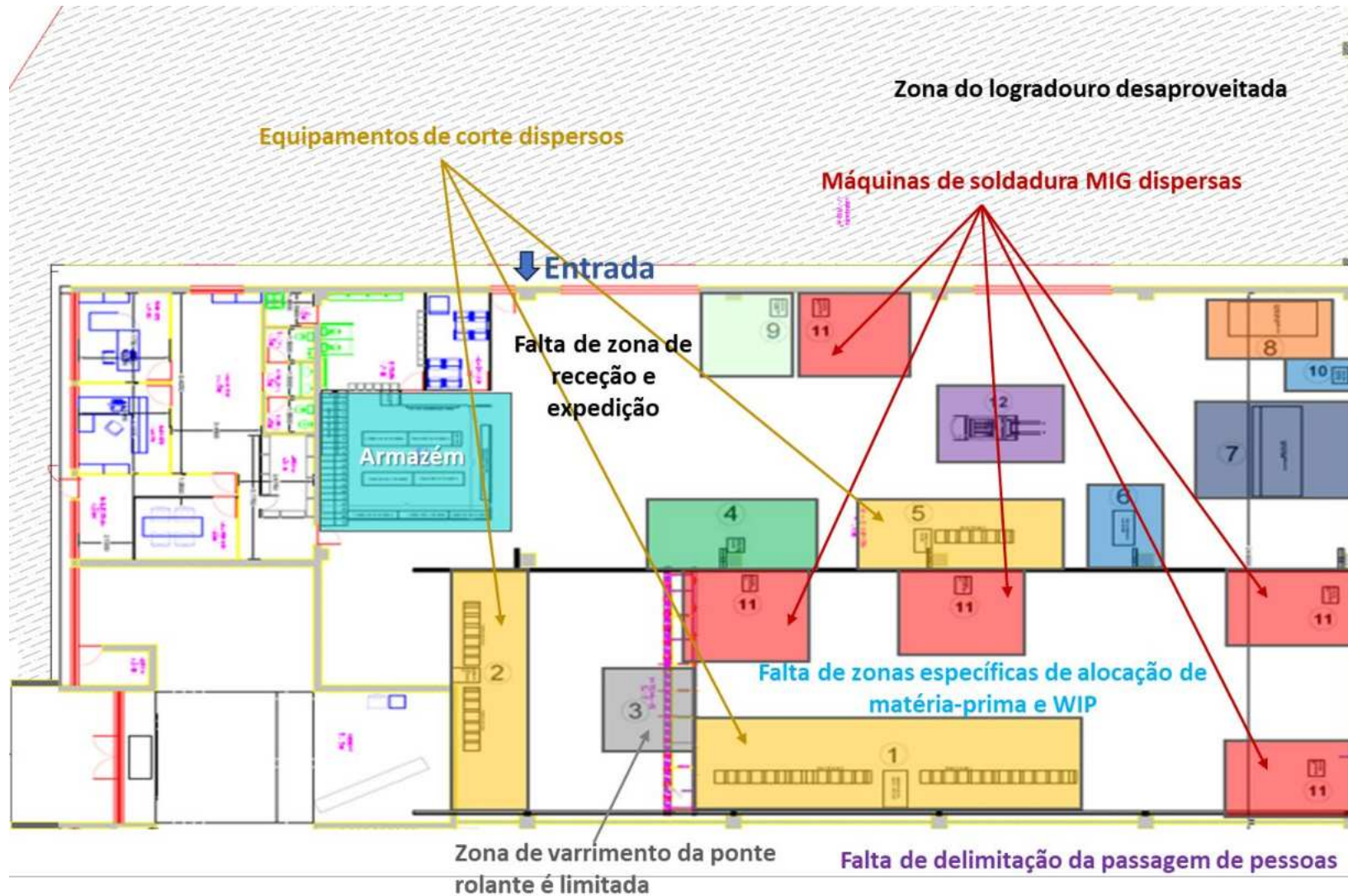


Figura 32 - Layout atual da empresa e identificação dos principais problemas de organização.

Além disso, existe falta de zonas delimitadas e de estruturas adequadas para colocação de matéria-prima e WIP nas zonas operacionais. Este aspeto é importante sobretudo pelas dimensões destes materiais. Também não estão definidas as zonas de delimitação para a passagem de pessoas na área produtiva.

4.2.2 Falta de espaço para receção e expedição

Além da falta de delimitação das áreas de receção e expedição, existe um problema de falta de espaço para acomodar a matéria-prima rececionada ou para armazenar produto acabado até ao momento da sua expedição. Este problema representa um desafio logístico significativo para a LusoSteel. Esta limitação espacial pode levar ao congestionamento de áreas de carga e descarga, resultando em atrasos na entrada e saída de materiais.

Além disso, a falta de espaço adequado pode dificultar a organização dos produtos, levando a erros de reencaminhamento de obra e dificuldades na localização de itens específicos. A gestão inadequada do espaço também pode impactar a segurança no local de trabalho, aumentando o risco de acidentes durante as operações de movimentação de carga.

4.2.3. Necessidade de melhorar a segurança

Além dos problemas mencionados anteriormente, também foi identificada a falta de marcações de sinalização visíveis no piso para identificar a passagem de colaboradores na área de trabalho. Embora a marcação exista, ao longo dos anos, ela tem sofrido desgaste, perdendo a clareza informativa que deve ter.

Essa ausência de marcação pode resultar em riscos de segurança, especialmente num ambiente fabril movimentado, onde há o constante trânsito de equipamentos e materiais de elevada tonelagem. A falta de sinalização horizontal clara pode levar a situações perigosas, como colisões durante o transporte, ou até mesmo quedas devido à falta de identificação das zonas de risco.

5. Apresentação e implementação de propostas de melhoria

Foi desenvolvido um plano de ações para implementar as propostas de melhoria, utilizando a técnica 5W2H. Esse plano foi elaborado para abordar as oportunidades de melhoria dos problemas identificadas anteriormente e é apresentado na Tabela 8.

Para melhorar a organização e a eficiência no armazém, foram implementadas várias iniciativas. Primeiramente, a limpeza das estantes e a arrumação de ferramentas, equipamentos e consumíveis foram realizadas na zona do armazém, com o objetivo de reduzir o tempo de recolha dos acessórios e melhorar a gestão visual. Esta atividade decorreu de janeiro a fevereiro, seguindo os princípios da metodologia 5S. A implementação desta proposta não teve custo definido, uma vez que foram usados recursos internos da empresa para a sua implementação.

Foi proposta a criação de um painel de ferramentas com a intenção de diminuir o tempo de *picking* de algumas ferramentas e acessórios. Esta etapa ocorreu entre fevereiro e março, resultando na disposição lógica das ferramentas por função e tamanho, com um custo estimado de 30 euros para a aquisição de estrutura de suporte.

A criação de novas etiquetas foi outra proposta de melhoria, visando a organização e a gestão visual. Esta tarefa, realizada de janeiro a março, envolveu a identificação dos equipamentos, ferramentas e consumíveis, também com um custo aproximado de 40 euros. O conteúdo informativo das etiquetas já incluiu a definição da norma de codificação de materiais criada com a definição das localizações respetivas.

A determinação dos *stocks* de segurança das ferramentas e dos consumíveis com maior desgaste foi realizada para evitar paragens devido a eventuais roturas de *stock*. A análise ABC foi aplicada para identificar os consumíveis de maior consumo e definir uma metodologia para o cálculo dos *stocks* de segurança, sem custos adicionais.

Finalmente, foi conduzido um estudo de melhoria do *layout* da zona produtiva em abril. Este estudo teve como objetivo minimizar as movimentações e transportes de materiais, ajustando a disposição dos equipamentos ao *workflow* dos processos produtivos.

Tabela 8 - Aplicação da matriz 5W2H para identificação de problemas e oportunidades de melhoria.

<i>What</i>	<i>Who</i>	<i>Where</i>	<i>Why</i>	<i>When</i>	<i>How</i>	<i>How much</i>
Limpeza nas estantes e arrumação de ferramentas, equipamentos e consumíveis	Ricardo Faria e Sr. Joaquim	Zona do armazém	Reduzir o tempo de recolha dos acessórios no armazém e melhorar a gestão visual.	Jan. a fev.	Organização e disposição lógica dos materiais em estantes distantes aplicando os princípios e metodologia 5S.	N.D.
Criação de painel de ferramentas	Ricardo Faria e Sr. Joaquim	Zona do armazém	Reduzir o tempo das <i>picking</i> dos acessórios.	Fev. a Mar.	Criação de painel de ferramentas para a disposição das ferramentas por funções e tamanhos.	30 €
Criação e implementação de auditoria 5S	Ricardo Faria	Zona do armazém	Para assegurar que o armazém permanece em conformidade com os princípios do 5S.	Mar.	Criação de uma folha específica onde o responsável pela dissertação deve avaliar certos "itens de verificação" para cada um dos cinco sentidos do 5S.	0 €
Criação de uma nova ferramenta de registo de inventário de todos os itens armazenados	Ricardo Faria	Zona do armazém	Atualizar e eliminar os erros no <i>stock</i> .	Jan. e fev.	Criação de um ambiente organizado e funcional.	0 €
Criação de normas de codificação	Ricardo Faria	Zona do armazém	Identificar de forma inequívoca os materiais, ferramentas e consumíveis.	Jan. a fev.	Criação de normas de codificação para a identificação da localização rápida	0 €
Criação de novas etiquetas	Ricardo Faria	Zona do armazém	Melhorar a organização e a gestão visual	Jan. a Mar.	Criação de etiqueta para identificação dos equipamentos, ferramentas e consumíveis.	40 €
Arrumação do posto de trabalho do armazém	Ricardo Faria e Sr. Joaquim	Zona do armazém	Libertar espaço para reparações/manutenções de equipamentos.	Jan.	Retirar a acumulação de equipamentos, ferramentas e consumíveis para aumentar o espaço para manutenção/reparações.	0 €
Reorganização geral do armazém de matérias-primas, ferramentas e acessórios	Ricardo Faria	Zona do armazém	Reduzir os tempos de procura e de <i>picking</i> das ferramentas e materiais.	Jan. a Mar.	Criação de áreas específicas para os equipamentos, ferramentas e consumíveis.	0 €
Formação do colaborador responsável	Ricardo Faria	Zona do armazém	Melhorar as práticas e procedimentos fundamentais para a gestão de materiais.	Mar.	Formação abrangente no âmbito da gestão de armazéns.	0 €
Criação de áreas específicas para os equipamentos, ferramentas e consumíveis.	Ricardo Faria	Zona do armazém	No sentido de evitar paragens por eventuais roturas de <i>stock</i> de alguns consumíveis, o que representa um desperdício de tempo.	Mar.	Usar a análise ABC para identificar os consumíveis com maior rotatividade, de modo a selecionar os que incorrem em maior risco de rotura. Definir metodologia de cálculo para determinação dos <i>stocks</i> de segurança.	0 €
Estudo de melhoria do <i>layout</i> da zona produtiva	Ricardo Faria	Zona produtiva	Existem muitas movimentações desnecessárias e a disposição dos equipamentos não é a mais ajustada ao <i>workflow</i> entre os processos produtivos.	Abr.	Estudar o <i>workflow</i> dos processos e simular diferentes alternativas de <i>layout</i> que minimizem os custos de movimentação de materiais.	0€

5.1. Implementação da metodologia 5S e auditoria

Para assegurar a implementação eficaz da metodologia 5S no armazém, foram realizadas várias ações sistemáticas e estruturadas. Estas ações visaram criar um ambiente de trabalho mais organizado e limpo, promovendo a produtividade e a segurança. A Tabela 9 detalha as atividades realizadas em cada senso, demonstrando as ações que foram implementadas na sua aplicação.

Tabela 9 - Tabela de síntese sobre a implementação da metodologia 5S

Senso	Conceito	Realizado
Senso da Organização	Separar o necessário do desnecessário e descartar obsoletos	Foi efetuada uma triagem de materiais, identificando aqueles que já não têm utilidade para os processos. Exemplo disso, eliminação de <i>sprays</i> vazios, de ferramentas partidas, danificadas ou totalmente desgastadas.
Senso da Ordenação	Colocar cada coisa no seu devido lugar	Organizou-se o espaço que forma sistematizada e funcional. Ou seja, foram atribuídos locais específicos para equipamentos, ferramentas, consumíveis e acessórios.
Senso da Limpeza	Limpar e cuidar dos espaços do armazém	Melhorou-se o nível de limpeza e a gestão visual das estantes de arrumação. Criaram-se hábitos de limpeza identificando o intervalo de tempo entre limpezas e quem faz a limpeza. Por exemplo, foram substituídas as placas danificadas das diferentes estantes, foram criadas novas gavetas e caixas de arrumação e as estantes em bom estado foram pintadas.
Senso da Padronização	Criar normas para manter a organização, ordenação e limpeza	Os equipamentos, ferramentas foram repostos nos locais identificados e foram criados painéis de ferramentas, criação de registo de inventário dos materiais e implementação de sistema de codificação de materiais.
Senso da Disciplina	Manter a metodologia, comprometimento	Manutenção da melhoria contínua através da realização das auditorias 5S, pelo menos com uma periodicidade bimestral.

5.1.1. Organização, ordenação e limpeza do armazém

A primeira medida de melhoria teve como objetivo central realizar uma abrangente organização, ordenação e limpeza de todo o espaço do armazém da LusoSteel.

Este processo iniciou-se com a retirada de todos os materiais das estantes e com a identificação e requalificação das estantes, tendo-se procurado reaproveitar e restaurar aquelas que ainda apresentavam condições viáveis de uso. Nesses casos, foi aplicada uma nova pintura. As estantes danificadas foram substituídas e novos níveis foram colocados, garantindo não só uma estrutura mais resistente, mas também com maior capacidade de armazenamento. Foram compradas caixas de organização para colocar os itens mais pequenos como parafusos, porcas e anilhas. Foram identificadas as caixas das máquinas e ferramentas que ainda estão em pleno uso na empresa. Estas caixas foram limpas para serem colocados os respetivos equipamentos.

Durante essa etapa de organização e limpeza, foi efetuada uma seleção abrangendo todos os itens armazenados no local. Cada item foi identificado, foi analisado o seu estado de conservação ou usabilidade e triado de acordo com a sua tipologia: equipamento, ferramenta, acessório ou consumível. Neste processo, foram efetuados registos e contabilizadas quantidades de cada item. Posteriormente, os materiais devidamente organizados foram distribuídos pelos diferentes *racks* e, sempre que possível, colocados os itens mais leves nos níveis superiores e os mais pesados nos níveis inferiores.

Além disso, durante o processo de limpeza, identificaram-se produtos que estavam há muito tempo sem uso. Esses itens foram removidos e descartados de forma a melhorar o espaço de armazenamento e garantir que apenas os materiais relevantes e necessários estivessem disponíveis para as operações atuais. Esta ação permitiu uma melhor gestão dos recursos do armazém e contribuiu para uma utilização mais eficiente do espaço disponível.

O resultado destas ações foi a transformação do armazém, convertendo-o num espaço organizado e funcional que promove uma gestão visual mais eficiente dos materiais, conforme se pode verificar pelos registos da Figura 33 e Figura 34, os quais retratam o estado do armazém após a implementação da metodologia 5S.

Salienta-se que na organização dos parafusos, porcas e anilhas, muitas das caixas de arrumação já existiam na empresa, não tendo sido necessário investimento significativo nesta implementação. Em cada caixa foi colocada apenas uma medida de cada item e foi colada uma etiqueta com a informação necessária à respetiva identificação. A definição e organização da etiqueta é apresentada na secção 5.4 deste capítulo.



Figura 33 - Divisão de parafusos, porcas e anilhas por tamanhos.



Figura 34 - Separação de equipamento de acordo com as etiquetas.

5.1.2. Criação de painel das ferramentas

A segunda medida implementada para melhorar o armazém centrou-se na criação de um painel de ferramentas como observado na Figura 35. A criação de murais e painéis de ferramentas permite mitigar os problemas causados pelas constantes utilizações e mudanças de localização das ferramentas, uma vez que estes recursos nas empresas são limitados e, portanto, têm de ser partilhados por diversos colaboradores. Existindo uma localização específica, se a ferramenta não estiver disponível no local que lhe é respetivo do painel, significa que esta deve estar a ser usada na produção. Esta ferramenta de organização e gestão visual contribui para a redução das movimentações no armazém durante a procura de materiais. Além disso, a criação do painel de ferramentas permite uma organização em função dos diferentes tamanhos e funções. Até ao momento de implementação desta proposta de melhoria, as ferramentas estavam misturadas de forma indiscriminada com outros itens do armazém.

Para resolver esta questão, foi delineado um local específico para o armazenamento das ferramentas, com base em critérios como tamanho e função. Cada ferramenta foi reposicionada de acordo com estas categorias, facilitando a acessibilidade. Além disso, ao agrupar as ferramentas por tamanho e função, tornou-se mais simples para os colaboradores localizarem e selecionarem as ferramentas adequadas para cada operação, reduzindo assim o tempo perdido nas deslocações para troca de ferramenta entre o armazém e a zona produtiva.



Figura 35 - Painel de ferramentas por tamanho e função.

Assim, esta proposta contribuiu para a melhoria da produtividade diária e para um ambiente de trabalho mais seguro e organizado, onde os colaboradores podem desempenhar as suas funções de forma mais eficiente e eficaz.

5.1.3. Criação e implementação de auditorias 5S

A proposta de implementação da ferramenta 5S no armazém da LusoSteel incluiu a criação de auditorias para assegurar que o armazém permanece em conformidade com os princípios da metodologia 5S aplicados. Esta auditoria deve ser realizada bimestralmente, verificando se os padrões estabelecidos estão a ser mantidos. Para facilitar este processo, foi formulada uma estrutura específica para a auditoria, onde são avaliados todos os itens de verificação para cada um dos sentidos do 5S:

- **1º Senso - Senso da Organização:** Avalia a eliminação de itens desnecessários no local de trabalho.
- **2º Senso - Senso da Ordenação:** Verifica se os itens necessários estão organizados de maneira lógica e acessível.
- **3º Senso - Senso de Limpeza:** Observa se o ambiente está limpo e bem mantido.
- **4º Senso - Senso de Padronização:** Examina se os procedimentos e padrões estabelecidos estão a ser seguidos consistentemente.
- **5º Senso - Senso de Disciplina:** Avalia a disciplina de manutenção dos outros quatro sentidos. Sendo este o primeiro exercício de implementação da metodologia 5S, foi considerada que a nota da auditoria é o indicador de disciplina.

Para cada senso, o auditor deve atribuir uma nota de 0 a 10 pontos, sendo que a nota 10 indica que não ocorreram Não Conformidades (NC) e o senso está completamente integrado na rotina diária. A nota 8 e 9 indica que foram encontradas uma a três NC (são NC que não comprometem o bom desempenho). A nota 6 e 7 indica que foram observadas quatro a cinco NC. A nota 4 e 5 indica que foram observadas seis a sete NC. A nota 2 e 3 indica que foram observadas mais de sete NC, sinalizando que o local não está em conformidade com o 5S. Entre 0 e 2, não há organização, ordenação nem limpeza no local, identificando a necessidade de introdução dos princípios da metodologia 5S.

Este sistema de pontuação permite uma avaliação qualitativa e quantitativa da implementação do 5S, facilitando a identificação de áreas que necessitam de melhorias.

O formulário criado para a auditoria encontra-se disponível para consulta no Apêndice 2, detalhando os itens específicos para cada senso e fornecendo uma estrutura clara para a realização das auditorias regulares.

Na Figura 36 são apresentados os resultados das duas auditorias que foram realizadas. A primeira auditoria decorreu em abril, imediatamente à implementação da organização do armazém e a segunda auditoria foi aplicada em junho, dois meses após a integração dos 5S na gestão do armazém. Os registos e pontuação preenchida e atribuídos na implementação das duas auditorias podem ser consultados no Apêndice 3.

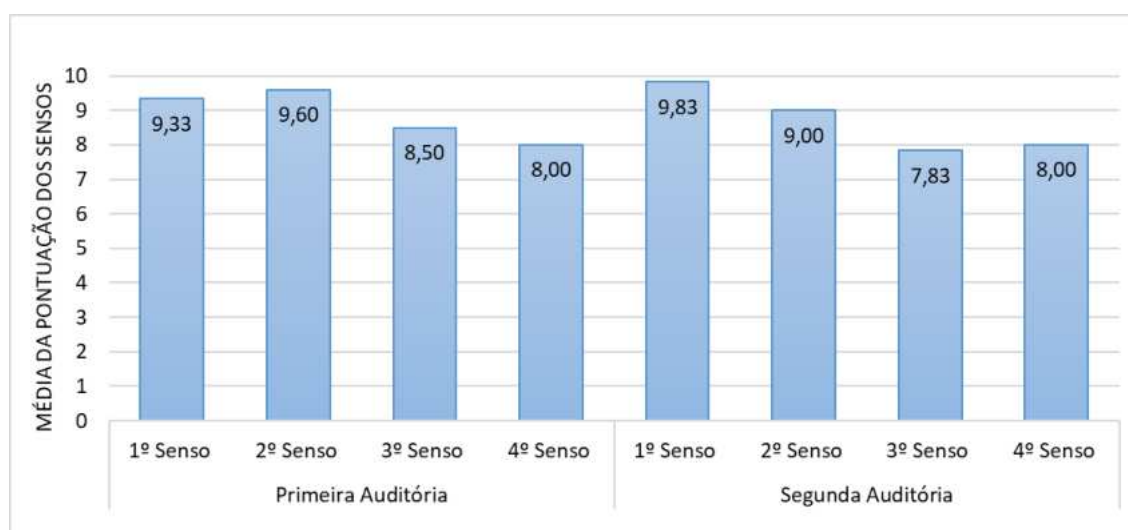


Figura 36 - Resultados das duas auditorias 5S. A primeira auditoria corresponde ao dia 02/04/2024 e a segunda auditoria ao dia 03/06/2024.

Comparando os resultados das auditorias realizadas em 02/04/2024 e 03/06/2024, observa-se um bom desempenho de manutenção das práticas 5S. Comparando as duas auditorias verificou-se que:

- **Senso da Organização:** A média aumentou de 9,33 para 9,83, indicando uma redução nas NC relacionadas com a organização dos itens no armazém.
- **Senso da Ordenação:** Embora a média tenha diminuído ligeiramente de 9,6 para 9, a pontuação ainda indica um alto nível de ordenação dos itens.
- **Senso de Limpeza:** Houve uma leve queda de 8,5 para 7,83, sugerindo que a limpeza é uma área que requer atenção contínua e possível reforço das práticas da sua manutenção no armazém.
- **Senso de Padronização:** A média permaneceu nos 8 valores, mostrando que as NC encontradas não afetam o bom desempenho dos procedimentos e padrões estabelecidos.

A análise das auditorias 5S realizadas em dois momentos distintos – imediatamente após a implementação e dois meses depois – revela uma melhoria geral na organização e arrumação do armazém, refletida sobretudo nas notas dos sentidos de Organização e Ordenação. No entanto, a Limpeza e a Padronização ainda apresentam oportunidades de melhoria, especialmente em relação ao plano de limpeza e à consistência no uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). Infelizmente, não foi possível implementar uma auditoria antes da reorganização do armazém para uma análise mais efetiva das melhorias.

Desta forma, para identificar um indicador médio global da implementação da metodologia 5S foi definida uma escala de cinco classes, cada uma correspondente a um grau de implementação das práticas 5S e identificada com uma cor diferente.

0 - 2: Práticas 5S ausentes - Esta classe indica que as práticas 5S são inexistentes.

2 - 4: Práticas 5S iniciadas - Esta classe indica que as práticas 5S ainda são residuais, estando a implementação da metodologia na sua fase inicial;

4 - 6: Práticas 5S satisfatórias - Esta classe indica que as práticas 5S estão a ser bem implementadas e com um ritmo aceitável, mas ainda há espaço para melhorias;

6 - 8: Práticas 5S consolidadas - Esta classe indica que as práticas 5S já estão estabelecidas e mantidas de forma generalizada, mas que ainda se registam diversas NC;

8 - 10: 5S nível avançado - Esta classe indica que as práticas 5S estão num nível muito elevado de implementação, sendo muito reduzido o número de NC identificadas;

Aplicando este sistema de classificação como um indicador médio global de desempenho da metodologia 5S, a Figura 37 mostra uma classificação correspondente a práticas 5S de nível avançado quer na primeira auditoria (8,86) como na segunda auditoria (8,67), apesar de ter sido registada uma ligeira queda da classificação.

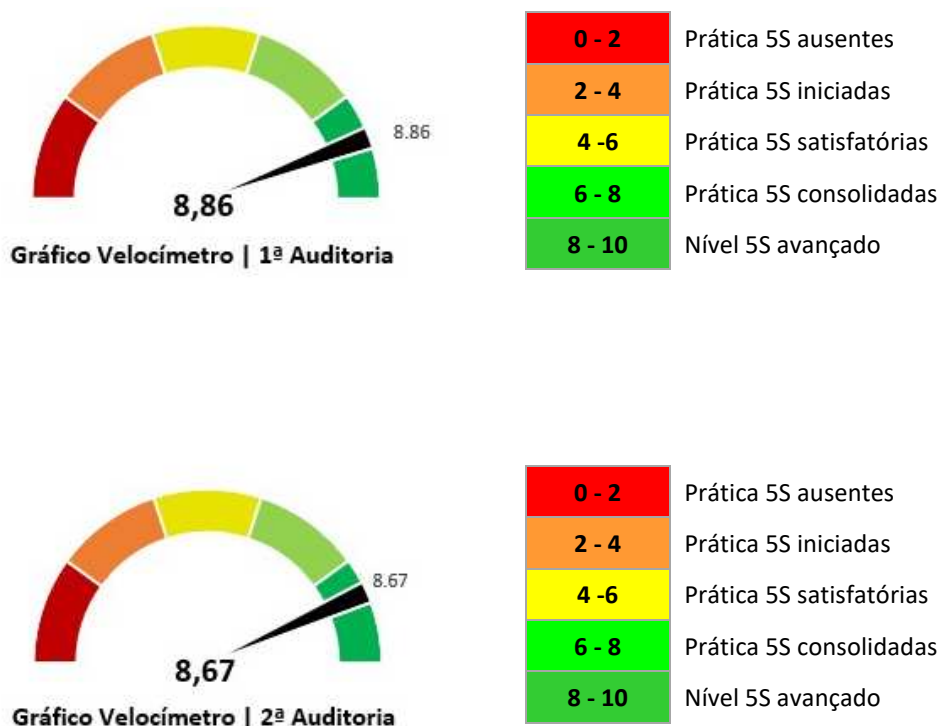


Figura 37 - Comparação da média global de desempenho obtida nas duas auditorias.

Estes resultados indicam que ainda há trabalho a ser realizado para alcançar uma manutenção sustentável e contínua dos princípios 5S. Nesse sentido, a periodicidade das auditorias pode ser revista e reduzida para uma avaliação a ser realizada mensalmente. Assim, podem ser revistos e corrigidos mais facilmente aspetos da gestão do armazém que não estejam a ser tão facilmente implementados pelos colaboradores da empresa.

5.2 Criação de registo digital do inventário

Na sequência da organização e limpeza do armazém de materiais e ferramentaria, tornou-se evidente que a existência de muitos dos materiais não era conhecida nem existia um procedimento de registo de inventário. Conforme mencionado anteriormente, a empresa em oito anos não tinha realizado nenhum inventário completo aos materiais existentes no armazém, sendo evidente a necessidade urgente de registo de materiais e a digitalização dessa informação.

Desta forma, com o intuito de corrigir essas deficiências, foi desenvolvido em Microsoft Excel um registo digital do inventário para o armazém. Essa ação permitiu a determinação das quantidades existentes para garantir uma gestão de *stock* mais precisa e alinhada com as necessidades operacionais da LusoSteel. O inventário realizado no armazém é apresentado no Apêndice 4.

A ferramenta desenvolvida em Microsoft Excel foi construída de acordo com um modelo de organização e informação ajustado às necessidades de gestão de materiais da LusoSteel. Assim, o formulário de registo do inventário é constituído por nove colunas (Figura 38) de informação de relevância à gestão dos *stocks*:

- **Referência:** Inserção da referência de acordo com a norma de codificação dos materiais em implementação.
- **Categoria:** Identificação da tipologia de material como equipamentos, consumíveis, ferramentas, acessórios ou outros.
- **Subclasse:** Classificação mais detalhada dentro da categoria do material.
- **Descrição:** Descrição detalhada do material, seja ele um equipamento, acessório ou ferramenta.
- **Localização:** Localização do material por *rack*, facilitando sua localização física no armazém.
- **Quantidade:** Quantidade disponível do material no armazém.
- **Estado Operacional:** Identificação do estado operacional do material. Materiais não operacionais foram diretamente destinados ao abate, uma vez que não acrescentam valor ao armazém.
- **Dados de Aquisição:** Dados de aquisição do material, importantes para verificar se os equipamentos estão dentro da garantia, especialmente em casos de reparação.
- **Utilização:** Indicação se o material é utilizado somente na produção efetuada nas instalações da LusoSteel, se pode ser expedida para obra ou em ambos (misto).

Com a implementação desta proposta de melhoria, espera-se uma melhor identificação dos materiais existentes e da categorização dos itens e uma melhor gestão global dos recursos disponíveis, uma vez que a realização do inventário vai contribuir para a identificação e organização do armazém.

O campo de “estado operacional” permite identificar se o item está apto a ser usado na produção, se necessita de manutenção ou se deve ser ativada a garantia em caso de avaria através da consulta do campo “dados de aquisição”. A análise do campo de “utilização” permite ao responsável do armazém saber as possíveis localizações de uso de um determinado item, podendo listar o estado através de *droplist*.



Referência	Categoria do material	Subclasse	Descrição do material	Localização	Quant.	Estado	Data de aquisição	Utilização
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Makita DDF486 nº 135582R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Makita DDF486 nº 135564R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	AEG nº 0500792	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Makita DDF481 nº 253366R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Makita DDF458 nº 0275874Y	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Bosch GSR 10,8V-Li	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Dewalt-DW920K	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Makita-GA9020R nº 609215R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Makita-GA9020R nº 609213R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Makita-GA9020R nº 814597R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Makita-GA9020R nº 814601R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Bosch GWS22-230 nº 707000939	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/02/R01	Equipamento	Aparelhos de Soldar	Migatronic-Delta180	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/02/R01	Equipamento	Aparelhos de Soldar	Migatronic-Tigman 150HP	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/02/R01	Equipamento	Aparelhos de Soldar	CityWork Stayer 160	Rack1	1	Operacional	--	Misto

Figura 38 - Detalhe da configuração da folha de registo de inventário desenvolvida em Microsoft Excel.

5.3. Implementação de normas de codificação

A implementação de um sistema de codificação dos materiais no armazém representou uma resposta direta aos desafios de identificação dos materiais no armazém. A ausência de um método estruturado de identificação dos itens tornava a sua procura numa tarefa árdua e demorada para os colaboradores, resultando em perda de tempo e produtividade. A dispersão de produtos semelhantes em diferentes áreas do armazém contribuía para a confusão e complexidade na gestão de *stock*, levando as procuras prolongadas e movimentações excessivas.

Dada esta situação, foi implementado um sistema de codificação dos materiais para melhorar a organização do armazém conforme apresentado na Figura 39. A norma de codificação foi planeada, dividindo os produtos em cinco principais categorias para facilitar a identificação e a classificação: Classe Consumíveis (CC), Classe Equipamentos (CE), Classe Ferramentas (CF), Classe Acessórios (CA) e Classe Outros (CO). Essa classificação permite uma distinção clara entre os diferentes tipos de itens armazenados, simplificando o processo de localização.

No segundo nível da codificação, cada produto recebe um número identificador único associado ao seu nome específico. Por exemplo, na categoria de equipamentos, o número “01” pode corresponder a uma parafusadora. Essa atribuição de números específicos a cada item agiliza ainda mais a identificação dos materiais. O terceiro nível de codificação corresponde à localização física de cada produto no novo *layout* do armazém. Essa informação permite que os colaboradores identifiquem rapidamente a posição exata de um determinado item, eliminando a necessidade de procuras demoradas. Essa informação permite um controlo mais eficaz do *stock*.

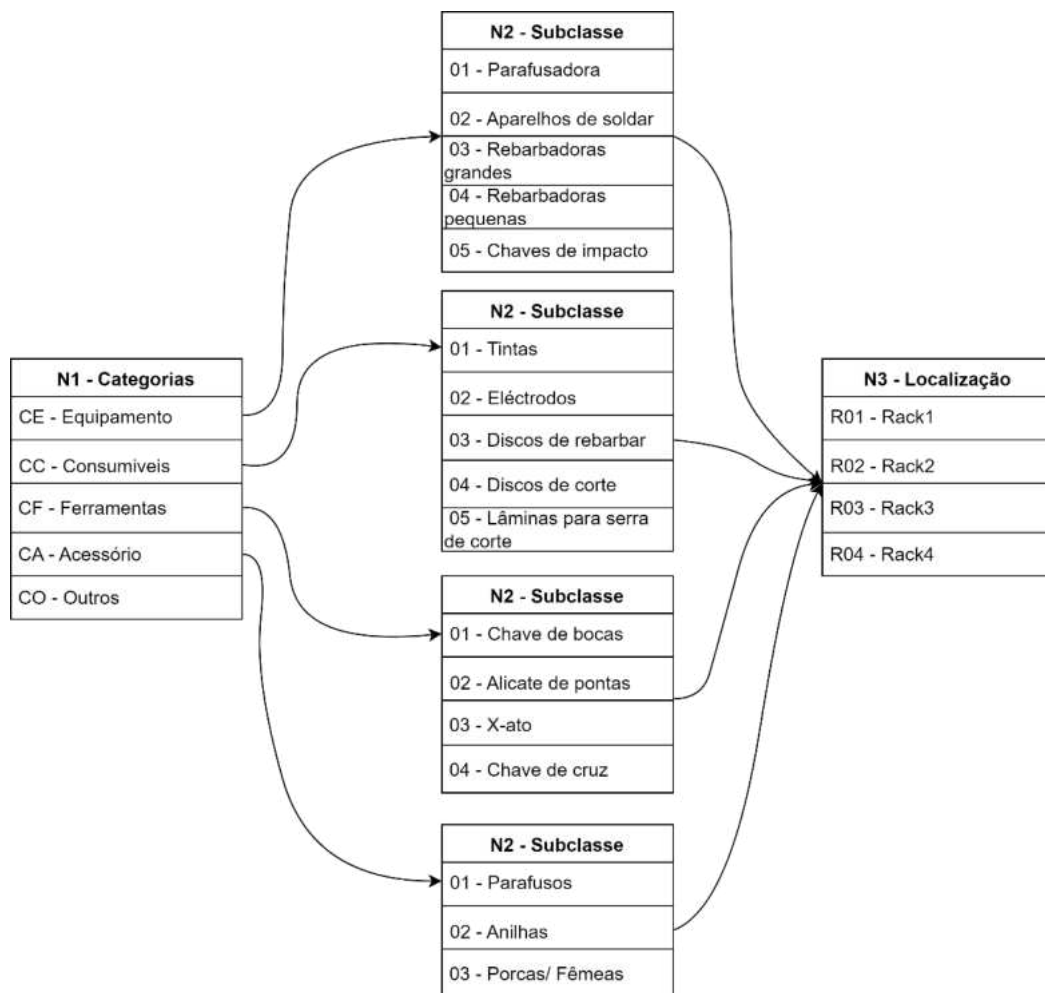


Figura 39 - Sistema e norma de codificação criado para os materiais inventariados.

A Figura 40 mostra um exemplo de código aplicado a um dos itens do inventário. Pode-se observar no código aplicado a sua categoria, neste caso, a categoria CE, ou seja, um equipamento com a subclasse “04” de rebarbadora pequena. Para além disso, identifica a localização no armazém onde o equipamento deve ser encontrado (*rack* 1).

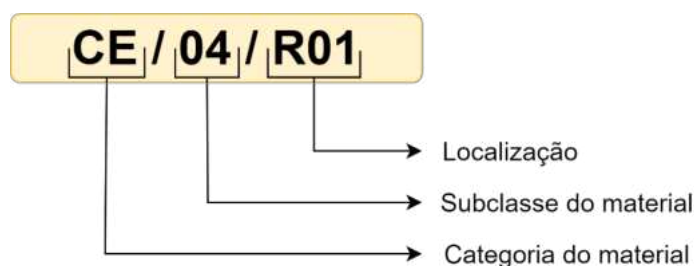


Figura 40 - Exemplo de um código para a norma de codificação de uma rebarbadora pequena localizada na *rack* 1 do armazém.

A implementação desse sistema de codificação representa uma melhoria dos processos de gestão de materiais da LusoSteel. A codificação dos materiais também contribuiu para uma melhor organização do armazém, reduzindo o tempo desperdiçado em procuras e garantindo a disponibilidade adequada dos itens essenciais para as operações da empresa.

5.4. Criação de novas etiquetas de identificação

No contexto da gestão de produção e organização de armazéns, a criação de novas etiquetas de identificação desempenha um papel relevante na gestão visual. Estas etiquetas facilitam a rápida localização e identificação dos produtos e contribuem para uma organização mais eficiente do inventário. Ao introduzir novas etiquetas de identificação, a LusoSteel visa melhorar significativamente a organização dos produtos no armazém.

Essas etiquetas foram concebidas integrando informações sobre cada item armazenado, incluindo sua referência de acordo com a norma de codificação padronizada estabelecida na secção 5.3. Além disso, cada etiqueta apresenta a categoria do produto, a sua subclasse e uma descrição concisa, permitindo uma rápida e clara identificação do item que se encontra na estante ou caixa de organização. A Figura 41 mostra a configuração das etiquetas de identificação de materiais criada.



Figura 41 - Etiquetas de identificação de materiais criada.

Essas etiquetas foram colocadas nas estantes junto dos itens correspondentes, garantindo que a identificação seja intuitiva e imediata para os colaboradores do armazém. Essa abordagem ajuda a minimizar o tempo gasto na procura de itens específicos, reduzindo erros de *picking*. Desta forma, a criação de novas etiquetas de identificação permitiu aprimorar a organização do armazém e a gestão de inventário, fomentando uma maior agilidade.

5.5. Análise da reconfiguração do armazém

Uma das principais melhorias implementadas foi a introdução de um sistema de localização padronizado, baseado na norma de codificação previamente estabelecida. A cada material e ferramenta foi atribuída uma localização específica, identificada através da numeração dos diferentes *racks*. Isso permitiu uma localização rápida e precisa dos itens, reduzindo significativamente o tempo perdido na procura de materiais.

Além disso, o novo painel de ferramentas foi estrategicamente posicionado na parede junto à entrada do armazém. Esta localização proporciona uma disposição organizada e acessível das ferramentas, classificadas por tamanho e função, conforme definido anteriormente. Essa medida visa eliminar as constantes mudanças de localização das ferramentas, melhorando a gestão visual.

Outra modificação relevante foi a adição de quatro novas gavetas na bancada do posto de trabalho de reparações. Essas gavetas oferecem espaço adicional para armazenar pequenos acessórios e materiais, contribuindo para a organização geral da bancada. Além disso, a bancada foi reposicionada para uma área com foco luminoso dedicado, o que representa uma melhoria significativa nas condições de operação, facilitando as operações de manutenção e reparação. A bancada foi colocada a uma altura de 1,20 metros permitindo realizar mais facilmente as operações de reparação de pé, sendo transformada num balcão de trabalhos rápidos de reparações dos equipamentos.

A reorganização do armazém foi realizada tendo por base o planeamento da disposição dos artigos conforme a norma de codificação que identifica a localização dos materiais em *racks*. O *rack* nº 4 é dedicado a equipamentos, enquanto o *rack* nº5 armazena produtos líquidos. O *rack* nº2 é utilizado para armazenar parafusos, anilhas, porcas e buchas plásticas e mecânicas.

No *rack* nº3, encontram-se brocas e fresas de diferentes tamanhos e diâmetros, além de parafusos autoperfurantes e autoroscantes, também de vários tamanhos e diâmetros. Esta organização pode ser identificada na Figura 42.

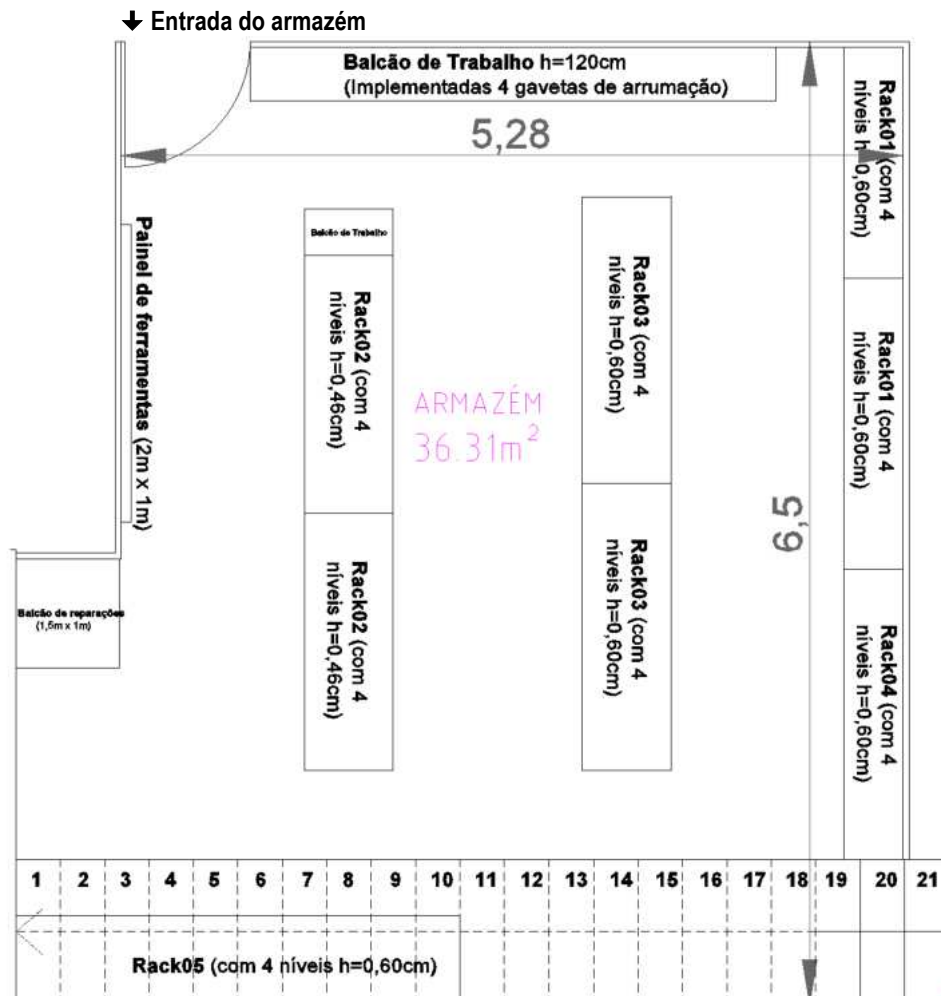


Figura 42 - Nova configuração e organização do armazém da empresa.

De forma a avaliar os impactos de toda a reorganização do armazém, da organização, codificação e identificação dos materiais, as movimentações dos colaboradores no armazém foram analisadas no processo de *picking* das mesmas ferramentas e materiais. Com base nas observações efetuadas, foi desenhado novo diagrama de *spaghetti*, apresentado na Figura 43.

Após as alterações realizadas no *layout* do armazém, este novo diagrama permite visualizar que as movimentações têm um padrão mais organizado, sendo visível que os colaboradores percorrem menores distâncias, evitando movimentações redundantes no interior do armazém.

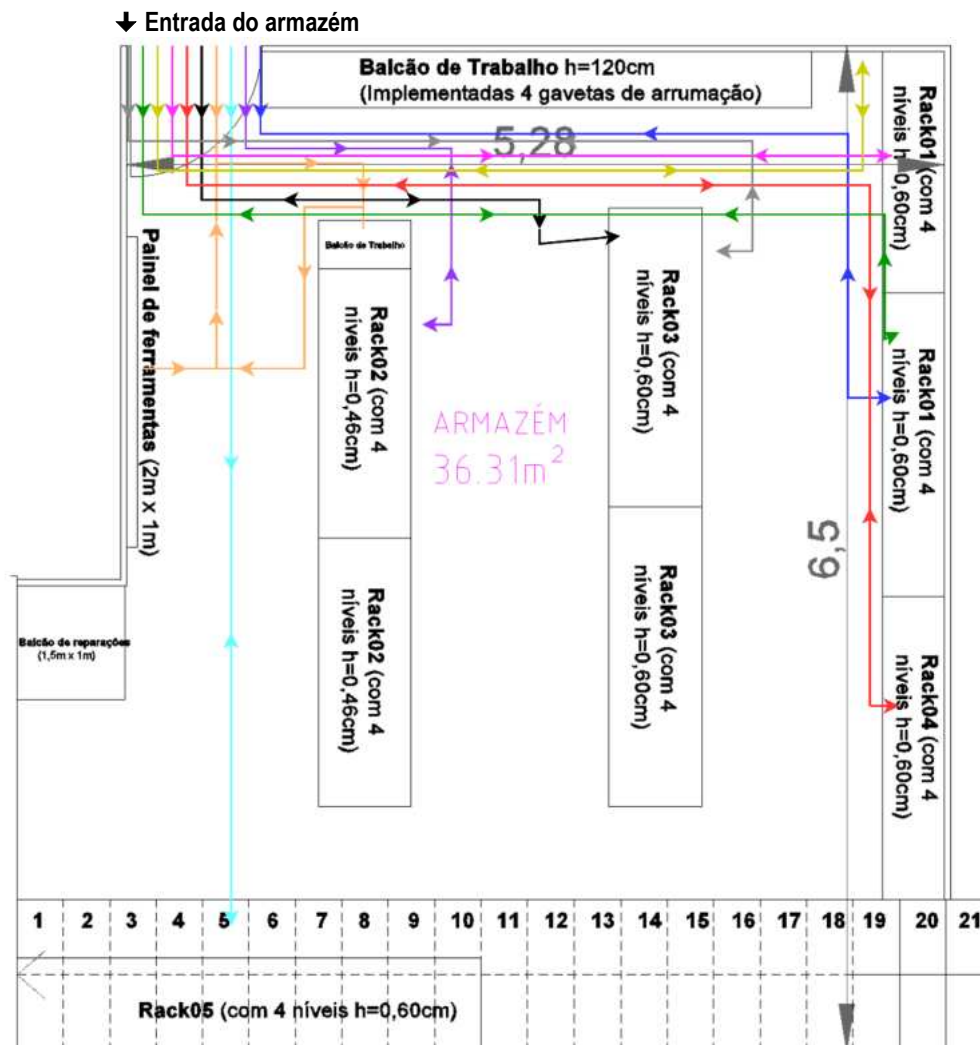


Figura 43 - Diagrama de *spaghetti* da análise das movimentações após a reorganização do armazém.

Após a implementação das melhorias no *layout* do armazém, também foi realizada uma nova análise dos tempos de *picking* para avaliar o impacto das ações efetuadas. De igual forma, foram efetuadas 10 cronometragens. Os resultados são apresentados na Tabela 10 e refletem uma melhoria significativa no processo de seleção de itens no armazém.

A comparação dos tempos de *picking* antes e depois da reconfiguração do armazém revela uma significativa redução nos tempos necessários para localizar e recolher ferramentas e materiais. Com a exceção do processo de *picking* da chave de cruz, verificou-se uma redução dos tempos. A título de exemplo, o *picking* da rebarbadora pequena passou de 57 para 23 segundos. No caso da extensão elétrica de 25 metros, passou de 58 para 24 segundos.

Tabela 10 - Comparação dos tempos de *picking* de ferramentas, antes e depois da reconfiguração do armazém.

Nº	Ferramenta em <i>picking</i>	Cor do diagrama <i>spaghetti</i>	Tempo antes da reconfiguração (segundos)	Tempo após reconfiguração (segundos)	Variação (%)
1	Rebarbadora pequena	Azul-Escuro	57	23	59,65%
2	Parafuso M12x30 Zincado	Roxo	64	31	51,56%
3	<i>Spray</i> Zinco	Azul-Claro	65	39	40,00%
4	Chave de Cruz	Laranja	45	47	-4,44%
5	Broca M12x100	Preto	39	36	7,69%
6	Dobradiças portas 20x100	Vermelho	49	27	44,90%
7	Máquina tico-tico	Verde	66	22	66,67%
8	Fita de serra 3010	Rosa	52	18	65,38%
9	Extensão elétrica 25 metros	Amarelo	58	24	58,62%
10	Máquina de soldar eletrodo	Cinza	29	27	6,90%
	Média		52,4	29,4	39,69%

Em suma, observou-se uma redução nos tempos de *picking* para a maioria dos artigos, com uma redução média de aproximadamente 39,69% do tempo. Essa melhoria demonstra a eficácia das mudanças implementadas no *layout* do armazém, resultando em operações mais eficientes e rápidas. No entanto, alguns itens, como a chave de cruz o tempo foi superior, indicando que podem ainda existir aspetos de organização a melhorar.

5.7. Formação do colaborador responsável

Mediante a necessidade de melhoria da gestão do armazém, especialmente considerando a falta de conhecimento em boas práticas nessa área por parte do colaborador responsável, foi realizada uma ação de formação.

A formação seguiu o modelo TOP5, ou seja, a realização de reuniões de curta duração. TOP5 é um formato de reunião em que os participantes discutem e priorizam os cinco tópicos mais importantes. Durante essa formação, foram abordados diversos tópicos cruciais para a gestão do armazém e que estão descritos na Tabela 11.

Tabela 11 - Tópicos cruciais para a gestão do armazém.

Tópicos cruciais	Abordagem
Boas Práticas de gestão de armazéns	- Introdução às melhores práticas globais na gestão de armazéns; - Técnicas de controlo de <i>stock</i> para evitar excesso e falta de <i>stocks</i>;
Norma de codificação de materiais	- Explicação detalhada sobre a norma de codificação implementada; - Uso da codificação para facilitar a identificação e localização de materiais;
Organização e melhoria de processos	- Métodos para manter a organização do armazém, assegurando que todas as ferramentas, acessórios e consumíveis sejam armazenados nas suas localizações designadas; - Estratégias para melhorar os fluxos de trabalho dentro do armazém, reduzindo tempos de procura e aumentando a eficiência operacional;
Manutenção da organização e práticas 5S	- Importância de respeitar a organização definida para cada item, evitando a desordem; - Técnicas para realizar auditorias regulares e assegurar que o armazém mantenha os padrões estabelecidos;
Ferramentas e conhecimentos para melhoria contínua	- Capacitação do colaborador com ferramentas práticas para resolver problemas e implementar melhoria contínua; - Importância do <i>feedback</i> constante e da adaptação às mudanças para manter um ambiente de armazém dinâmico e eficiente;

Além desses tópicos, foram fornecidas dicas práticas para a gestão do armazém, como a utilização de *checklists* diárias e a importância de registrar todas as entradas e saídas de materiais. Essa iniciativa foi essencial para capacitar o colaborador responsável, fornecendo-lhe as ferramentas e os conhecimentos necessários para uma gestão mais eficiente e eficaz do armazém. A formação não só supriu a lacuna existente no seu conhecimento, como também contribuiu para fomentar a cultura de melhoria contínua nas suas operações no armazém.

5.8. Melhoria da gestão de quantidade de consumíveis

Como referido, um dos problemas relaciona-se com os atrasos produtivos muitas vezes causada pela rotura de alguns dos *stocks* de consumíveis. Nesse sentido, realizou-se uma análise ABC para a identificação dos itens com maior consumo no armazém de forma a determinar as quantidades de *stock* de segurança e do ponto de encomenda para os itens de maior procura. Desta forma, efetuou-se um levantamento dos consumíveis e acessórios comprados e consumidos entre os meses de agosto e de dezembro de 2023.

Através desta análise, foram analisados os dados das compras de cada item nesse período, identificando aqueles que apresentavam maior consumo. Essa abordagem permitiu direcionar os esforços para garantir um abastecimento adequado desses itens em que o risco de rotura, à partida é superior.

O objetivo desta proposta de melhoria, é assegurar um fluxo de materiais contínuo aos processos produtivos, minimizando as paragens produtivas por falta de materiais. A empresa LusoSteel tem uma vantagem competitiva relevante neste aspeto, uma vez que trabalha com um único fornecedor de consumíveis e que, pela relação comercial estabelecida ao longo dos anos, fornece os consumíveis a preços competitivos e relativamente constantes. Desta forma, a disponibilidade da quantidade de materiais é o principal indicador para garantir a continuidade das operações, desde que o aprovisionamento seja realizado atempadamente.

Assim, a Figura 44 apresenta o resultado da análise ABC. No Apêndice 5, estão os dados completos da análise. Verifica-se que sensivelmente que 18% dos itens correspondem a 80% das quantidades compradas, da classe A. Esses itens correspondem a 16 consumíveis. A classe B corresponde a 25% dos consumos que representam 15% das quantidades compradas. Por fim, os restantes 57% dos itens correspondem à classe C e representam os restantes 5% das compras.

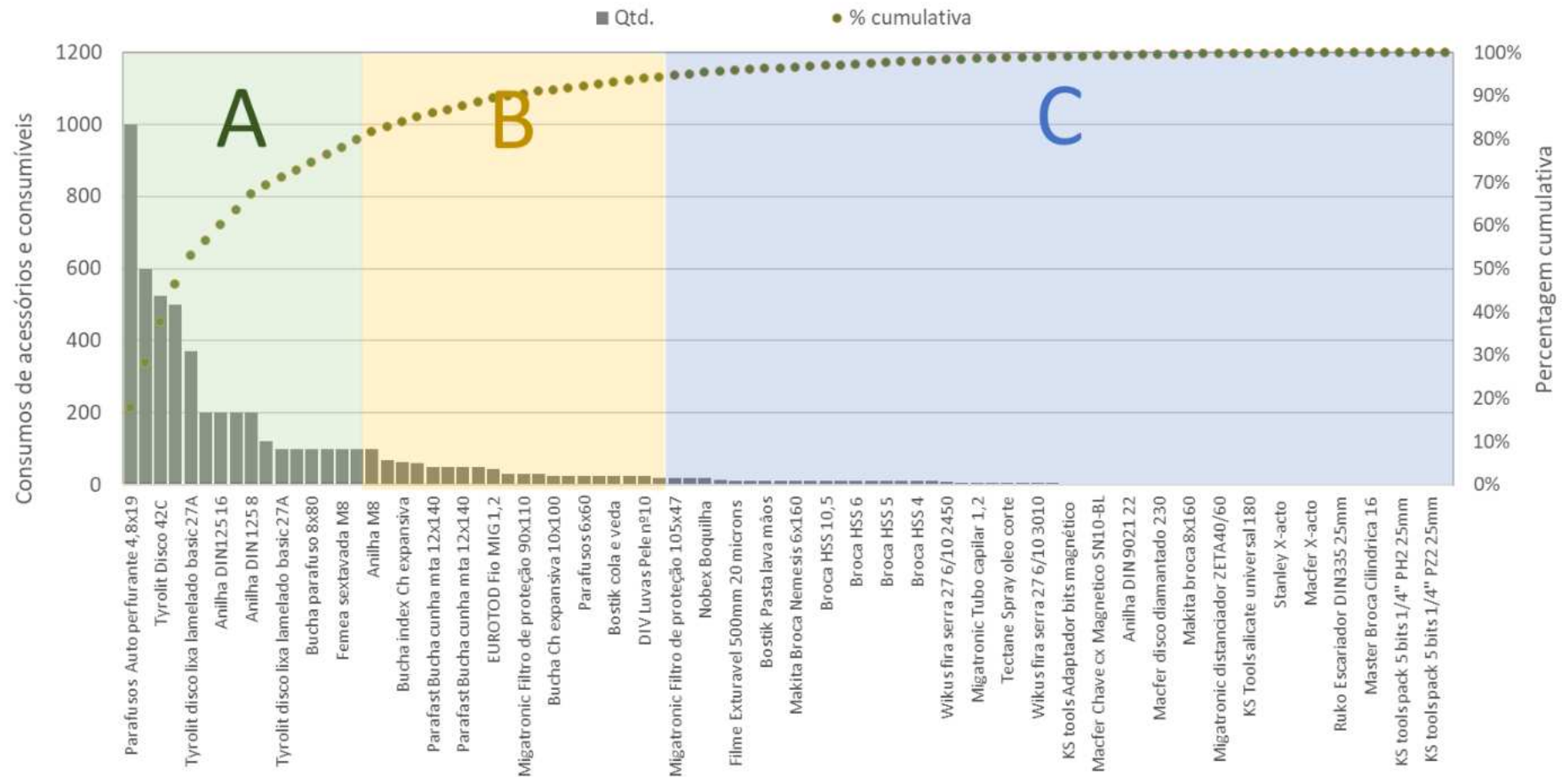


Figura 44 - Análise ABC entre mês de agosto e dezembro 2023.

A Tabela 12 apresenta a lista dos 16 itens da classe A da análise ABC. Dos materiais analisados, apenas 3 (Tyrolit Disco 42C, Tyrolit disco lixa lamelado basic 27, EUROTOF Fio MIG 0,8) são identificados como essenciais para a continuidade da produção das estruturas metálicas, sendo classificados como consumíveis críticos. Esses itens são cruciais para as operações diárias e sua escassez pode interromper o fluxo de produção.

Tabela 12 - Consumíveis da classe A da análise ABC, considerando as compras entre agosto e dezembro de 2023.

Descrição dos Produtos	Procura	% Acumulativa	Classe
Parafusos sextavado Auto perfurante 4,8x19	1100	17,67%	A
Bucha Ch expansiva 6x60	600	28,27%	A
Tyrolit Disco 42C	525	37,55%	A
Parafuso sextavado Auto perfurante 4,8x38	500	46,39%	A
Tyrolit disco lixa lamelado basic 27A	470	52,92%	A
Bucha Ch expansiva 8x60	200	56,46%	A
Anilha DIN125 16	200	59,99%	A
Anilha DIN125 12	200	63,53%	A
Anilha DIN 125 8	200	67,06%	A
EUROTOF Fio MIG 0,8	120	69,18%	A
Tyrolit disco lixa lamelado basic 27C	100	70,95%	A
Bucha Ch expansiva 8x80	100	72,72%	A
Bucha parafuso 8x80	100	74,48%	A
Fêmea Sextavada M8	100	76,25%	A
Fêmea sextavada M6	100	78,02%	A
Anilha DIN125 10	100	79,78%	A

Quanto aos demais materiais, como parafusos, anilhas e buchas, esses são encomendados de acordo com cada projeto específico. Isso significa que as quantidades desses itens são planejadas e encomendadas conforme as necessidades de cada obra de forma a evitar excessos de *stock*.

Todavia, a gestão eficiente dos consumíveis requer a definição das quantidades de *stock* de segurança e do ponto de encomenda. Estes parâmetros são essenciais para garantir que não haja interrupção na produção devido à falta de materiais.

Para calcular o *stock* de segurança e a quantidade correspondente ao ponto de encomenda, foi considerada a média mensal da procura (a qual foi definida em função dos consumos) e o desvio-padrão da procura (σ_d). O departamento de compras da empresa foi inquirido sobre os tempos de entrega esperados para cada material (L) e o nível de serviço pretendido, o qual foi definido como 95% ($z = 1,64$), uma vez que a empresa pretende minimizar as roturas de *stock*. O prazo de entrega corresponde a $L = 2$ dias úteis. Assim, assumiu-se uma procura variável e um prazo de entrega fixo em que o *stock* de segurança foi calculado como $z \times \sqrt{L} \times \sigma_d$. O ponto de encomenda foi calculado pelo produto da procura pelo prazo de entrega, somando o *SS*. Na Tabela 13 as quantidades de *stock* de segurança e o ponto de encomenda nos 16 artigos que se encontram na classe A.

Tabela 13 - Quantidades de *stock* de segurança e ponto de encomendas nos 16 artigos da classe A

Descrição dos Produtos	<i>Stock</i> de Segurança	Ponto de Encomenda
Parafusos sextavado Auto perfurante 4,8x19	46	66
Bucha Ch expansiva 6x60	19	30
Tyrolit Disco 42C	31	41
Parafuso sextavado Auto perfurante 4,8x38	68	78
Tyrolit disco lixa lamelado basic 27A	8	17
Bucha Ch expansiva 8x60	13	17
Anilha DIN125 16	27	31
Anilha DIN125 12	27	31
Anilha DIN 125 8	27	31
EUROTOF Fio MIG 0,8	11	14
Tyrolit disco lixa lamelado basic 27C	14	16
Bucha Ch expansiva 8x80	14	16
Bucha parafuso 8x80	14	16
Fêmea Sextavada m8	14	16
Fêmea sextavada M6	14	16
Anilha DIN125 10	14	16

Outros artigos, como buchas expansivas e discos de lixa, têm valores específicos de *stock* de segurança e pontos de encomenda que refletem a média mensal de consumo e a variabilidade da procura. Itens com um maior desvio-padrão da procura possuem um *stock* de segurança mais elevado, enquanto aqueles com uma procura mais previsível têm um *stock* de segurança menor. Este balanço é fundamental para garantir que os materiais estejam disponíveis conforme necessário, sem incorrer em custos desnecessários de armazenamento.

Artigos com maior variabilidade na procura requerem um *stock* de segurança mais alto para compensar possíveis flutuações, enquanto artigos com uma procura mais estável podem manter níveis de *stock* de segurança mais baixos. Esta abordagem equilibrada melhora a eficiência operacional e a continuidade da produção, minimizando riscos de interrupções e otimizando os custos de armazenamento.

Além disso, o modelo escolhido, que considera consumos variáveis, é especialmente adequado para a empresa, dado que as encomendas são feitas conforme a necessidade de cada projeto. Este modelo permite ajustar os níveis de *stock* e os pontos de encomenda de acordo com as procuras específicas de cada projeto, assegurando que os materiais certos estão disponíveis no momento certo, evitando tanto a falta quanto o excesso de *stock*. Este ajuste é crucial porque existem produtos que não são encomendados em certos meses, enquanto outros são solicitados com mais frequência, devido aos prazos variáveis dos diferentes projetos.

5.9. Proposta de reorganização do *layout* da empresa

A proposta de reorganização do *layout* da empresa visa identificar a disposição dos equipamentos em função do *workflow* produtivo para garantir a redução do custo de movimentação de materiais.

5.9.1. Análise do *workflow* e aplicação da REL

A implementação da reorganização da zona produtiva do *layout* e a disposição dos equipamentos na zona produtiva deve considerar a sequência produtiva. Genericamente, o *workflow* é iniciado na zona de corte. As vigas, depois de cortadas de acordo com as especificações do projeto passam para a o processo de furação. Depois da furação, a viga passa para a zona de pingagem, onde são colocadas as chapas e, de seguida, as vigas e as chapas são unidas por soldadura para formar um conjunto único.

Além do *workflow*, a reorganização do *layout* está limitada a diversas restrições devido às características específicas de certos equipamentos e às limitações físicas do espaço disponível. Estas restrições são fundamentais para garantir a funcionalidade e a segurança das operações.

Desta forma, uma das principais restrições do *layout* é a posição fixa do equipamento de corte nº1. Este equipamento requer um espaço livre de ambos os lados do equipamento para permitir o manuseio de vigas de comprimento até 16 metros. Estas vigas são pousadas nos cavaletes existentes, facilitando a entrada dessas vigas no equipamento de corte. Além disso, existe um espaço em frente ao equipamento onde é feita a reposição de material recebido do exterior, proveniente dos fornecedores. Esta área deve ser estrategicamente posicionada na proximidade do equipamento para garantir que não haja movimentos excessivos, melhorando a logística e a eficiência operacional. Entre o local de colocação do material e o equipamento, deve ser considerada uma passagem para pedestres que garanta a segurança dos trabalhadores e mantenha a distância mínima de passagem entre as áreas de produção.

Outra restrição significativa é a posição fixa da ponte rolante existente. A ponte rolante desempenha um papel vital no manuseio de materiais pesados e volumosos dentro da zona produtiva. No entanto, a área de varrimento da ponte rolante é limitada não tendo o curso necessário para elevar carga em todo o pavilhão. Além disso, a ponte rolante não pode ser reposicionada devido às suas estruturas de apoio e à infraestrutura que a sustenta.

Com base na análise do *workflow* produtivo e nestas restrições, foram definidas as relações de adjacência entre os diferentes equipamentos, tendo em consideração a definição de uma tabela REL, e cujos resultados são apresentados na Tabela 14. Cada célula na tabela indica a importância da proximidade entre dois equipamentos específicos. A classificação ajuda a identificar quais equipamentos devem ser posicionados próximos uns dos outros e quais devem ser evitados, de modo a minimizar as deslocamentos e a melhorar o fluxo de trabalho.

Identificou-se que certos equipamentos necessitam de estar mais próximos devido à sua interdependência operacional. Equipamentos como a Guilhotina nº7 e a Quinadora nº8, que possuem uma classificação alta de "A" (absolutamente necessário), devem ser reposicionados para ficarem mais próximos, facilitando o fluxo de materiais e operações entre eles. Além disso, a máquina de furação nº4 também tem uma relação de classificação "A" com os equipamentos de soldadura a laser e soldadura automática. Estes equipamentos devem estar próximos para promover o fluxo de trabalho contínuo.

Por outro lado, o equipamento de corte nº1 foi frequentemente classificado como "X" (indesejável) em relação a outros equipamentos, sugerindo que deve ser mantido isolado para evitar interferências operacionais e garantir a segurança. O equipamento de Corte nº2 deve ser posicionado próximo dos equipamentos de soldadura automática, conforme indicado pela classificação "A", para melhorar a eficiência do processo produtivo. A análise das relações de adjacência também revelou que a localização do equipamento de cortar cantos nº10 deve estar próximo dos equipamentos de soldadura e da máquina de furação nº4, sendo classificada a relação como "A".

Já os equipamentos de corte nº5 e nº2 possuem interações importantes com a guilhotina nº7 e a quinadora nº8, devendo ser reposicionados para minimizar o tempo e esforço de movimentação de materiais.

Tabela 14 - Aplicação da REL para análise das relações de adjacência entre equipamentos.

Equipamento	Equipamento de corte nº1	Equipamento de corte nº2	Máquina de furação nº4	Equipamento de corte nº5	Equipamento de cortas cantos nº10	Guilhotina nº7	Quinadora nº8	Equipamento soldadura a laser nº9	Equipamento de soldadura automática nº10
Equipamento de corte nº1	-	X	U	U	U	X	X	X	E
Equipamento de corte nº2		-	I	U	X	X	X	U	A
Máquina de furação nº4			-	E	X	X	X	A	E
Equipamento de corte nº5				-	X	E	E	E	O
Equipamento de cortas cantos nº10					-	A	A	E	E
Guilhotina nº7						-	A	E	O
Quinadora nº8							-	E	O
Equipamento soldadura a laser nº9								-	E
Equipamento de soldadura automática nº10									-

A matriz dos fluxos de transporte foi preenchida para indicar se existem fluxos de transportes e movimentações entre os equipamentos produtivos. Dada a natureza do sistema de produção (produção por projeto), a quantificação dos fluxos é difícil de identificar. Desta forma, foi atribuída a classificação de 1 e 0, de acordo com a ocorrência, ou não, de fluxos de movimentação de materiais entre os diversos equipamentos. Esta matriz é essencial para entender os padrões de movimentação de materiais. Por exemplo, de acordo com a matriz de fluxo de transporte, ocorrem fluxos de materiais entre o equipamento de corte nº2 e a máquina de furação nº4, e também entre o equipamento de corte nº5 e a quinadora nº8. A matriz de fluxos de transporte e movimentação entre os equipamentos foi definida na Tabela 15.

Tabela 15 - Fluxo de transporte e movimentações entre equipamentos.

Equipamento	Equipamento de corte nº1	Equipamento de corte nº2	Máquina de furação nº4	Equipamento de corte nº5	Equipamento de cortas cantos nº10	Guilhotina nº7	Quinadora nº8	Equipamento soldadura a laser nº9	Equipamento de soldadura automática nº10
Equipamento de corte nº1		0	1	0	0	0	0	0	1
Equipamento de corte nº2			1	0	0	0	0	1	1
Máquina de furação nº4				1	1	1	1	1	1
Equipamento de corte nº5					1	0	0	1	1
Equipamento de cortas cantos nº10						1	1	1	1
Guilhotina nº7							1	1	1
Quinadora nº8								1	1
Equipamento soldadura a laser nº9									0
Equipamento de soldadura automática nº10									

5.9.2. Proposta de reorganização de *layout*

Foi proposto um novo arranjo do *layout* fabril, destacando a expansão das áreas de recepção de materiais, pingagem e soldadura, bem como a integração da nova ponte rolante de 3 toneladas.

Esta reorganização do *layout* foi desenvolvida após consulta do diretor geral da empresa, visando melhorar a eficiência operacional e a segurança dos colaboradores. A principal mudança no *layout* proposto é o aumento da área fabril, que envolveu a redução da área do logradouro para permitir uma expansão da área de produção. Esta expansão resultou num aumento do número de áreas de recepção de materiais, pingagem e soldadura, permitindo a execução simultânea de dois projetos diferentes. Assim, o setor de pingagem e soldadura de alumínio passa a estar colocada na zona de expansão da área de produção, separada do setor de pingagem e soldadura ligeira de ferro.

Foi proposta a criação de várias zonas de soldadura onde foram distribuídos pelo *layout* os equipamentos nº5, de forma a encurtar as distâncias percorridas quando é necessária soldadura automática.

Com a proposta de expansão do *layout*, geram-se ganhos significativos de espaço, o que permite propor a criação de zonas de armazenamento para alocar o *stock* das vigas e perfis, assim como uma zona para o material correspondente a tubos e perfis. As suas localizações são propostas em função da proximidade aos equipamentos onde vão sofrer processos.

Foram ainda propostas zonas de colocação de material pronto para metalização e um setor de reposição de material cortado.

Além disso, o *layout* proposto inclui a aquisição de uma nova ponte rolante de 3 toneladas, ficando assim disponível um meio de elevação em qualquer parte da área de produção, o que facilita significativamente a movimentação das cargas pesadas e aumenta a segurança dos colaboradores. A separação dos setores de produção e a ampliação dos caminhos para a passagem de pedestres também contribuem para um ambiente de trabalho mais seguro e organizado. Além disso, o caminho para a passagem dos pedestres foi ampliado, melhorando ainda mais a segurança dos trabalhadores e separando os diferentes setores de produção. O *layout* proposto é apresentado na Figura 45.

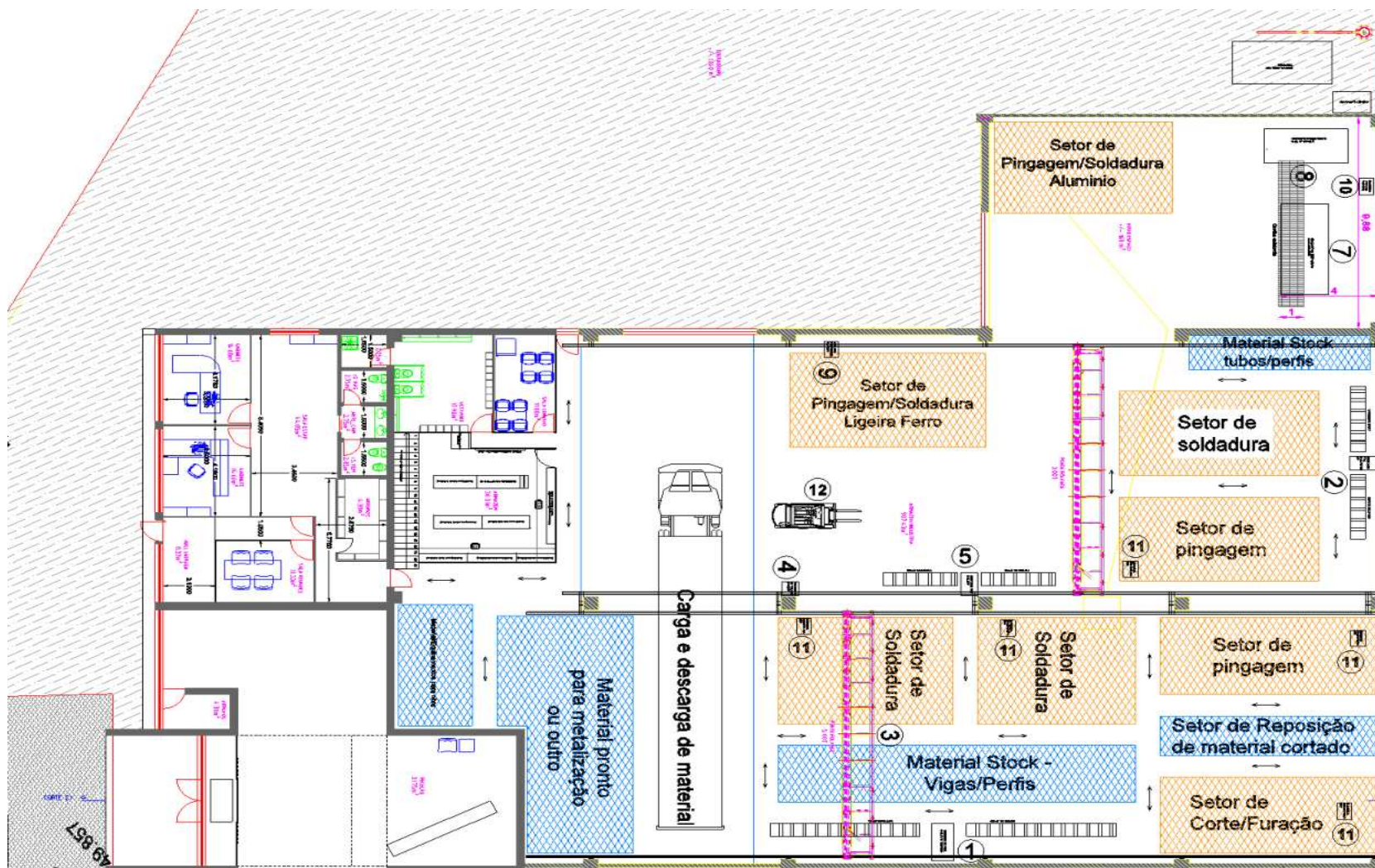


Figura 45 - Planta do layout proposto.

5.9.3. Determinação dos custos de movimentação do *layout* proposto

Para avaliar o impacto desta proposta de melhoria, foi estimado o custo de movimentações e transportes. O custo de movimentação do *layout* pode ser estimado através da soma do produto da matriz dos fluxos de movimentação, pela matriz de distâncias percorridas e pela matriz de custos unitários.

Relativamente à matriz das distâncias percorridas entre os equipamentos, estas foram estimadas em função das medidas da planta obtidas pelo *software* AutoCAD® à escala real. As distâncias são apresentadas na Tabela 16.

Tabela 16 - Matiz das distâncias percorridas entre equipamentos no *layout* proposto.

Equipamento	Equipamento de corte nº1	Equipamento de corte nº2	Máquina de furação nº4	Equipamento de corte nº5	Equipamento de cortas cantos nº10	Guilhotina nº7	Quinadora nº8	Equipamento soldadura a laser nº9	Equipamento de soldadura automática nº10
Equipamento de corte nº1		26,16	27,78	29,20	34,33	31,40	31,14	38,14	18,30
Equipamento de corte nº2			22,93	15,86	20,7	17,07	18,39	20,34	19,54
Máquina de furação nº4				6,79	29,48	26,03	27,07	23,88	12,79
Equipamento de corte nº5					23,54	21,05	22,09	20,24	6,20
Equipamento de cortas cantos nº10						4,66	4,43	10,94	21,11
Guilhotina nº7							3,45	9,13	19,65
Quinadora nº8								8,08	20,19
Equipamento soldadura a laser nº9									19,71
Equipamento de soldadura automática nº10									

Para determinar a matriz dos custos unitários, foram calculados os custos unitários por unidade de distância percorrida e associados aos diferentes transportes e movimentações efetuadas no *layout* fabril.

A Tabela 17 apresenta a matriz do custo unitário de transporte entre os equipamentos. Esses cálculos estão detalhados no Apêndice 6. Na análise foram considerados quatro tipos de custos de movimentação e transporte:

- Custo de transporte manual, sendo apenas necessário 1 colaborador para efetuar a movimentação e transporte (cor verde);
- Custo de transporte manual, sendo necessários 2 colaboradores para efetuar a movimentação e transporte (cor laranja);
- Custo de transporte recorrendo ao empilhador elétrico. Na determinação deste custo foi considerado o custo do consumo de energia do empilhador e custo de um colaborador para operar o empilhador (cor amarela);
- Custo de uso da ponte rolante, assumido como um custo fixo, associado ao consumo de energia para efetuar a elevação de cargas (cor azul).

Tabela 17 - Matriz de custos unitários associado ao método de transporte utilizado.

Equipamento	Equipamento de corte n°1	Equipamento de corte n°2	Máquina de furação n°4	Equipamento de corte n°5	Equipamento de cortas cantos n°10	Guilhotina n°7	Quinadora n°8	Equipamento soldadura a laser n°9	Equipamento de soldadura automática n°10
Equipamento de corte n°1		0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	9,12 €
Equipamento de corte n°2			0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €	0,05 €
Máquina de furação n°4				0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €
Equipamento de corte n°5					0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €	0,04 €
Equipamento de cortas cantos n°10						0,08 €	0,08 €	0,08 €	0,08 €
Guilhotina n°7							0,08 €	0,08 €	0,08 €
Quinadora n°8								0,08 €	0,08 €
Equipamento soldadura a laser n°9									0,04 €
Equipamento de soldadura automática n°10									

Com base nestas estimativas, foi possível calcular o custo de movimentação e transporte do *layout* proposto, sendo que o custo corresponde a 185,64 €. Este estudo permite efetuar uma análise quantitativa da reorganização do *layout* além da identificação das áreas de melhoria e os benefícios potenciais identificados de forma qualitativa, em termos de eficiência operacional e segurança dos colaboradores.

5.9.4. Comparação da reorganização do *layout* proposto com o *layout* atual

A melhor forma de quantificar o impacto desta proposta de *layout* é a comparação dos custos de movimentação e transporte com o *layout* atual. A principal diferença na determinação dos custos de movimentação e de transporte entre o *layout* proposto e o atual reside na distância entre os equipamentos em cada *layout*. Assim, foi necessário definir a matriz das distâncias entre os equipamentos, como apresentado na Tabela 18.

Tabela 18 - Matriz das distâncias entre equipamentos no *layout* atual.

Equipamento	Equipamento de corte nº1	Equipamento de corte nº2	Máquina de furação nº4	Equipamento de corte nº5	Equipamento de cortas cantos nº10	Guilhotina nº7	Quinadora nº8	Equipamento soldadura a laser nº9	Equipamento de soldadura automática nº10
Equipamento de corte nº1		31,15	28,78	30,2	34,33	31,4	31,14	30,63	18,52
Equipamento de corte nº2			15,28	8,18	41,19	37,4	38,40	22,97	29,09
Máquina de furação nº4				7,11	25,84	22,33	23,72	10,23	12,79
Equipamento de corte nº5					18,53	15,2	16,16	12,08	6,20
Equipamento de cortas cantos nº10						4,66	4,43	21,14	13,79
Guilhotina nº7							3,45	21,78	11,59
Quinadora nº8								17,65	12,2
Equipamento soldadura a laser nº9									19,71
Equipamento de soldadura automática nº10									

A matriz das distâncias do *layout* atual foi elaborada através da medição real da distância entre cada par de equipamentos. Essas distâncias são fundamentais para calcular os custos de transporte, pois custos maiores distâncias percorridas, maiores os custos incorridos.

Por sua vez, a matriz de custos unitários e a matriz de fluxos de transporte entre equipamentos é igual nos dois *layouts*, tendo sido utilizadas as mesmas matrizes na determinação do custo de movimentação e transporte do *layout* atual. Com essas matrizes e valores de custo, foi possível estimar o custo de movimentação e transporte do *layout* atual em 187,20 €.

Comparando os dois *layouts*, o *layout* proposto foi estimado com um custo ligeiramente inferior ao do *layout* atual. O custo total mais baixo do *layout* proposto indica uma eficiência melhorada na movimentação dos materiais. A redução das distâncias percorridas pelos materiais entre os equipamentos e a gestão dos métodos de transporte contribuem para essa economia. Além disso, a possibilidade de realizar simultaneamente dois projetos diferentes aumenta a flexibilidade e a capacidade de produção da empresa.

Por fim, a comparação entre os custos dos dois *layouts* demonstra claramente que o *layout* proposto oferece várias vantagens significativas. Com um custo total ligeiramente inferior de 185,64 € em comparação com 187,20 € do *layout* atual, o *layout* proposto não só melhora a eficiência operacional, mas também aumenta a segurança dos colaboradores e a capacidade de produção da empresa. Essas melhorias justificam a implementação do *layout* proposto, permitindo à empresa atender melhor às necessidades dos seus projetos e clientes.

Importa salientar que a reduzida diferença do custo de movimentação e transporte pode ser explicada pela expansão da área de produção, o que invariavelmente, resultou no aumento de algumas distâncias percorridas no *layout* proposto.

6. Conclusões e perspectivas de trabalho futuro

No presente capítulo são apresentadas as principais conclusões retiradas desta dissertação, bem como algumas sugestões e propostas de trabalho futuro a serem realizadas na continuidade deste projeto.

6.1. Principais conclusões

Concluída a dissertação, verifica-se que os objetivos iniciais foram cumpridos. O projeto tinha como objetivo implementar princípios e ferramentas *Lean* numa empresa de fabricação de estruturas metálicas, com foco na melhoria da gestão do armazém e na proposta de reorganização do *layout* produtivo.

Para atingir esses objetivos, iniciou-se com uma análise detalhada do estado atual da empresa. Esta análise incluiu a observação dos processos produtivos, a identificação dos principais problemas, bem como a análise do *layout* existente e dos métodos de gestão do armazém.

A implementação de princípios *Lean* começou com a reorganização do armazém. Esta reorganização envolveu uma limpeza total e a organização dos artigos de acordo com uma nova norma de codificação de materiais que foi implementada. A gestão visual foi aprimorada com a criação de etiquetas para a identificação de equipamentos, ferramentas e consumíveis. Além disso, foram criadas áreas específicas para a disposição de equipamentos, ferramentas e consumíveis, o que facilitou a localização e o acesso aos materiais necessários, contribuindo para um fluxo de trabalho mais ágil e eficiente. Foi possível diminuir significativamente os tempos de *picking* dos acessórios graças à reorganização do armazém e implementação de um painel de ferramentas. Houve uma redução dos tempos de *picking* em nove dos dez artigos analisados. Em média, foi possível reduzir os tempos de *picking* em 39,69%.

Com implementação de uma auditoria 5S, assegurou-se que o armazém permanece em conformidade com os princípios de organização, ordenação, limpeza e padronização implementados.

A gestão de *stock* de consumíveis foi analisada e foram definidos as quantidades de *stock* de segurança e o ponto de encomenda, considerando um consumo variável e um prazo de entrega fixo. Esta abordagem permitiu garantir a disponibilidade dos materiais necessários para a produção, sem incorrer em custos excessivos de armazenamento.

Além da gestão do armazém, foi realizada uma reorganização do *layout* produtivo. Durante a análise, identificaram-se restrições significativas que influenciaram a reorganização do *layout*. Uma das principais restrições foi a posição fixa do equipamento de corte nº1, que requer um espaço livre para permitir o manuseio de vigas. Outra restrição significativa foi a posição fixa da ponte rolante existente, que não pode ser reposicionada devido às suas estruturas de apoio e à infraestrutura que a sustenta. Para melhorar a disposição dos equipamentos e o fluxo de trabalho, aplicou-se a metodologia REL. Esta metodologia avaliou a importância das relações entre diferentes equipamentos no armazém, considerando suas interações e a necessidade de proximidade. Com base nesta análise, foi possível propor um *layout* que maximiza a eficiência operacional e minimiza os custos. Para determinar o custo do *layout* atual, foi necessário realizar uma análise detalhada dos fluxos de transporte entre os equipamentos, a matriz das distâncias percorridas entre esses equipamentos e os custos associados ao *layout* atual e ao *layout* proposto. No *layout* proposto, o custo de movimentação e transporte foi ligeiramente inferior, com um valor de 185,64 €, enquanto o *layout* atual corresponde em 187,20 €.

Desta forma, respondendo à pergunta de investigação: “*Quais os benefícios conseguidos numa empresa de fabricação de estruturas metálicas, aplicando princípios e ferramentas Lean?*”, pode ser referido que foram obtidos benefícios impactantes ao nível da organização e sistematização dos materiais no armazém de ferramentaria, o que possibilitou reduzir os desperdícios, nomeadamente, as movimentações excessivas e o tempo de *picking* de materiais. Em relação ao *layout*, foi possível reconfigurá-lo tendo em conta o *workflow* dos processos produtivos no sentido de reduzir o custo de movimentação de cargas.

A principal mudança no *layout* proposto é o aumento da área fabril, que envolve a redução da área do logradouro para permitir uma expansão da área de produção. Esta expansão resulta num aumento do número de áreas de receção de materiais, pingagem e soldadura, permitindo a execução simultânea de dois projetos diferentes. Além disso, o *layout* proposto inclui a aquisição de uma nova ponte rolante de 3 toneladas, ficando assim disponível um meio de elevação em qualquer zona da área de produção, o que facilita significativamente a movimentação das cargas pesadas e aumenta a segurança dos colaboradores. A separação dos setores de produção e a ampliação das zonas de passagem também contribuem para um ambiente de trabalho mais seguro e organizado.

6.2. Dificuldades e limitações do projeto

No decorrer do projeto foram desde logo encontradas algumas limitações, nomeadamente, a resistência à mudança por parte de alguns colaboradores. Implementar princípios *Lean* e reorganizar processos já estabelecidos há muito tempo encontrou alguma resistência, exigindo um trabalho intensivo de comunicação e sensibilização para convencer todos os envolvidos sobre os benefícios das mudanças propostas. A formação contínua e o envolvimento ativo dos colaboradores foram essenciais para superar esta barreira, mas o processo foi mais demorado e complexo do que o previsto.

A limitação de recursos também se fez sentir ao longo do projeto, pois nem sempre os colaboradores podiam despende o seu tempo para a implementação das propostas. Outro ponto a destacar foi a limitação temporal. A duração de nove meses do projeto foi limitada para a implementação completa de todas as melhorias propostas e para a observação dos seus efeitos a longo prazo. Algumas das mudanças introduzidas ainda estão em fase inicial de implementação e avaliação. Apesar dessas dificuldades e limitações, o projeto alcançou resultados positivos, demonstrando os benefícios da implementação dos princípios *Lean* na gestão do armazém e na reorganização do *layout* produtivo. As experiências e aprendizagens adquiridas ao longo desta dissertação são valiosas para futuras iniciativas de melhoria contínua na empresa.

6.3. Propostas de trabalho futuro

A LusoSteel passou a adotar uma filosofia de melhoria contínua, o que facilita a evolução constante dos métodos de trabalho e a eliminação de desperdícios. No âmbito deste projeto, várias propostas de melhoria foram identificadas como potenciais áreas de desenvolvimento para o futuro, oferecendo significativos benefícios a médio e longo prazo para a empresa.

Uma área com elevado potencial de aprimoramento é a automação dos processos. A integração de sistemas automatizados poderá reduzir ainda mais o tempo de produção e aumentar a precisão das operações. A introdução de robôs para realizar tarefas repetitivas e pesadas é recomendada, pois não só diminui o esforço físico dos colaboradores como também minimiza o risco de lesões.

A aplicação da metodologia *Lean* demonstrou ser eficaz na otimização da gestão do armazém e do *layout* produtivo. É sugerida a expansão dos princípios *Lean* para outras áreas da empresa, como o departamento de compras e o setor administrativo. A

implementação de ferramentas *Lean* nessas áreas pode resultar em maior eficiência e na redução de desperdícios em toda a organização.

Adicionalmente, a adoção de indicadores de desempenho é essencial para o acompanhamento contínuo dos processos. Propõe-se o desenvolvimento de um painel de controlo que permita a visualização em tempo real de indicadores como o tempo de produção, o índice de desperdício e a eficiência do uso de materiais. Este controlo proporcionará ajustes rápidos e precisos, alinhando os processos com os objetivos de melhoria contínua.

Finalmente, para garantir a eficácia das melhorias implementadas e a adaptação às novas tecnologias e processos, é fundamental investir na formação e capacitação contínua dos colaboradores. Devem ser desenvolvidos programas de formação específicos para o uso de novas ferramentas e práticas *Lean*, sobretudo na ótica da digitalização dos procedimentos.

A implementação destas propostas contribuirá para a consolidação das melhorias realizadas, assegurando a sustentabilidade das operações e fomentando uma cultura de inovação, o que garantirá o crescimento e sucesso da LusoSteel.

Referências bibliográficas

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 223–236. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2006.09.009>
- Ali Yame, A., & Al-Werfalli, D. (2016). Applications of lean methodologies and quality improvement in textile industry. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 624–631.
- Almeida, D. L. M. De, & Ferreira, J. C. E. (2009). Analysis of the Methods Time Measurement (MTM) Methodology through its Application in Manufacturing Companies. *9th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2009)*, 55. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2826.1927>
- Apreutesei, M., Suciu, E., Arvinte, I. R., & Munteanu, D. (2010). Application of Kanban System for Managing Inventory. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, 3(52), 6.
- Araújo, A. (2017). *Gestão da qualidade: Implantação das ferramentas 5S e 5W2H como plano de ação no setor de oficina de uma empresa de automóveis na cidade de João Pessoa*.
- Awadh, M. (2024). Enhancing Productivity through the Utilization of a Work-Measuring Methodology. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2307–2316. <https://doi.org/10.46254/AN14.20240606>
- Bai, C., Satir, A., & Sarkis, J. (2019). Investing in lean manufacturing practices: an environmental and operational perspective. *International Journal of Production Research*, 57(4), 1037–1051. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1498986>
- Bassi, E., Cardoso, W., Bertosse, J., Saes, R., & Achcar, J. (2018). A implantação e utilização do programa “5S” e Kaizen para gerenciamento das oficinas de costura de uma empresa familiar de médio porte. *Revista de Engenharia E Tecnologia*, 10(1), Pág.248-267.
- Bhamu, J., Bhadu, J., & Sangwan, K. S. (2020). Lean manufacturing implementation in ceramic industry: A case study. *Sustainable Production, Life Cycle Engineering and Management*, 21–30. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44248-4_3
- Bukhsh, M., Khan, M., Zaidi, I., Yaseen, R., Khalid, A., Razzaque, A., & Ali, M. (2021). Productivity improvement in textile industry using lean manufacturing practices of 5S

- and SMED. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 7374–7385.
- Carvalho, J. C. de. (2012). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento: Vol. Ed. Sílabo (1aEd.)*. Edições Silabo ISBN:978-989-561-085-3
- Chiarini, A., Baccarani, C., & Mascherpa, V. (2018). Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy: A conceptual analysis from the perspective of Zen Buddhism. *The TQM Journal*, 30(4), 425–438.
- Correia, D., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Pereira, T., & Ferreira, L. P. (2018). Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 17, 663–671. <https://doi.org/10.1016/J.PROMFG.2018.10.115>
- Costa, E., Silva, Â., & Ferreira, A. C. (2023). *Layout design to improve industrial facility efficiency: a case study applying ALDEP and CRAFT. ICNAAM 2023 - 21st International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics - 2nd Symposium of Applied Statistics to Business and Management*, 1–4.
- Cywiński, M. (2021). Optimization Process in Warehouse Management. *Globalization, the State and the Individual*, 28(2), 74–85. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.6594>
- Daneshjo, N., Rudy, V., Malega, P., & Krnáčová, P. (2021). Application of Spaghetti Diagram in *Layout Evaluation Process: A Case Study. TEM Journal*, 10(2), 573–582. <https://doi.org/10.18421/TEM102-12>
- De Carlo, F., Arleo, M. A., Borgia, O., & Tucci, M. (2013). *Layout Design for a Low-Capacity Manufacturing Line: A Case Study. International Journal of Engineering Business Management*, 5(SPL.ISSUE), 35. <https://doi.org/10.5772/56883>
- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- Deshpande, V., Patil, M., Baviskar, V., & Ganghi, J. (2016). Plant *Layout Optimization using CRAFT and ALDEP Methodology. Productivity Journal*, 57(1), 32–42.
- Dillinger, F., Bernhard, O., & Reinhart, G. (2022). Competence Requirements in Manufacturing Companies in the Context of Lean 4.0. *Procedia CIRP*, 106(March), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.155>
- Eaidgah, Y., Kurczewski, K., & Maki, A. A. (2013). Visual management, performance management and continuous improvement. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(2).

- Forest, J. J. (2015). *Walk the Line. Process Safety Progress*. 34(2), 126–129.
- Gebeyehu, S. G., Abebe, M., & Goche, A. (2022). Production lead time improvement through lean manufacturing. *Bahir Dar Technology Institute*.
- George, M. (2003). *Lean Six Sigma for Service: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions*.
- Hallgren, M., & Olhager, J. (2009). Lean and agile manufacturing: External and internal drivers and performance outcomes. *International Journal of Operations and Production Management*, 29(10), 976–999.
- Hasan, Z., & Hossain, S. (2018). Improvement of Effectiveness by Applying PDCA Cycle or Kaizen: An Experimental Study on Engineering Students. *Journal of Scientific Research*, 10(2), 159–173.
- Hirano, H. (1995). *5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation* (1ª edição). Productivity Press.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To pull or not to pull: What is the question? . *Manufacturing and Service Operations Management*, 6(2), 133–148.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success* (1st Edition). McGraw-Hill Education.
- Jaca, C., Viles, E., Paipa-Galeano, L., Santos, J., & Mateo, R. (2014). Learning 5S principles from Japanese best practitioners: Case studies of five manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 52(15), 4574–4586. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.878481>
- Jagusiak-Kocik, M. (2017). PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - A case study. *Production Engineering Archives*, 14(14), 19–22. <https://doi.org/10.30657/pea.2017.14.05>
- Jayaram, J., Das, A., & Nicolae, M. (2010). Looking beyond the obvious: Unraveling the Toyota production system. *International Journal of Production Economics*, 128(1), 280–291. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.07.024>
- Kakkar, V., Dalal, V. S., Choraria, V., Pareta, A. S., & Bhatia, A. (2015). Implementation Of 5S Quality Tool In Manufacturing Company A Case Study. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 4(2), 208–213.
- Lucinda, M. A. (2016). *Análise e Melhoria de Processos - Uma Abordagem Prática para Micro e Pequenas Empresas*. Simplíssimo Livros Ltda.
- LusoSteel. (2024, February 6). *A empresa Lusosteel e os seus serviços*. Caracterização Da Empresa. URL: <https://www.lusosteel.pt/>

- Maestrini, V., Luzzini, D., Shani, A. B., & Canterino, F. (2016). The action research cycle reloaded: Conducting action research across buyer-supplier relationships. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 22(4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/J.PURSUP.2016.06.002>
- Malega, P., Daneshjoo, N., Rudy, V., & Drábik, P. (2021). PDCA Cycle - Tool for Improvement of the Business Processes – Case Study. *TEM Journal*, 10(3), 1336–1347. <https://doi.org/10.18421/TEM103-42>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/CHERD.04351>
- Micieta, B., Howaniec, H., Binasova, V., Kasajova, M., & Fusko, M. (2021). Increasing Work Efficiency in a Manufacturing Setting Using Gemba Walk. *European Research Studies Journal*, XXIV (Special Issue 4), 601–620. <https://doi.org/10.35808/ersj/2792>
- Ml̋kva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization-one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, 149(June), 329–332. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674>
- NIST. (2000). *Principles of Lean Manufacturing with Live Simulation*. National Institute of Standards and Technology URL: <https://www.nist.gov/mep/lean-and-process-improvement>.
- Pereira, A., Abreu, M. F., Silva, D., Alves, A. C., Oliveira, J. A., Lopes, I., & Figueiredo, M. C. (2016). Reconfigurable Standardized Work in a Lean Company - A Case Study. *Procedia CIRP*, 52, 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>
- Pérez-Gosende, P., Mula, J., & Díaz-Madroñero, M. (2021). Facility layout planning. An extended literature review. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3777–3816. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897176>
- Pinto, J. (2019). *Estudo do Trabalho: Estudos dos métodos e Medição dos tempos para a melhoria da produtividade e humanização do trabalho*. CLT valuebased service, Lda.
- Pinto, J. L. Q., Matias, J. C. O., Pimentel, C., Azevedo, S. G., & Govidan, K. (2018). *Lean Manufacturing and Kaizen*. Springer, Cham.
- Plenert, G. (2007). Reinventing Lean: Introducing Lean Management into the supply Chain. *Elsevier Inc.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-370517-4.X5000-X>.
- Putra, G. L., & Kitamura, M. (2021). Study on optimal design of hatch cover via a three-stage optimization method involving material selection, size, and plate layout

- arrangement. *Ocean Engineering*, 219(May 2020), 108284. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108284>
- Ramaa, A., Subramanya, K. N., & Rangaswamy, T. M. (2012). Impact of Warehouse Management in Supply Chain. *International Journal of Computer Applications*, 54(1), 14–20.
- Ramnath, B. V., Elanchezhian, C., & Kesavan, R. (2010). Application Of Kanban System for Implementing Lean Manufacturing (A Case Study). *Journal of Engineering Research and Studies*, 1(I), 13.
- Randhawa, J. S., & Ahuja, I. S. (2017). 5S – a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 34(3), 334–361. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2015-0045>
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/app8112181>
- Richards, G. (2018). *Warehouse Management: A complete guide to improving efficiency and minimizing costs in the modern warehouse* (3rd Editio). CPI Group - British Library.
- Ritzman, L., Krajewski, L., & Malhotra, M. (2009). *Administração de Produção e Operações* (8ª Edição) Pearson EAN: 9788576051725.
- Rother M, & Shook J. (1998). Learning to See: Value Stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda. *Journal of Service Science and Management*, 11(2).
- Sá, J. C., Manuel, V., Silva, F. J. G., Santos, G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Carvalho, M. (2021). Lean Safety - assessment of the impact of 5S and Visual Management on safety. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1193(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1193/1/012049>
- Sabaghi, M., Rostamzadeh, R., & Mascle, C. (2015). Kanban and value stream mapping analysis in lean manufacturing philosophy via simulation: A plastic fabrication (case study). *International Journal of Services and Operations Management*, 20(1), 118–140. <https://doi.org/10.1504/IJSOM.2015.065977>
- Sadar, M. P., Rajmore, K. G., Rodge, M. K., & Kumar, K. (2023). Digital manufacturing approach for process simulation and layout optimization. *Materials Today: Proceedings*, 74, 642–649. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.10.003>

- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). Formulating the research design. In *Research Methods for Business Students* (pp. 172–231). Pearson Publication, UK.
- Schlüter, M. R., & Almeida, C. M. P. R. de. (2009). Estratégica e Logística. *Sindicato Nacional Dos Editores Dos Livros, Rio de Janeiro*, 1–42.
- Schoeman, Y., Oberholster, P., & Somerset, V. (2020). Value Stream Mapping as a Supporting Management Tool to Identify the Flow of Industrial Waste: A Case Study. *Sustainability*, 13(1), 91. <https://doi.org/10.3390/su13010091>
- Singh, S. P., & Sharma, R. R. K. (2006). A review of different approaches to the facility layout problems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 30(5–6), 425–433. <https://doi.org/10.1007/s00170-005-0087-9>
- Siregar, I., Tarigan, U., & Nasution, T. H. (2018). Layout design in order to improve efficiency in manufacturing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 309(1), 012001. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012001>
- 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.
- Teixeira, C., Lopes, I., & Figueiredo, M. (2018). Classification methodology for spare parts management combining maintenance and logistics perspectives. *Journal of Management Analytics*, 5(2), 116–135. <https://doi.org/10.1080/23270012.2018.1436989>
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: A literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(6), 766–799. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2015-0071>
- Vilarinho, S., Lopes, I., & Sousa, S. (2018). Developing dashboards for SMEs to improve performance of productive equipment and processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 12, 13–22. <https://doi.org/10.1016/J.JII.2018.02.003>
- Walliman, N., & Baiche, B. (2001). *Your Research Project: A Step-by-Step Guide for the Firt-Time Researcher* (SAGE Publications).
- Womack, J. P., Jones, D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*.
- Yang, Z., & Lu, W. (2023). Facility layout design for modular construction manufacturing: A comparison based on simulation and optimization. *Automation in Construction*, 147(December 2022), 104713. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104713>
- Zhang, Z., Li, K. W., Guo, X., & Huang, J. (2020). A probability approach to multiple criteria ABC analysis with misclassification tolerance. *International Journal of*

Production Economics, 229(July), 107858.

<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107858>

- Ziyadin, S., Sousa, R. D., Suieubayeva, S., Yergobek, D., & Serikbekuly, A. (2020). Differentiation of logistics services on the basis ABC analysis. *E3S Web of Conferences*, 159. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015904034>
- Zuniawan, A., Wirawati, S. M., Saefulah, Fahlevi, M., Purwanto, A., Vizano, N. A., & Pramono, R. (2020). Did Seiri Seiton Seiso Seiketsu and Shitsuke affected medical health industry business performance? *European Journal of Molecular and Clinical Medicine*, 7(7), 97–114.

Apêndices

Apêndice1 – Estudo dos tempos do processo de *picking* no armazém

Foram efetuadas 5 cronometragens preliminares conforme apresentado na Tabela 21. Para os valores observados preliminares foi determinado o valor médio, $\bar{x}$ e o desvio-padrão, s , de acordo com a equação (1).

Tabela 19 - Cronometragem de observações preliminares

Ferramenta em processo de <i>picking</i>	Tempo (segundos)
Rebarbadora pequena	57
Parafuso M12x30 zincado	64
Spray Zinco	65
Fita de serra 3010	52
Extensão elétrica 25 metros	58
Média dos tempos observados	59,2
Desvio-padrão	5,36

Foi considerado um nível de confiança de 95% e uma margem de erro de $\pm 5\%$, a dimensão da amostra foi calculada através da equação (2), onde n corresponde ao número total de observações a efetuar, z foi assumido igual a 1,64. Dado o nível de confiança pretendido é de 95% e h corresponde a 0.05. A determinação do número efetivo de cronometragens a efetuar é apresentado na Tabela 22.

Tabela 20 - Determinação do número de cronometragens a efetuar

Cálculo	Número de cronometragens a efetuar
$n = \left(\frac{z \times S}{h \times \bar{x}} \right)^2 \Leftrightarrow n = \left(\frac{1,64 \times 5,36}{0,05 \times 59,2} \right)^2 = 8,81$	9 cronometragens

Apêndice 2 – Auditoria 5S criada para a manutenção da disciplina

AUDITORIA 5S – V1.0			
Data:		Local:	

A atribuição da nota será definida de acordo com os critérios (válido para todas as avaliações):

Nota	Critério
10	Nenhuma não conformidade (NC) foi verificada.
8 a 9	De 1 a 3 NC foram encontradas. São NC leves que não comprometem o bom desempenho.
6 a 7	De 4 a 5 NC foram observadas.
4 a 5	De 6 a 7 NC foram observadas.
2 a 3	Mais de 7 NC foram observadas. O local evidencia que o 5S não está na rotina.
0 a 2	Não há organização, ordenação nem limpeza no local

Item para verificação		Operacional	Nota
1º Senso – Senso da Organização			
1	Existem objetos, ferramentas, instrumentos ou dados sem utilidade?	Sucata, resíduos, ferramentas ou materiais danificados, consumíveis desgastados, lixo, instrumentos, etc.	
2	Existem objetos ou materiais em falta ou excesso?	Falta ou excesso de ferramentas, materiais, consumíveis ou acessórios. Não existe disponibilidade no armazém (estante, bancada, outro) quando necessário	
3	As informações e os dados estão atualizados?	Quadros de avisos, gestão visual, plano de limpeza, cronograma de auditorias, etc.	
4	Existem fontes de desperdício?	Desperdício de materiais, matéria-prima, tempo, objetos descartáveis, etc.	
5	Há algum equipamento, instrumento ou ferramenta a ser utilizada de forma inadequada?	Instalações improvisadas, ferramentas, tomadas, extensões elétricas, etc.	
6	O espaço está a ser usado de forma adequada e segura?	Verificar se os equipamentos estão dispostos de forma a facilitar o trabalho e de forma segura.	
Média 1º Senso			

2º Senso – Senso da Ordenação			
1	Existe local determinado para cada objeto ou documento?	Ferramentas, materiais de manutenção, material de consumo, equipamentos, acessórios, consumíveis, outros.	
2	Os ambientes, objetos e arquivos estão devidamente identificados?	Espaços de bancada, espaços internos, ferramentas de uso, materiais de consumo, equipamentos, extintores, etc.	
3	A ordenação dos materiais é adequada durante a execução dos trabalhos e após o expediente?	Verificar se as ferramentas, equipamentos, consumíveis ou acessórios que está a ser utilizado se encontra no devido lugar.	

4	A configuração (<i>layout</i>) do armazém está adequada?	O que se utiliza com frequência está mais acessível. A localização obedece ao fluxo de trabalho. A área de circulação é desobstruída	
5	A configuração (<i>layout</i>) do armazém favorece as operações de <i>picking</i> e devolução dos itens?	A organização e alocação dos espaços às ferramentas, materiais, consumíveis ou acessórios	
Média 2º Senso			

3º Senso – Senso de Limpeza			
1	Os equipamentos, ferramentas, estantes ou bancadas de trabalho estão limpos?	Pó, resíduos acumulados, lixo espalhado pelo piso, acumulação de resíduos, excesso de material de descarte.	
2	A conservação de equipamentos, ferramentas, instrumentos, entre outros, é adequada?	Piso, corrosão, pintura e conservação dos equipamentos.	
3	Existe um sistema de manutenção da limpeza?	São designados responsáveis pela limpeza, existe escala, identificação dos responsáveis pela limpeza por zona.	
4	A área de trabalho é mantida limpa?	Restos de materiais de manutenção, excedente de matérias-primas, embalagens, consumíveis desgastados.	
5	Existe um plano de limpeza escrito e atualizado disponível no local?	Existem materiais adequados para efetuar a limpeza dos diferentes espaços e tipos de resíduos?	
6	Fontes de resíduos ou lixo	As fontes de lixo estão controladas? Existem ações para eliminar o problema?	
Média 3º Senso			

4º Senso – Senso de Padronização			
1	Os equipamentos, ferramentas, materiais e acessórios são repostos nos devidos locais?	Quando qualquer tipo de item retorna ao armazém, estes são colocados nos locais devidamente identificados para o efeito?	
2	São respeitados os planos de limpeza definidos?	Verifica-se que a limpeza e arrumação no armazém é efetuada	
3	É feita a avaliação periódica das condições dos equipamentos e instrumentos quanto à segurança?	Verificar se existem extintores de incêndio e EPI em condições inadequadas, sem inspeção, se existe <i>checklist</i> de avaliação, etc.	
4	Todos utilizam EPI obrigatórios para situações de risco?	Verificar se estão a ser utilizados os EPI obrigatórios na área auditada?	
Média 4º Senso			
Avaliação Global			

Apêndice 3 – Auditoria 5S efetuada no dia 02/04/24 e no dia 03/06/2024

AUDITORIA 5S – V1.0			
Data:	02/04/24	Local:	Armazém

A atribuição da nota será definida de acordo com os critérios (válido para todas as avaliações):

Nota	Critério
10	Nenhuma não conformidade (NC) foi verificada.
8 a 9	De 1 a 3 NC foram encontradas. São NC leves que não comprometem o bom desempenho.
6 a 7	De 4 a 5 NC foram observadas.
4 a 5	De 6 a 7 NC foram observadas.
2 a 3	Mais de 7 NC foram observadas. O local evidencia que o 5S não está na rotina.
0 a 2	Não há organização, ordenação nem limpeza no local

Item para verificação		Operacional	Nota
1º Senso – Senso da Organização			
1	Existem objetos, ferramentas, instrumentos ou dados sem utilidade?	Sucata, resíduos, ferramentas ou materiais danificados, consumíveis desgastados, lixo, instrumentos, etc.	10
2	Existem objetos ou materiais em falta ou excesso?	Falta ou excesso de ferramentas, materiais, consumíveis ou acessórios. Não existe disponibilidade no armazém (estante, bancada, outro) quando necessário	10
3	As informações e os dados estão atualizados?	Quadros de avisos, gestão visual, plano de limpeza, cronograma de auditorias, etc.	8
4	Existem fontes de desperdício?	Desperdício de materiais, matéria-prima, tempo, objetos descartáveis, etc.	8
5	Há algum equipamento, instrumento ou ferramenta a ser utilizada de forma inadequada?	Instalações improvisadas, ferramentas, tomadas, extensões elétricas, etc.	10
6	O espaço está a ser usado de forma adequada e segura?	Verificar se os equipamentos estão dispostos de forma a facilitar o trabalho e de forma segura.	10
Média 1º Senso			9,33

2º Senso – Senso da Ordenação			
1	Existe local determinado para cada objeto ou documento?	Ferramentas, materiais de manutenção, material de consumo, equipamentos, acessórios, consumíveis, outros.	10
2	Os ambientes, objetos e arquivos estão devidamente identificados?	Espaços de bancada, espaços internos, ferramentas de uso, materiais de consumo, equipamentos, extintores, etc.	10
3	A ordenação dos materiais é adequada durante a execução dos trabalhos e após o expediente?	Verificar se as ferramentas, equipamentos, consumíveis ou acessórios que está a ser utilizado se encontra no devido lugar.	10

4	A configuração (<i>layout</i>) do armazém está adequada?	O que se utiliza com frequência está mais acessível. A localização obedece ao fluxo de trabalho. A área de circulação é desobstruída	9
5	A configuração (<i>layout</i>) do armazém favorece as operações de <i>picking</i> e devolução dos itens?	A organização e alocação dos espaços às ferramentas, materiais, consumíveis ou acessórios	9
Média 2º Senso			9,6

3º Senso – Senso de Limpeza			
1	Os equipamentos, ferramentas, estantes ou bancadas de trabalho estão limpos?	Pó, resíduos acumulados, lixo espalhado pelo piso, acumulação de resíduos, excesso de material de descarte.	10
2	A conservação de equipamentos, ferramentas, instrumentos, entre outros, é adequada?	Piso, corrosão, pintura e conservação dos equipamentos.	10
3	Existe um sistema de manutenção da limpeza?	São designados responsáveis pela limpeza, existe escala, identificação dos responsáveis pela limpeza por zona.	10
4	A área de trabalho é mantida limpa?	Restos de materiais de manutenção, excedente de matérias-primas, embalagens, consumíveis desgastados.	9
5	Existe um plano de limpeza escrito e atualizado disponível no local?	Existem materiais adequados para efetuar a limpeza dos diferentes espaços e tipos de resíduos?	6
6	Fontes de resíduos ou lixo	As fontes de lixo estão controladas? Existem ações para eliminar o problema?	6
Média 3º Senso			8,5

4º Senso – Senso de Padronização			
1	Os equipamentos, ferramentas, materiais e acessórios são repostos nos devidos locais?	Quando qualquer tipo de item retorna ao armazém, estes são colocados nos locais devidamente identificados para o efeito?	10
2	São respeitados os planos de limpeza definidos?	Verifica-se que a limpeza e arrumação no armazém é efetuada	8
3	É feita a avaliação periódica das condições dos equipamentos e instrumentos quanto à segurança?	Verificar se existem extintores de incêndio e EPI em condições inadequadas, sem inspeção, se existe <i>checklist</i> de avaliação, etc.	7
4	Todos utilizam EPI obrigatórios para situações de risco?	Verificar se estão a ser utilizados os EPI obrigatórios na área auditada?	7
Média 4º Senso			8
Avaliação Global			8,86

AUDITORIA 5S – V1.0			
Data:	03/06/24	Local:	Armazém

A atribuição da nota será definida de acordo com os critérios (válido para todas as avaliações):

Nota	Critério
10	Nenhuma não conformidade (NC) foi verificada.
8 a 9	De 1 a 3 NC foram encontradas. São NC leves que não comprometem o bom desempenho.
6 a 7	De 4 a 5 NC foram observadas.
4 a 5	De 6 a 7 NC foram observadas.
2 a 3	Mais de 7 NC foram observadas. O local evidencia que o 5S não está na rotina.
0 a 2	Não há organização, ordenação nem limpeza no local

Item para verificação		Operacional	Nota
1º Senso – Senso da Organização			
1	Existem objetos, ferramentas, instrumentos ou dados sem utilidade?	Sucata, resíduos, ferramentas ou materiais danificados, consumíveis desgastados, lixo, instrumentos, etc.	10
2	Existem objetos ou materiais em falta ou excesso?	Falta ou excesso de ferramentas, materiais, consumíveis ou acessórios. Não existe disponibilidade no armazém (estante, bancada, outro) quando necessário	10
3	As informações e os dados estão atualizados?	Quadros de avisos, gestão visual, plano de limpeza, cronograma de auditorias, etc.	10
4	Existem fontes de desperdício?	Desperdício de materiais, matéria-prima, tempo, objetos descartáveis, etc.	10
5	Há algum equipamento, instrumento ou ferramenta a ser utilizada de forma inadequada?	Instalações improvisadas, ferramentas, tomadas, extensões elétricas, etc.	10
6	O espaço está a ser usado de forma adequada e segura?	Verificar se os equipamentos estão dispostos de forma a facilitar o trabalho e de forma segura.	9
Média 1º Senso			9,83

2º Senso – Senso da Ordenação			
1	Existe local determinado para cada objeto ou documento?	Ferramentas, materiais de manutenção, material de consumo, equipamentos, acessórios, consumíveis, outros.	10
2	Os ambientes, objetos e arquivos estão devidamente identificados?	Espaços de bancada, espaços internos, ferramentas de uso, materiais de consumo, equipamentos, extintores, etc.	9
3	A ordenação dos materiais é adequada durante a execução dos trabalhos e após o expediente?	Verificar se as ferramentas, equipamentos, consumíveis ou acessórios que está a ser utilizado se encontra no devido lugar.	8

4	A configuração (<i>layout</i>) do armazém está adequada?	O que se utiliza com frequência está mais acessível. A localização obedece ao fluxo de trabalho. A área de circulação é desobstruída	9
5	A configuração (<i>layout</i>) do armazém favorece as operações de <i>picking</i> e devolução dos itens?	A organização e alocação dos espaços às ferramentas, materiais, consumíveis ou acessórios	9
Média 2º Senso			9

3º Senso – Senso de Limpeza			
1	Os equipamentos, ferramentas, estantes ou bancadas de trabalho estão limpos?	Pó, resíduos acumulados, lixo espalhado pelo piso, acumulação de resíduos, excesso de material de descarte.	7
2	A conservação de equipamentos, ferramentas, instrumentos, entre outros, é adequada?	Piso, corrosão, pintura e conservação dos equipamentos.	8
3	Existe um sistema de manutenção da limpeza?	São designados responsáveis pela limpeza, existe escala, identificação dos responsáveis pela limpeza por zona.	10
4	A área de trabalho é mantida limpa?	Restos de materiais de manutenção, excedente de matérias-primas, embalagens, consumíveis desgastados.	9
5	Existe um plano de limpeza escrito e atualizado disponível no local?	Existem materiais adequados para efetuar a limpeza dos diferentes espaços e tipos de resíduos?	6
6	Fontes de resíduos ou lixo	As fontes de lixo estão controladas? Existem ações para eliminar o problema?	7
Média 3º Senso			7,83

4º Senso – Senso de Padronização			
1	Os equipamentos, ferramentas, materiais e acessórios são repostos nos devidos locais?	Quando qualquer tipo de item retorna ao armazém, estes são colocados nos locais devidamente identificados para o efeito?	10
2	São respeitados os planos de limpeza definidos?	Verifica-se que a limpeza e arrumação no armazém é efetuada	8
3	É feita a avaliação periódica das condições dos equipamentos e instrumentos quanto à segurança?	Verificar se existem extintores de incêndio e EPI em condições inadequadas, sem inspeção, se existe <i>checklist</i> de avaliação, etc.	7
4	Todos utilizam EPI obrigatórios para situações de risco?	Verificar se estão a ser utilizados os EPI obrigatórios na área auditada?	7
Média 4º Senso			8
Avaliação Global			8,67

Apêndice 4 – Ferramenta de inventário em Microsoft Excel



Inventário da Ferramentaria



Listagem de Fichas

Data: 11/11/2023

Referência	Categoria do material	Subclasse	Descrição do material	Localização	Quant.	Estado	Data de aquisição	Utilização
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Makita DDF486 n° 135582R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Makita DDF486 n° 135564R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	AEG n° 0500792	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Makita DDF481 n° 253366R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Makita DDF458 n° 0275874Y	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Bosch GSR 10,8V-Li	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/01/R01	Equipamento	Aparafusadora	Dewalt-DW920K	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Makita-GA9020R n° 609215R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Makita-GA9020R n° 609213R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Makita-GA9020R n° 814597R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Makita-GA9020R n° 814601R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/03/R01	Equipamento	Rebarbadora Grandes	Bosch GWS22-230 n° 707000939	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/02/R01	Equipamento	Aparelhos de Soldar	Migatronic-Delta180	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/02/R01	Equipamento	Aparelhos de Soldar	Migatronic-Tigman 150HP	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/02/R01	Equipamento	Aparelhos de Soldar	CityWork Stayer 160	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/02/R01	Equipamento	Aparelhos de Soldar	Galagar-Kennedy200	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/04/R01	Equipamento	Rebarbadora Pequenas	Makita-9565CR n° 288801R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/04/R01	Equipamento	Rebarbadora Pequenas	Makita-9565CR n° 288829R	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/04/R01	Equipamento	Rebarbadora Pequenas	Metabo-WE-17 n° 0020045363	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/04/R01	Equipamento	Rebarbadora Pequenas	Metabo-WE-17 n° 9100042659	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/04/R01	Equipamento	Rebarbadora Pequenas	Metabo-WE-17 n° 003004605	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/04/R01	Equipamento	Rebarbadora Pequenas	Feine n° 018083	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/05/R01	Equipamento	Chaves de Impacto	Makita DTW 285 n° 559515G	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/05/R01	Equipamento	Chaves de Impacto	Makita DTW 285 n° 559516G	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/05/R01	Equipamento	Chaves de Impacto	Makita DTW 285 n° 559521G	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/05/R01	Equipamento	Chaves de Impacto	Makita DTW 450 n° 210349G	Rack1	1	Operacional	--	Obra

CE/05/R01	Equipamento	Chaves de Impacto	Makita DTW 450 n° 210351G	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/05/R01	Equipamento	Chaves de Impacto	Makita 6905B n°341200E	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/05/R01	Equipamento	Chaves de Impacto	AEG	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/06/R01	Equipamento	Furadora magnética	Rotabroa CH - Comando 40 n° 011221017	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/06/R01	Equipamento	Furadora magnética	MagPro-35	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/06/R01	Equipamento	Furadora magnética	Evolution-EM42 - C1923-EU00401	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/06/R01	Equipamento	Furadora magnética	Evolution-EM42 -K1623 EU	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/06/R01	Equipamento	Furadora magnética	Optimun DM38 n° 2018060043	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Makita-HR4013C n° 16501G	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Makita-HR4501C n° 4720G	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Makita-HR2230C n° 55806R	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Makita-HR2230C n° 458339Y	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Makita-DHR171 n° 0041939 Y Bateria	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Feine ABH18 n° 380869 Bateria	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Metabo KHE 28	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Metabo BHA-36	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Bosch PBH 2100	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Dewal N°12	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	ELU N°13	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/07/R01	Equipamento	Máquinas de furar pedra	Berbequim eléctrico	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Guinchos Electricos	Rack1	2	Operacional	--	Obra
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Guaribaldes	Rack1	2	Operacional	--	Misto
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Alinhadeira Makita 5903R n° 592586G	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Circular - Makita SP6000J n° 413422G	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Tupia - Makita-3709 n°614270K	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Maquina de tiro - HILTI n°032092	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Maquina de tiro - Ramset n° G117057	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Tico Tico - Bosch GST75BE	Rack1	1	Operacional	--	Misto
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Laser HILTI PMC46 n°117100116	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Laser HILTI PM4-M n°183160054	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Laser Stabila n°60825-1	Rack1	1	Operacional	--	Obra
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Máquina de Carotes n°10981131	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Lixadeira Bosch PSS23 n° 410253844	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Lixadeira Bosch GSS23 n° 410253844	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Lixadeira Bosch GSS23 n° 801000079	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Lixadeira Bosch GSS23 n° 709000417	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Lixadeira Metabons 1135100	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Lixadeira Cinhell BSS 150/1 n°P-2953	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Pistola de Ribetes a ar	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Pistola de Ribetes a ar	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Pistola de Pregar a ar	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Máquina de Polir de Rolo - Fein	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Máquina de Polir de Rolo - Wurth	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Máquina de Passar Machos	Rack1	1	Operacional	--	Oficina

CE/08/R01	Equipamento	Outros	Máquina de polir de cintas	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Máquina de polir de cintas	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CE/08/R01	Equipamento	Outros	Máquina de Roer Chapa	Rack1	1	Operacional	--	Oficina
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M24x60 classe 8.8	Rack2	45	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M24x90 classe 8.8	Rack2	56	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M24x65 classe 8.8	Rack2	40	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M24x80 classe 8.8	Rack2	30	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M24x75 classe 8.8	Rack2	7	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M24x70 classe 8.8	Rack2	10	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M24x55 classe 8.8	Rack2	12	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M24x140 classe 8.8	Rack2	5	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M22x75 classe 8.8	Rack2	25	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M20x50 classe 8.8	Rack2	270	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M20x80 classe 8.8	Rack2	20	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M20x60 classe 8.8	Rack2	30	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M20x55 classe 8.8	Rack2	20	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M20x70 classe 8.8	Rack2	35	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M20x65 classe 8.8	Rack2	10	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M20x45 classe 8.8	Rack2	10	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M16x30 classe 8.8	Rack2	25	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M16x40 classe 8.8	Rack2	120	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M16x50 classe 8.8	Rack2	90	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M16x65 classe 8.8	Rack2	15	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M16x35 classe 8.8	Rack2	35	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M16x45 classe 8.8	Rack2	60	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M16x60 classe 8.8	Rack2	30	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M16x70 classe 8.8	Rack2	160	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M12x25 classe 8.8	Rack2	60	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M12x35 classe 8.8	Rack2	10	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M12x50 classe 8.8	Rack2	70	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M12x30 classe 8.8	Rack2	83	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M12x40 classe 8.8	Rack2	90	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x30 classe 8.8	Rack2	650	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x40 classe 8.8	Rack2	120	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x50 classe 8.8	Rack2	50	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x25 classe 8.8	Rack2	300	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x35 classe 8.8	Rack2	70	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x45 classe 8.8	Rack2	30	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x55 classe 8.8	Rack2	300	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x70 classe 8.8	Rack2	400	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M10x100 classe 8.8	Rack2	200	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M8x80 classe 8.8	Rack2	600	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M8x60 classe 8.8	Rack2	200	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M8x35 classe 8.8	Rack2	300	--	--	Obra

CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M6x80 classe 8.8	Rack2	20	--	--	Obra
CA/01/R02	Acessório	Parafusos	Parafusos M6x60 classe 8.8	Rack2	1000	--	--	Obra
CA/02/R02	Acessório	Porcas	Porcas M6 classe 8.8	Rack2	180	--	--	Obra
CA/02/R02	Acessório	Porcas	Porcas M8 classe 8.8	Rack2	150	--	--	Obra
CA/02/R02	Acessório	Porcas	Porcas M10 classe 8.8	Rack2	450	--	--	Obra
CA/02/R02	Acessório	Porcas	Porcas M12 classe 8.8	Rack2	350	--	--	Obra
CA/02/R02	Acessório	Porcas	Porcas M16 classe 8.8	Rack2	350	--	--	Obra
CA/02/R02	Acessório	Porcas	Porcas M20 classe 8.8	Rack2	160	--	--	Obra
CA/02/R02	Acessório	Porcas	Porcas M27 classe 8.8	Rack2	60	--	--	Obra
CA/03/R02	Acessório	Anilhas	Anilhas M6 zinc.	Rack2	180	--	--	Obra
CA/03/R02	Acessório	Anilhas	Anilhas M8 zinc.	Rack2	50	--	--	Obra
CA/03/R02	Acessório	Anilhas	Anilhas M10 zinc.	Rack2	750	--	--	Obra
CA/03/R02	Acessório	Anilhas	Anilhas M12 zinc.	Rack2	370	--	--	Obra
CA/03/R02	Acessório	Anilhas	Anilhas M16 zinc.	Rack2	180	--	--	Obra
CA/03/R02	Acessório	Anilhas	Anilhas M20 zinc.	Rack2	650	--	--	Obra
CA/03/R02	Acessório	Anilhas	Anilhas M27 zinc.	Rack2	200	--	--	Obra
CA/04/R02	Acessório	Extensões electricas	Extensão electrica preta com 25 metros	Rack3	3	--	--	Misto
CA/04/R02	Acessório	Extensões electricas	Extensão electrica preta com 22 metros	Rack3	1	--	--	Misto
CA/04/R02	Acessório	Extensões electricas	Extensão electrica preta com 21 metros	Rack3	1	--	--	Misto
CA/04/R02	Acessório	Extensões electricas	Extensão electrica preta com 12 metros	Rack3	2	--	--	Misto
CA/04/R02	Acessório	Extensões electricas	Extensão electrica preta com 13 metros	Rack3	1	--	--	Misto
CA/04/R02	Acessório	Extensões electricas	Extensão electrica preta com 9 metros	Rack3	2	--	--	Misto

Apêndice 5 – Análise ABC das quantidades de acessórios consumidos

Nº de artigos	Descrição dos Produtos	Qtd.	Quantidades cumulativas	% Cumulativa	% de Artigos acumulada	Classificação
1	Parafusos Auto perfurante 4,8x19	1000	1000.00	17.67%	1.14%	A
2	Bucha Ch expansiva 6x60	600	1600.00	28.27%	2.27%	A
3	Tyrolit Disco 42C	525	2125.00	37.55%	3.41%	A
4	Parafuso sextavado Auto perfurante 4,8x38	500	2625.00	46.39%	4.55%	A
5	Tyrolit disco lixa lamelado basic 27A	370	2995.00	52.92%	5.68%	A
6	Bucha Ch expansiva 8x60	200	3195.00	56.46%	6.82%	A
7	Anilha DIN125 16	200	3395.00	59.99%	7.95%	A
8	Anilha DIN125 12	200	3595.00	63.53%	9.09%	A
9	Anilha DIN 125 8	200	3795.00	67.06%	10.23%	A
10	EUROTOF Fio MIG 0,8	120	3915.00	69.18%	11.36%	A
11	Tyrolit disco lixa lamelado basic 27C	100	4015.00	70.95%	12.50%	A
12	Bucha Ch expansiva 8x80	100	4115.00	72.72%	13.64%	A
13	Bucha parafuso 8x80	100	4215.00	74.48%	14.77%	A
14	Femea Sextavada m8	100	4315.00	76.25%	15.91%	A
15	Femea sextavada M8	100	4415.00	78.02%	17.05%	A
16	Anilha DIN125 M10	100	4515.00	79.78%	18.18%	A
17	Anilha M8	100	4615.00	81.55%	19.32%	B
18	JMM Spray zinco	70	4685.00	82.79%	20.45%	B
19	Bucha index Ch expansiva	62	4747.00	83.88%	21.59%	B
20	New Coir Bico contato M6 0,8	60	4807.00	84.94%	22.73%	B
21	Parafast Bucha cunha mta 12x140	50	4857.00	85.83%	23.86%	B
22	Bucha Ch expansiva 10x70	50	4907.00	86.71%	25.00%	B
23	Parafast Bucha cunha mta 12x140	50	4957.00	87.59%	26.14%	B
24	Parafast Bucha cunha mta 10x100	50	5007.00	88.48%	27.27%	B
25	EUROTOD Fio MIG 1,2	45	5052.00	89.27%	28.41%	B
26	Electrodo EUROTOD 3,2x350	30	5082.00	89.80%	29.55%	B
27	Migatronico Filtro de proteção 90x110	30	5112.00	90.33%	30.68%	B
28	Vidro p mascara branco 110x55	30	5142.00	90.86%	31.82%	B

29	Bucha Ch expansiva 10x100	25	5167.00	91.31%	32.95%	B
30	World fix 400 bucha quimica resina	24	5191.00	91.73%	34.09%	B
31	Parafusos 6x60	24	5215.00	92.15%	35.23%	B
32	Bostik cola e veda Flexpro	24	5239.00	92.58%	36.36%	B
33	Bostik cola e veda	24	5263.00	93.00%	37.50%	B
34	DIV Luvas Pele nº9	24	5287.00	93.43%	38.64%	B
35	DIV Luvas Pele nº10	24	5311.00	93.85%	39.77%	B
36	New Coir Bocal conico 16 MB36	20	5331.00	94.20%	40.91%	B
37	Migatronico Filtro de proteção 105x47	20	5351.00	94.56%	42.05%	B
38	New Coir difusor de gas branco	20	5371.00	94.91%	43.18%	B
39	Nobex Boquilha	20	5391.00	95.26%	44.32%	C
40	Electrodo EUROTOD 2,5x350	15	5406.00	95.53%	45.45%	C
41	Filme Exturavel 500mm 20 microns	12	5418.00	95.74%	46.59%	C
42	Stanley Fita métrica 5m	12	5430.00	95.95%	47.73%	C
43	Bostik Pasta lava mãos	11	5441.00	96.15%	48.86%	C
44	King rolo papel limpeza	10	5451.00	96.32%	50.00%	C
45	Makita Broca Nemesis 6x160	10	5461.00	96.50%	51.14%	C
46	JMM Spray anti-aderente	10	5471.00	96.68%	52.27%	C
47	Broca HSS 10,5	10	5481.00	96.85%	53.41%	C
48	Broca HSS 9	10	5491.00	97.03%	54.55%	C
49	Broca HSS 6	10	5501.00	97.21%	55.68%	C
50	Anilha ertacetal 12x18x2	10	5511.00	97.38%	56.82%	C
51	Broca HSS 5	10	5521.00	97.56%	57.95%	C
52	Broca HSS 4,25	10	5531.00	97.74%	59.09%	C
53	Broca HSS 4	10	5541.00	97.91%	60.23%	C
54	Broca HSS 3	10	5551.00	98.09%	61.36%	C
55	Wikus fira serra 27 6/10 2450	8	5559.00	98.23%	62.50%	C
56	Wikus fita serra REF. 529 34 3/4 5200	6	5565.00	98.34%	63.64%	C
57	Migatronico Tubo capilar 1,2	6	5571.00	98.44%	64.77%	C
58	Metabo escova	6	5577.00	98.55%	65.91%	C
59	Tectane Spray oleo corte	6	5583.00	98.66%	67.05%	C
60	Perno UMB DIN 916 14,9 8x10	6	5589.00	98.76%	68.18%	C

61	Wikus fira serra 27 6/10 3010	5	5594.00	98.85%	69.32%	C
62	3M Auriculares reutilizaveis	5	5599.00	98.94%	70.45%	C
63	KS tools adaptador bit magnético	4	5603.00	99.01%	71.59%	C
64	Macfer Carteira laminas 18mm	4	5607.00	99.08%	72.73%	C
65	Macfer Chave cx Magnetico SN10-BL	4	5611.00	99.15%	73.86%	C
66	Cartucho gas 190g	4	5615.00	99.22%	75.00%	C
67	Anilha DIN 9021 22	4	5619.00	99.29%	76.14%	C
68	Femea Sextavada m22	4	5623.00	99.36%	77.27%	C
69	Macfer disco diamantado 230	3	5626.00	99.42%	78.41%	C
70	Master serra craneana diametro 12	3	5629.00	99.47%	79.55%	C
71	Makita broca 8x160	3	5632.00	99.52%	80.68%	C
72	Macfer disco diamantado 125	3	5635.00	99.58%	81.82%	C
73	Migatronc distanciador ZETA40/60	3	5638.00	99.63%	82.95%	C
74	Stanley Nível Fatman 50	2	5640.00	99.66%	84.09%	C
75	KS Tools alicate universal 180	2	5642.00	99.70%	85.23%	C
76	DIV Pistola	2	5644.00	99.73%	86.36%	C
77	Stanley X-acto	2	5646.00	99.77%	87.50%	C
78	Stanley tracador rectas	2	5648.00	99.81%	88.64%	C
79	Macfer X-acto	2	5650.00	99.84%	89.77%	C
81	New Coir Tocha MIG 36 4m	1	5651.00	99.86%	92.05%	C
82	Ruko Escariador DIN335 25mm	1	5652.00	99.88%	93.18%	C
83	DIV pistola profissional	1	5653.00	99.89%	94.32%	C
84	Master Broca Cilindrica 16	1	5654.00	99.91%	95.45%	C
85	Varão roscado m22	1	5655.00	99.93%	96.59%	C
86	KS tools pack 5 bits 1/4" PH2 25mm	1	5656.00	99.95%	97.73%	C
87	KS tools pack 5 bits 1/4" PH3 25mm	1	5657.00	99.96%	98.86%	C
88	KS tools pack 5 bits 1/4" PZ2 25mm	1	5658.00	99.98%	100.00%	C
89	KS tools pack 5 bits 1/4" PZ3 25mm	1	5659.00	100.00%	101.14%	C
			5659.00			

Apêndice 6 – Cálculos dos custos dos meios de transporte

Tabela 21 - Cálculo dos custos dos meios de transporte e cálculos auxiliares

Tipos de transportes		Fator de proporção dos fluxos	Custo unitário
1	Custo Transporte Manual (1 colaborador)	100	0,04 €/metro
2	Custo Transporte Manual (2 colaboradores)	100	0,08 €/metro
3	Custo Empilhador + 1 Colaborador	50	0,05 €/metro
4	Custo Ponte Rolante	10	9,12 €

Custos de Transporte Manual		
Custo unitário movimentação	0,000377	(€/fluxo. metro)
Salário Mínimo Nacional	820,0	€
Renda mensal	956,7	€
1 turno (h)	8	horas
1 mês (dias)	22	dias
Custo Homem-hora	5,44	€/hora
Velocidade Passada Humana	4,00	m/s

Empilhador de 3,5 toneladas		
Custo unitário movimentação	0,0006	(€/fluxo. metro)
Potência do empilhador	25	kW
Número de horas Laborais	8	horas/dia
Consumo energético	200	kWh/dia
Custo de consumo de energia	48,00	€/dia
velocidade média	10	km/h
Custo energético fabril	0,24	€/kWh

Ponte de capacidade máxima de 5 toneladas		
Custo (€/hora)	0,912	€/hora
Potência do motor da ponte	3,8	kW
Número de horas Laborais	8	horas/dia
Consumo energético	30,4	kWh/dia
Custo de consumo de energia	7,296	€/dia
Custo energético fabril	0,24	€/kWh