Lusíada
Repositório das Universidades Lusíada

Universidades Lusíada

Martins, António Henrique Ferreira

Implementação de melhorias numa empresa de fundição e fabricação de peças, aplicando princípios lean thinking

http://hdl.handle.net/11067/8469

Metadados

Data de Publicação 2025

Resumo A presente dissertação teve como objetivo aplicar princípios de Lean Manufacturing para melhorar a organização, a eficiência e o controlo operacional no setor de acabamentos de uma empresa focada na fundição de metais não ferrosos, fabricação de torneiras e válvulas. O trabalho desenvolveu-se em diferentes fases, envolvendo a aplicação de ferramentas de melhoria contínua, tais como a metodologia 5S e a gestão visual, ambas fundamentais para promover a organização e padronização do trabalho, a co...

The present dissertation aimed to apply Lean Manufacturing principles to enhance organization, efficiency, and operational control within the finishing department of a company operating in the non-ferrous metal foundry industry, engaged in the manufacture of faucets and valves. The research was conducted in multiple phases, involving the implementation of continuous improvement tools such as the 5S methodology and visual management, both of which are fundamental for promoting workplace organizat...

Palavras Chave Lean manufacturing, Gestão de Operações

Tipo masterThesis

Revisão de Pares no

Coleções [ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2026-11-01T00:59:24Z com informação proveniente do Repositório

UNIVERSIDADE LUSÍADA
VILA NOVA DE FAMALICÃO

IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NUMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO E FABRICAÇÃO DE PEÇAS, APLICANDO PRINCÍPIOS *LEAN THINKING*

António Henrique Ferreira Martins

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

Vila Nova de Famalicão – agosto 2025

UNIVERSIDADE LUSÍADA
VILA NOVA DE FAMALICÃO

IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NUMA EMPRESA DE FUNDIÇÃO E FABRICAÇÃO DE PEÇAS, APLICANDO PRINCÍPIOS *LEAN THINKING*

António Henrique Ferreira Martins

Orientador: Professora Doutora Ana Cristina Ferreira

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

AVISO LEGAL

O conteúdo desta tese reflete as perspetivas, o trabalho e as interpretações do autor no momento da sua entrega. Esta tese pode conter incorreções, tanto conceptuais como metodológicas, que podem ter sido identificadas em momento posterior ao da sua entrega. Por conseguinte, qualquer utilização dos seus conteúdos deve ser exercida com cautela. Ao entregar esta tese, o autor declara que a mesma é resultante do seu próprio trabalho, contém contributos originais e são reconhecidas todas as fontes utilizadas, encontrando-se tais fontes devidamente citadas no corpo do texto e identificadas na secção referências. O autor, declara, ainda, que não divulga na presente tese quaisquer conteúdos cuja reprodução esteja vedada por direitos de autor ou de propriedade industrial.

Declaração sob compromisso de honra

(Artigo 6.º, n.º 2 das normas e orientações para a submissão de trabalhos académicos na plataforma Urkund para deteção de similaridade e plágio)

Eu, abaixo assinado, tenho consciência de que a prática de plágio consiste numa forma de violação da integridade académica, constituindo um crime punível por lei com relevância nos regimes disciplinar, civil e criminal.

Nesse sentido, declaro por minha honra que a dissertação apresentada é original e que todas as fontes, incluindo as da minha autoria, estão devidamente identificadas e referenciadas.

Vila Nova de Famalicão, 25 de agosto de 2025

O Estudante

Agradecimentos

Com a conclusão deste projeto encerro também o meu percurso académico, algo que não teria sido possível sem o apoio incondicional da minha família, amigos, professores e de todos os que, de alguma forma, contribuíram para esta etapa.

Um agradecimento especial aos meus pais que durante todo o meu percurso estiveram presentes, apoiaram me e transmitiram-me o orgulho que sentem por mim.

À minha melhor amiga e parceira de vida que me apoiou nos momentos bons e maus, especialmente nas fases mais complicadas e que exigiam um esforço grande. Um agradecimento especial pelo apoio nesta última etapa que exigiu muito de mim e que sem ela não seria possível.

Expresso um agradecimento especial à minha orientadora, Prof.ª Doutora Ana Cristina, que tornou possível a concretização deste projeto. A sua dedicação, disponibilidade e orientação foram decisivas em todas as fases deste trabalho. Esteve sempre presente para me ajudar a ultrapassar dificuldades, encontrar soluções e guiar-me no caminho certo, transmitindo-me confiança e motivação nos momentos mais desafiantes.

A todos os meus colegas de mestrado, deixo um profundo agradecimento pelo companheirismo e espírito de entreajuda demonstrados ao longo destes dois últimos anos. Foi um privilégio partilhar este percurso convosco e desejo a todos o maior sucesso e felicidade no futuro profissional e pessoal.

Um obrigado à Metalúrgica Central da Trofa, a todos os funcionários que me acolheram, que acreditaram em mim e fizeram com que este projeto fosse concluído. Um especial obrigado ao João Abreu pelos ensinamentos e pela motivação durante o meu trabalho na empresa. Agradeço também ao Rómulo Sampaio e à Raquel Moreira que tornaram possível a aplicação do meu projeto.

Resumo

A presente dissertação teve como objetivo aplicar princípios de *Lean Manufacturing* para melhorar a organização, a eficiência e o controlo operacional no setor de acabamentos de uma empresa focada na fundição de metais não ferrosos, fabricação de torneiras e válvulas. O trabalho desenvolveu-se em diferentes fases, envolvendo a aplicação de ferramentas de melhoria contínua, tais como a metodologia 5S e a gestão visual, ambas fundamentais para promover a organização e padronização do trabalho, a correta identificação e gestão de materiais, assim como a melhoria das condições de trabalho.

Foi efetuada a implementação da metodologia 5S em diferentes postos de trabalho e zonas de receção de materiais, permitindo melhorar a arrumação, a identificação dos materiais e reforçar a padronização visual do ambiente produtivo. Procedeu-se à criação de um armazém intermédio de consumíveis, estruturado de acordo com a rotatividade do consumo dos artigos, assegurando uma melhor acessibilidade e a diminuição das movimentações dos colaboradores. Foi elaborada uma proposta de reorganização do *layout*, através do estudo das restrições das infraestruturas do setor de acabamentos e do fluxo das operações, o que resultou na construção matriz de relacionamentos REL e da aplicação do método *Automated Layout Design Program*. Esta etapa visou melhorar a organização do *layout* e reduzir movimentações desnecessárias. Esta reorganização do *layout* resultou numa redução de cerca de 55,7% nas distâncias percorridas pelos operadores. Por fim, foi proposta uma estratégia de agrupamento de ordens de fabrico de forma a minimizar o tempo consumido pelos operadores com o processo de registo de abertura e fecho das respetivas operações, processo esse que, apesar de necessário, não traz valor acrescentado ao produto. Enquanto o método inicial exigia cerca de 30,5 horas mensais, o agrupamento teoricamente reduziria este valor para apenas 6,7 horas, representando uma redução de 78%.

Em síntese, os resultados obtidos demonstraram que a integração de práticas de *Lean Manufacturing* e métodos de suporte à Gestão de Operações promove benefícios de organização, eficiência e controlo, constituindo um contributo relevante para a melhoria contínua e para o reforço da competitividade da empresa.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing;* Gestão Visual; Metodologia 5S; Organização de *Layouts*; ALDEP; Gestão de Operações.

Abstract

The present dissertation aimed to apply Lean Manufacturing principles to enhance organization, efficiency, and operational control within the finishing department of a company operating in the non-ferrous metal foundry industry, engaged in the manufacture of faucets and valves. The research was conducted in multiple phases, involving the implementation of continuous improvement tools such as the 5S methodology and visual management, both of which are fundamental for promoting workplace organization and standardization, ensuring the proper identification and management of materials, as well as improving working conditions.

The implementation of the 5S methodology was carried out across different workstations and material reception areas, which improved storage practices, material identification, and strengthened the visual standardization of the production environment. An intermediate consumables warehouse was established, structured according to the turnover rate of items, thereby ensuring accessibility and reducing unnecessary movements by employees. A reorganization proposal for the layout was also developed, based on an analysis of the infrastructural constraints of the finishing department and the operational flow, which resulted in the construction of a REL relationship matrix and the application of the Automated Layout Design Program method. This stage sought to enhance layout organization and minimize unnecessary movements. As a result, the new layout achieved a reduction of approximately 55.7% in the distances travelled by operators.

Finally, a strategy for grouping production orders was proposed, with the objective of minimizing the time that operators spent on registering the operations opening and their closing, an activity which, although necessary, does not add value to the product. Whereas the initial method required approximately 30.5 hours per month, the proposed grouping would theoretically reduce this activity to only 6.7 hours, representing a reduction of 78%.

To sum up, the results obtained demonstrated that the integration of Lean Manufacturing practices and operations management support methods generates significant improvements in organization, efficiency and control, thereby making a relevant contribution to continuous improvement and strengthening the company's competitiveness.

Keywords: Lean Manufacturing; Visual Management; 5S Methodology; Layout Organization; ALDEP; Operations Management.

Índice Geral

Agradecimentos v
Resumo vi
Abstract vii
Índice de Figuras xi
Índice de Tabelas xiii
Lista de Abreviaturas xiv
1. Introdução 1
1.1. Enquadramento e Motivação 1
1.2. Objetivos Propostos 2
1.3. Metodologia de Investigação Aplicada 3
1.4. Organização da Dissertação 6
2. Fundamentação Teórica 7
2.1. *Lean Manufacturing* 7
2.2. Ferramentas *Lean Manufacturing* 10
2.2.1. Mapeamento da Cadeia de Valor 10
2.2.2. Metodologia 5S 11
2.2.3. Gestão Visual 12
2.2.4. *Standard Work* 13
2.2.5. Sistemas *Kanban* 14
2.2.6. Diagramas de Circulação e Movimentação 15
2.3. Organização de *Layout* 16
2.3.1. *Systematic Layout Planning* (SLP) 16
2.3.2. *Computerized Relationship Layout Planning* (CORELAP) 16
2.3.3. *Automated Layout Design Program* (ALDEP) 18
2.3.4. *Computerized Relative Allocation of Facilities Technique* (CRAFT) 19
2.3.5. *Parwise Exchange Method* (PEM) 20
3. Caracterização da Empresa 22
3.1. Evolução Histórica 22
3.2. Estrutura Organizacional 23
3.3. Missão, Princípios e Política de Qualidade 24
3.4. Categorias de Produto 25

3.5. Caracterização e Organização do Sistema Produtivo 26
4. Análise Crítica do Estado Inicial 28
4.1. Caracterização do Setor de Acabamentos 28
4.1.1. Análise do Fluxo das Operações de Acabamentos 28
4.1.2. Análise da Organização do *Layout* Inicial 33
4.2. Identificação de Problemas 35
4.2.1. Falta de Organização na Zona de Pintura 35
4.2.2. Falta de Padronização na Receção e Armazenamento Intermédio 37
4.2.3. Falta de Controlo dos Consumíveis 38
4.2.4. *Layout* Ineficiente 40
4.2.5. Elevadas Movimentações no *Layout* 41
4.2.6. Atrasos de Encomendas por Falta de Planeamento 42
5. Propostas de Melhoria e sua Implementação 45
5.1. Implementação da Metodologia 5S e Gestão Visual 46
5.1.1. Organização da Zona de Bancadas e PT de Lixamento 46
5.1.2. Organização da Zona de Pintura 48
5.1.3. Organização da Zona de Receção e Armazenamento Intermédio 50
5.2. Criação de um Armazém de Consumíveis 55
5.3. Proposta de Reorganização do *Layout* 58
5.3.1. Restrições Associadas às Infraestrutura e Equipamentos 59
5.3.2. Restrições Associadas aos Fluxos Operacionais - REL 59
5.3.3. Aplicação do ALDEP 61
5.3.4. Implementação Final do *Layout* Reorganizado 62
5.4 Estratégias para Melhorar o Planeamento das OF 67
5.5. Analise e Discussão de Resultados 69
5.5.1. Análise da Implementação da Organização e Gestão Visual 69
5.5.2. Redução das Movimentações com a Reorganização do *Layout* 72
5.5.3. Redução dos Tempos de Picagem 73
6. Principais Conclusões 75
6.1. Considerações Finais 75
6.2. Propostas de Trabalho Futura 77
Referências Bibliográficas 78

Anexo 1 – Organograma da Empresa 84
Apêndice 1 – Análise ABC dos Consumíveis 85
Apêndice 2 – Distribuição dos Consumíveis por Categorias 88
Apêndice 3 – Aplicação do ALDEP 91
Apêndice 4 – Resultados da Aplicação da 1ª Auditoria 5S 93
Apêndice 5 – Resultados da Aplicação da 2ª Auditoria 5S 98

Índice de Figuras

Figura 1 – Esquema de funcionamento de um sistema Kanban de produção. 14
Figura 2 – Localização de mercados, a nível mundial da MCT. 22
Figura 3 – Exemplos de produtos da MCT: torneira personalizadas e componente em latão. 25
Figura 4 – Esquema ilustrativo do layout geral da empresa indicando a direção dos fluxos operacionais. 27
Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo nos acabamentos (parte I). 30
Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo nos acabamentos (parte II). 32
Figura 7 – Layout inicial do setor de acabamentos. 33
Figura 10 – Bancada de mistura de apoio à cabine de pintura desorganizada. 35
Figura 11 – Espaço de trabalho na zona de pintura: a) estruturas de suporte de peças; b) estantaria com caixas sem identificação. 36
Figura 12 – Armário de consumíveis na zona de pintura. 37
Figura 13 – Zona de colocação de peças no setor de acabamentos. 37
Figura 14 – Folha de registo usada no controlo de stock de consumíveis 39
Figura 8 – Desorganização do layout do setor de acabamentos. 40
Figura 9 – Diagrama Spaghetti do setor de acabamentos. 41
Figura 15 – Comparação da situação inicial com o sistema de organização das lixas proposto. 46
Figura 16 – Comparação da situação inicial da bancada de trabalho com a organização após os 5S. 47
Figura 17 – Comparação da situação inicial do armário de pintura com a organização após os 5S. 48
Figura 18 – Comparação entre a situação inicial na bancada de mistura de tintas e o estado de organização após aplicação dos 5S. 49
Figura 19 – Reorganização da zona de receção de material. 51
Figura 20 – Comparação entre a situação inicial e final do acondicionamento das peças no setor de acabamento 52
Figura 21 – Identificação do material em curso, identificando o PT de destino. 53
Figura 22 – Representação da localização inicial do material em curso no lixamento. 53
Figura 23 – Proposta implementada de realocação do material em curso no lixamento 54
Figura 24 – Representação da localização inicial do material destinado à pintura. 54
Figura 25 – Proposta implementada de realocação do material destinado à pintura. 55

Figura 26 – Análise ABC dos consumíveis a serem alocados no novo armazém. 56
Figura 27 – Estrutura de armazenamento de lixas. 58
Figura 28 – Estante com artigos de maior rotatividade. 58
Figura 29 – Estante com artigos de menor rotatividade. 58
Figura 30 – Aplicação do ALDEP com a alocação dos PT. 62
Figura 31 – Configuração final da reorganização do *layout*. 65
Figura 32 – Diagrama de *Spaghetti* com o registo das movimentações após a reorganização do *layout*. 66
Figura 33 – Comparação dos resultados da 1ª e da 2ª Auditoria 5S. 72

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Processo de pesquisas realizadas e respetivos critérios. 4
Tabela 2 – Classificação da REL em função do grau de necessidade de proximidade dos setores da empresa. 17
Tabela 3 – Análise comparativa entre o CORELAP e o ALDEP. 19
Tabela 4 – Classificação dos tipos de acabamento e identificação da sequência dos processos envolvidos. 29
Tabela 5 – Registo dos tempos de abertura e fecho para diferentes OF. 44
Tabela 7 – Aplicação da matriz 5W1H para a identificação das propostas de melhoria. . 45
Tabela 8 – Distribuição dos consumíveis por categorias e classes. 57
Tabela 9 – Tabela REL com a classificação das adjacências entre PT. 60
Tabela 10 – Alocação dos PT de acordo com o ALDEP. 61
Tabela 11 – Análise tempos de picagens nos agrupamentos das operações. 68
Tabela 12 – Escala de avaliação da auditoria 5S. 69
Tabela 13 – Categorias de classificação do resultado da auditoria 5S. 69
Tabela 14 – Resultados da redução de movimentações com a reorganização do *layout*. . 72
Tabela 14 – Contabilização do registo de operações. 73
Tabela 16 – Comparação do tempo de registo das operações individuais e das operações agrupadas. 74

Lista de Abreviaturas

ALDEP	*Automated Layout Design Program*
CNC	Controlo Numérico Computorizado
CORELAP	*Computerized Relationship Layout Planning*
CRAFT	*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*
EPI	Equipamentos de Proteção Individual
FIFO	*First-In, First-Out*
JIT	*Just In Time*
KPI	*Key Performance Indicators*
MCT	*Metalúrgica Central da Trofa*
MP	Matéria-Prima
OEM	*Original Equipment Manufacturer*
OF	*Ordem de Fabrico*
PDCA	*Plan, Do, Check, Act*
PEM	*Parwise Exchange Method*
PT	Postos de Trabalho
REL	*RELationship matrix*
SGQ	Sistema de Gestão de Qualidade
SLP	*Systematic Layout Planning*
TPS	*Toyota Production System*
TÜV	*Technischer Überwachungsverein*
VSM	*Value Stream Maping*
WIP	*Work in Process*

1. Introdução

Este capítulo corresponde ao enquadramento da dissertação, sendo apresentados os motivos que justificaram a escolha do tema, a definição dos objetivos e a metodologia de investigação. Importa salientar que a presente dissertação foi desenvolvida em contexto industrial, na empresa MCT - Metalúrgica Central da Trofa, doravante designada como MCT.

1.1. Enquadramento e Motivação

A implementação do *Lean Manufacturing* tem um impacto direto e significativo nas empresas e na melhoria dos processos produtivos, promovendo uma maior eficiência e competitividade. Ao centrar-se na eliminação de desperdícios, isto é, tudo o que não acrescente valor ao produto do ponto de vista do cliente, o *Lean Manufacturing* permite às organizações produzir com mais qualidade, a um custo mais baixo e em menos tempo (Roriz et al., 2017). Esta filosofia ajuda as empresas a tornarem-se mais ágeis, reduzindo inventários, aumentando a produtividade por trabalhador e a adaptarem-se melhor às exigências do mercado (Banga et al., 2020; Gupta & Jain, 2013; Palange & Dhatrak, 2021).

Face à forte concorrência atual, as empresas de produção dependem de uma entrega eficiente, económica e de qualidade. No entanto, a crescente complexidade dos sistemas industriais aumenta o risco de falhas e reduz a fiabilidade das operações. A indisponibilidade de máquinas ou de ferramentas afeta os custos, prazos e a qualidade, comprometendo os objetivos de produção. Um planeamento eficaz, com as estratégias certas no momento certo, ajuda as empresas a melhorar a gestão dos recursos, aumentar a produtividade e a manter a sua competitividade num mercado global (Tayal & Kalsi, 2020).

A indústria tem vindo a desenvolver os seus sistemas de fabrico, sendo a organização do *layout* um aspeto importante para a eficiência operacional. Uma disposição eficiente dos Postos de Trabalho (PT) e dos recursos produtivos permite reduzir os congestionamentos operacionais resultantes do *Work in Process* (WIP) e custos de movimentação de materiais.

Um bom *layout* produtivo contribui para um melhor desempenho do ponto de vista dos indicadores operacionais (Drira et al., 2007). A organização de *layouts* é essencial tanto no momento inicial de definição das instalações fabris, como durante os processos de expansão ou de alteração produtiva, uma vez que influencia a capacidade de a empresa responder às prioridades competitivas e aumentar a sua rentabilidade (Elahi, 2021).

O presente trabalho está inserido no contexto da empresa MCT, uma empresa metalúrgica dedicada à transformação do latão e com crescente presença nos mercados internacionais de *Original Equipment Manufacturer* (OEM), *Craftmanship* e do *Private Label* de torneiras. Localizada na zona industrial do concelho da Trofa, a empresa iniciou a sua produção na fundição e transformação do latão, mais concretamente, na produção de acessórios de canalização *standard* e, ao longo do tempo, tornou-se num fornecedor importante para várias indústrias e setores.

O presente estudo foca-se no setor de acabamentos da empresa. Atualmente, este setor passa por uma fase de melhorias e ajustes de forma a mitigar erros e desperdícios operacionais. Estes desperdícios estão sobretudo associados à falta de organização e gestão visual dos fluxos de materiais associados aos diferentes processos de acabamento.

As peças são transportadas em caixas com a ficha de acompanhamento que é referente à Ordem de Fabrico (OF). Estas fichas são pouco visíveis quando as caixas são empilhadas, o que dificulta a gestão do processo e do controlo do fluxo operacional. Verifica-se também a falta de organização e controlo de *stock* de consumíveis, o que afeta a execução dos processos de acabamento quando ocorrem ruturas.

Neste setor, existe ainda a necessidade de organização do *layout*, a melhoria a nível da gestão visual e a implementação de procedimentos normalizados. O fluxo das peças é um outro tópico que ainda não foi estudado e impacta no *lead time* produtivo. A má organização resulta em perda de peças, uma vez que as ordens de produção são realizadas em função da prioridade encomendas urgentes. Assim, muitas Ordens de Fabrico (OF) no setor de acabamentos são interrompidas, não tendo sido efetuado o acabamento em todas as peças da respetiva OF. Deste modo, o projeto de dissertação assenta na implementação de um plano de melhorias focado nos princípios *Lean Manufacturing* no setor de acabamento da MCT.

1.2. Objetivos Propostos

O principal objetivo da dissertação é a definição de um plano de melhorias associados aos fluxos produtivos do setor dos acabamentos da MCT, aplicando os princípios e ferramentas *Lean Manufacturing*. Nesse sentido, e considerando as necessidades também identificadas pela gestão da empresa, definiram-se objetivos específicos:

- Compreender o melhor fluxo operacional a partir da caracterização e mapeamento dos diferentes processos de acabamento, aplicados a cada tipo de produto;

- Facilitar a perceção e visualização do estado de processamento das peças através da aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* no setor de acabamentos, assentes na metodologia 5S, ferramentas de gestão visual e *Standard Work*;
- Criação de estantes de consumíveis com localizações dos artigos, procedimentos de entrada e saída de material assim como um controlo da organização estabelecida;
- Melhorar o fluxo das peças e definir espaços associados aos PT a partir da reorganização do *layout*;
- Melhorar a gestão dos processos de acabamento através da identificação de estratégias.

Atualmente não existe planeamento da produção, apenas é seguido o plano das urgências. Esta prioridade que é dada não avalia as encomendas seguintes para as agrupar e não estar a produzir poucas peças apenas para escoar as peças em atraso. Pretende-se assim minimizar atrasos das encomendas, melhorando e capacidade produtiva.

1.3. Metodologia de Investigação Aplicada

Para a elaboração deste estudo, a primeira etapa focou-se na pesquisa bibliográfica através usando plataformas como o *Scopus* e o *Google Scholar*. Inicialmente, filtraram-se documentos que incluíssem, quer no título, resumo ou ainda nas palavras-chave os termos de pesquisa "*Lean Manufacturing*" e "*Metalwork*". Como o resultado desta pesquisa, foram obtidos apenas 2 documentos. Nesse sentido, foi realizada uma segunda pesquisa apenas com o termo "*Lean Manufacturing*". A plataforma retornou como resultado da pesquisa, um total de 6 566 documentos.

Considerando o elevado número de artigos, procedeu-se com ações de refinamento da pesquisa, através da consideração de critérios de inclusão e exclusão de forma a obter um conjunto de resultados sobre o tema mais restritos e que possibilitem uma análise mais detalhada de cada artigo selecionado. Na Tabela 1 estão representadas as pesquisas realizadas.

Como critérios de inclusão foram considerados apenas os artigos na área de Engenharia, considerando o enquadramento da área em questão, e apenas artigos redigidos em língua Portuguesa ou língua Inglesa, possibilitando assim a análise de conteúdo dos documentos. Por outro lado, foram excluídas algumas tipologias de documentos, por exemplo notas, erratas, editoriais.

Uma vez que o número de artigos devolvido ainda correspondia a 2 184 documentos, considerou-se uma última pesquisa, mantendo os mesmos critérios de inclusão e de exclusão, selecionado apenas a plataforma *Scopus* e o termo de pesquisa "*Layouts*" no título, palavras-chave e resumo. Desta iteração, resultaram um total de 66 artigos para análise. Assim, a fundamentação para o desenvolvimento desta dissertação baseou-se na pesquisa P5, apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Processo de pesquisas realizadas e respetivos critérios.

Pesquisa	**P1**	**P2**	**P3**	**P 4**	**P5**
Termos de Pesquisa	"*Lean Manufacturing* " AND "*Metalwork*"	"*Lean Manufacturing* "	"*Lean Manufacturing* "	"*Lean Manufacturing* "	"*Lean Manufacturing* " AND "*Layouts*"
Campo de Pesquisa	Título, Resumo, Palavras-chave	Título, Resumo, Palavras-chave	Título, Resumo, Palavras-chave	Título, Resumo, Palavras-chave	Título, Resumo, Palavras-chave
Critério 1	-	-	Apenas Artigos na área de Engenharia	Apenas Artigos na área de Engenharia	Apenas Artigos na área de Engenharia
Critério 2	-	-	-	Excluir notas, erratas, editoriais	Excluir notas, erratas, editoriais
Critério 3	-	-	-	-	Apenas artigos em português, inglês
Resultados	2	6 566	4 367	2 184	66

Finda a pesquisa bibliográfica e a análise dos conceitos teóricos e ferramentas de apoio ao desenvolvimento desta dissertação, foi elaborado um plano para a componente prática.

Nesse sentido, optou-se pela metodologia de Investigação-Ação (*Action Research* da terminologia em inglês). Esta metodologia tem por finalidade a análise de problemas (investigação) e consequente produção de conhecimento através de práticas de implementação (ação) (Costa et al., 2014).

Esta metodologia é conhecida pela expressão "aprender fazendo", ou seja, o investigador envolve os colaboradores, identifica os problemas, realiza um trabalho durante um tempo planeado para o resolver e, no fim, identifica quão eficaz foram os seus esforços numa perspetiva de melhoria contínua (Realyvásquez-Vargas et al., 2018).

Esta metodologia envolve um ciclo iterativo, o qual compreende: o diagnóstico, o planeamento, a implementação de ações, a discussão e avaliação dos resultados, e a especificação da aprendizagem, identificando-se os problemas que foram ou não resolvidos (Saunders et al., 2023). Em mais detalhe, e no contexto da presente dissertação, o ciclo metodológico dividiu-se nas seguintes etapas:

- **Diagnóstico**

  Nesta fase, fez-se um levantamento de informação do estado inicial do setor dos acabamentos, incluindo a análise dos fluxos de materiais e fluxos de informações internos e externos a este setor de trabalho. Para fazer essa recolha foi necessário identificar as operações, em termos de duração, sequência e eficiência. Com base no *Gemba Walk* e na observação direta do trabalho, os principais problemas e oportunidades de melhoria foram identificados.

- **Planeamento**

  Depois de efetuado o diagnóstico e identificados os problemas existentes, seguiu-se o planeamento das ações. Nesta fase pretendeu-se definir um plano de ações de forma a atingir os objetivos de melhoria. Este plano passou pela definição das ações de melhoria de organização e gestão do espaço através da aplicação da metodologia 5S, da aplicação de mecanismos de melhoria de gestão visual na gestão dos componentes que sofrem acabamento, bem como na organização dos PT e na criação de elementos de armazenagem de consumíveis.

- **Implementação de ações**

  Nesta fase, procurou-se implementar as ações definidas no planeamento, atuando diretamente nos problemas identificados, sempre numa ótica de simplificar processos e eliminar desperdícios.

- **Discussão e avaliação dos resultados**

  Após a identificação dos problemas e a implementação das propostas de melhoria, o principal desafio consistiu na quantificação, análise e discussão dos resultados. Nesta etapa procurou-se confrontar o estado inicial e final para perceber o que efetivamente

foi melhorado. Sempre que possível foram apresentados resultados quantitativos, medições ou avaliações de desempenho das melhorias.

- **Especificação das aprendizagens**

  Por último, recolhem-se as lições aprendidas as quais devem ser documentadas. As lições aprendidas correspondem ao conhecimento necessário para reiniciar um novo ciclo de investigação-ação, propiciando, neste caso, a melhoria contínua no setor de acabamentos da empresa.

1.4. Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada em 6 capítulos. O primeiro capítulo corresponde à introdução, onde é apresentada a motivação, objetivos e metodologia de investigação. O segundo capítulo corresponde ao enquadramento teórico de suporte ao desenvolvimento da dissertação. O terceiro capítulo efetua a caracterização da empresa, identificando a sua história, missão e valores, tipologias de produtos e organização do sistema produtivo. O quarto capítulo foca-se na análise das operações que são realizadas no setor de acabamentos da empresa, identificando os principais problemas. No quinto capítulo apresentam-se as propostas de melhoria e os resultados da sua implementação. Por último, no sexto capítulo, são apresentadas as principais conclusões e propostas de trabalho futuro.

2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo é apresentada a base teórica de apoio ao desenvolvimento da dissertação. Abordam-se conceitos relacionados com o *Lean Manufacturing*, os seus princípios e as suas ferramentas. Além disso, analisam-se algumas metodologias de construção e melhoria de *layouts* nas empresas.

2.1. *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* é uma prática de produção que considera o uso de recursos apenas com a finalidade de criação de valor e eliminação de desperdício. Este conceito não é novo, tendo surgido no desenvolvimento de linhas de produção no setor de automóvel, onde o foco era maximizar a produtividade e minimizar os desperdícios através de um fluxo contínuo de produção (Amaro et al., 2021; Guzel & Asiabi, 2022).

No conhecido livro do *Lean Thinking*, escrito por Womack & Jones (2003), é apresentada uma palavra japonesa importante, *Muda*, a qual significa desperdício e refere-se a qualquer atividade que consome recursos sem gerar valor. Estas são apresentadas em 7 tipos diferentes:

- Os defeitos que obrigam o retrabalho;
- A superprodução que gera *stock* excessivo;
- O sobreprocessamento que não acrescenta valor ao produto pela implementação de recursos adicionais;
- A movimentação desnecessária de pessoas;
- O transporte evitável de materiais e produtos;
- Tempos de espera devido à conclusão de uma etapa anterior;
- Uma produção que não corresponde às necessidades do cliente.

Atualmente, o conhecimento tem sido reconhecido como um dos recursos mais valiosos para as organizações (Harish & Selvam, 2015). Gerir esse conhecimento permite impulsionar a inovação, a qualidade e a vantagem competitiva. Os colaboradores com experiência e visão global da organização detêm o conhecimento mais crítico devido ao "*know-how*", "*know-where*" e "*know-why*" que desenvolveram ao longo do tempo. Neste contexto, surge o oitavo desperdício: o conhecimento, que se refere a qualquer falha na forma como o conhecimento é criado, partilhado ou utilizado (Klein et al., 2023).

Deste modo, o desperdício está presente em todas as organizações e, ao identificá-lo, é possível perceber que este é muito frequente no chão-de-fabrica. Uma das soluções para este problema é a aplicação dos princípios do *Lean Manufacturing.* Esta abordagem é definida pela criação de valor acrescentado, através da organização e sequenciamento padronizado dos processos, eliminando interrupções e proporcionando melhoria contínua a eficiência operacional (Belekoukias et al., 2014; Kurdve & Bellgran, 2021). O objetivo é fazer mais com menos: menos esforço humano, menos equipamento, menos tempo e menos espaço, ao mesmo tempo em que se atende melhor às espectativas dos clientes.

Este sistema resultou de várias melhorias aos processos *standard* existentes. Taiichi Ohno, Shigeo Shingo e Toyoda criaram no Japão o *Toyota Production System* (TPS), associado ao conceito de produção *Just In Time* (JIT).

O TPS é uma filosofia de produção que tem como objetivo fundamental maximizar a eficiência, minimizar os desperdícios e assegurar elevados padrões de qualidade. Fundamenta-se em dois pilares principais: o JIT, que garante que os produtos sejam fabricados apenas conforme a necessidade, e o *Jidoka*, que enfatiza a interrupção imediata da produção caso ocorram problemas produtivos, a fim de evitar defeitos. O TPS promove assim a melhoria contínua (*Kaizen*), a produção nivelada (*Heijunka*), o trabalho padronizado e a gestão visual, além de aplicar a metodologia 5S para manter ambientes de trabalho organizados e eficientes (Halim et al., 2015). Um dos elementos centrais do TPS é a eliminação de desperdícios e a valorização dos trabalhadores. Estes elementos elevam a qualidade dos produtos e estabelecem um ambiente de produção flexível (Chiarini et al., 2018).

Mais tarde, com o aparecimento da Gestão de Qualidade, surgiu o famoso "*Deming Cycle*" o qual representa um ciclo de quatro etapas baseadas no *Plan, Do, Check* e *Act* (PDCA). Este procedimento passa por um planeamento inicial, uma atuação e posteriormente uma verificação e reação (Alcaraz & Macías, 2016; Malega et al., 2021).

Desenvolvido pelo Taiichi Ohno, *Kaizen* consiste na junção de duas palavras: "mudança" e "correto". O significado passa pela melhoria contínua de qualquer processo ou situação. O *Kaizen* pode ser usado em qualquer função de qualquer negócio. Enquanto algumas das ferramentas de melhoria implicam algum investimento para serem implementadas, o *Kaizen* é o simples processo de implementação de ideias de forma a melhorar o estado atual, procedimento ou técnica em questão (McLoughlin & Miura, 2017; Pinto et al., 2018).

Uma implementação *Lean Manufacturing* bem-sucedida exige a participação ativa de todos os membros da organização, num processo estruturado de aprendizagem baseado no método "*learn by doing*". Este sistema incute valores importantes quando os colaboradores aplicam a cultura *Lean Manufacturing*. Esta baseia-se em 5 principais princípios (Ruano et al., 2019):

- Identificar o que é valorizado pelo cliente e ajustar os processos para responder às necessidades;
- Mapear o fluxo de valor, identificando as atividades essenciais e eliminando as desnecessárias;
- Manter o fluxo contínuo de valor para evitar desperdícios relacionados ao *stock*;
- Ajustar a produção à procura utilizando o sistema "*pull*";
- Procurar a perfeição por meio de revisões contínuas para eliminar desperdícios e melhorar os processos.

Para o sucesso da implementação do *Lean Manufacturing* é necessário mapear a cadeia de valor através da identificação dos fluxos de materiais e de informação, o que permite um melhor planeamento e controlo da produção. Mapear a cadeia de valor fornece uma representação clara e visual de todas as etapas envolvidas na entrega de um produto ou serviço, destacando tanto as atividades que agregam valor quanto as que não agregam.

Esse processo permite que as organizações identifiquem e eliminem desperdícios, otimizem os fluxos de trabalho e melhorem a eficiência global. Ao demonstrar como os materiais e as informações se movem pelo sistema, as ineficiências como atrasos, excesso de inventário ou movimentações desnecessárias que, de outra forma, poderiam passar despercebidas.

O estudo dos fluxos de produção na indústria, é muito importante para a organização do *layout* operacional. Estes, podem ser organizados de diferentes formas: em linhas de montagem, por células de produção, produção em lote, dependendo do tipo de produto e volume de produção. Uma boa gestão dos fluxos produtivos ajuda na redução dos tempos de espera, níveis de WIP, custos operacionais, garantindo uma gestão de operações eficaz (Wiendahl et al., 2015).

Por fim, a melhoria do planeamento dos transportes é essencial para aumentar a eficiência logística, reduzir custos e otimizar os tempos de entrega (Wronka, 2017). Para isso é importante identificar os movimentos e processos envolvidos no transporte, avaliar a frequência de movimentações, volumes transportados e distâncias percorridas.

Neste sentido, as empresas procuram a integração de sistemas de gestão de armazéns com a produção e o transporte pode automatizar e melhorar a troca de informações, a programação de transportes, além de garantir que os produtos acabados estejam corretamente identificados e armazenados ao longo de todos estes elementos do processo de abastecimento (González-Reséndiz et al., 2018). Neste contexto podem ser aplicados os princípios *Lean Thinking* à Logística (*Lean Logistics*).

Para aplicar estes princípios existem várias ferramentas que servem como um meio para obter bons resultados na produtividade e desempenho geral.

2.2. Ferramentas *Lean Manufacturing*

Neste capítulo são apresentadas algumas das principais ferramentas do *Lean Manufacturing* e que se relacionam com o desenvolvimento prático da presente dissertação, nomeadamente, as ferramentas de gestão visual e de normalização do trabalho.

2.2.1. Mapeamento da Cadeia de Valor

O mapeamento da cadeia de valor permite a visualização sistemática e detalhada de todas as etapas envolvidas num processo produtivo. Neste processo representa-se o fluxo de materiais e informações, desde os fornecedores até o cliente final, passando por todos os setores da organização. O mapa da cadeia de valor evidencia todas as atividades essenciais à geração de valor, possibilitando a identificação de gargalos e oportunidades de melhoria contínua. Uma das ferramentas mais comuns para representar o mapeamento da cadeia de valor é o *Value Stream Mapping* (VSM), útil para identificar desperdícios na produção e auxiliar na definição de um plano de ações de melhoria. O objetivo principal é eliminar ou minimizar atividades que não acrescentam valor ao produto. O VSM permite identificar os processos produtivos e atividades, o WIP, tempos de valor acrescentado e tempos de *setup* (Dinis-Carvalho et al., 2019).

Segundo Belokar et al. (2012), o VSM mostrou-se uma ferramenta extremamente útil para eliminar desperdícios e promover uma cultura de melhoria contínua. Este foi aplicado no setor da indústria automóvel a partir da elaboração do mapa do estado atual, que foi analisado para entender as áreas de desperdício. A partir dessa análise, o mapa foi redesenhado conforme as sugestões de melhoria no processo operacional. Esta implementação resultou numa melhoria do *lead time*, aumentado a eficiência da produção.

Também constatado por Singh et al. (2018), o VSM é uma ferramenta essencial para as empresas, facilitando a identificação de oportunidades de melhoria que impactam diretamente na produção e no sistema de produção das empresas. Este estudo foi aplicado em pequenas empresas, com o objetivo de melhorar a produtividade e reduzir desperdícios. Com a ajuda do *software E-draw* foram construídos os mapas do estado atual e futuro da cadeia de valor. Após a implementação nas pequenas empresas selecionadas no estudo, revelou-se que a evolução da produção foi superior a 30%. Além disso, foi observado uma redução da distância percorrida pelos materiais superior a 40%.

O mapeamento da cadeia de valor pode ser analisado no estado "*As It Is*", permitindo um entendimento da situação atual; e no estado "*To Be*" dando evidência do impacto que as melhorias podem trazer para entregar mais valor ao cliente. Além disso, o mapeamento da cadeia de valor serve como uma ferramenta fundamental para a melhoria contínua, ajudando as empresas a definir prioridades, acompanhar o progresso e tomar decisões baseadas em dados (Narke & Jayadeva, 2020; Teriete et al., 2024).

2.2.2. Metodologia 5S

Uma das metodologias primárias de implementação do *Lean Manufacturing* são os 5S. A metodologia 5S é uma ferramenta aplicada na organização do ambiente de trabalho, projetada para criar e manter um ambiente limpo e eficiente e. Originária do Japão, o termo "5S" representa cinco palavras japonesas que começam com a letra "S". Cada uma dessas etapas contribui para melhorar a produtividade, a qualidade e a segurança, através da redução de desperdícios e da promoção da padronização (Kakkar et al., 2015; Rahman et al., 2010; Singh & Ahuja, 2015):

- ***Seiri*** (Classificação): Eliminar materiais desnecessários (físicos e digitais).
- ***Seiton*** (Ordenação): Organizar arquivos e ferramentas (físicas e digitais) de forma acessível.
- ***Seiso*** (Limpeza): Manter um ambiente de trabalho limpo e arrumado.
- ***Seiketsu*** (Padronização): Padronizar processos e organização de documentos.
- ***Shitsuke*** (Disciplina): Garantir a manutenção das práticas através de auditorias.

Destaca-se ainda um sexto senso complementar, a segurança. Este refere-se à segurança ocupacional, assegurando a implementação de medidas e procedimentos técnicos e organizacionais adequados, com o objetivo de preservar a saúde e a integridade física dos colaboradores no ambiente laboral (Kakkar et al., 2015).

Esta prática é fundamental para o bom funcionamento de uma empresa e garante boas condições de trabalho, uma maior segurança e prevê uma maior produtividade (McLoughlin & Miura, 2017).

Um exemplo prático desta ferramenta, é apresentado por Sangani & Kottur (2019), destacando o impacto da metodologia 5S na organização do ambiente de trabalho e no aumento de produtividade. A aplicação começou por uma análise de tempos e movimentos para identificar gargalos na linha de montagem e foi encontrada a razão para os atrasos existentes: falta de acessibilidade de materiais essenciais. Como solução, foi sugerida uma proposta de implementação de gestão visual combinada com um comboio logístico para garantir que os materiais estivessem sempre disponíveis. Também foi criado um sistema de carrinhos em diferentes PT, contendo todas as ferramentas e componentes necessários, reduzindo os tempos não produtivos e minimizando o esforço dos colaboradores.

2.2.3. Gestão Visual

Em qualquer local onde existam pessoas a trabalhar, material a ser movimentado e armazenado e processos a serem utilizados, identificam-se oportunidades para criar mudanças positivas através da gestão visual.

A gestão visual é uma prática fundamental do *Lean Manufacturing*, envolvendo o uso estratégico de ferramentas visuais – como sinalizações, indicadores com códigos de cores, quadros de desempenho e instruções de trabalho padronizado – para tornar processos, fluxos de trabalho e métricas de desempenho imediatamente visíveis e facilmente compreensíveis para todos os colaboradores (Tezel et al., 2016).

O principal objetivo é fomentar a transparência operacional, reduzir ambiguidades e apoiar a tomada de decisão, garantindo que o estado atual de um processo possa ser rapidamente avaliado. A gestão visual está também enraizada nos princípios do TPS, reforçando a padronização, a eliminação de desperdícios e melhoria contínua.

Ao exibir claramente desvios em relação aos padrões e destacar *Key Performance Indicators* (KPI) que ajudam a identificar e solucionar rapidamente os problemas. As práticas e meios de gestão visual também contribuem para reduzir a sobrecarga cognitiva dos colaboradores ao eliminar a necessidade de procura de informações e apoia a comunicação em tempo real entre diferentes níveis da organização.

A gestão visual é altamente adaptável e tem sido implementado com sucesso em diversos setores, incluindo manufatura, saúde, logística e ambientes administrativos, para melhorar a estabilidade dos processos, a capacidade de resposta e o desempenho organizacional como um todo (Gualtieri et al., 2024; Kurdve et al., 2019; Sá et al., 2021).

A implementação eficaz de um sistema de controlo visual ajuda a guiar o que as pessoas envolvidas têm de analisar, compreender e agir de forma oportuna. Esta forma de comunicação serve para apresentar informações importantes sobre o processo, produto de forma a conseguir passar a mensagem no momento certo, no lugar certo e para os funcionários adequados, em toda a fábrica (Torghabehi et al., 2016; Tezel et al., 2016).

2.2.4. *Standard Work*

Uma cultura de melhoria contínua necessita como bases a padronização do trabalho, dos processos e das operações. Apenas se consegue iniciar o processo criativo de uma melhoria quando o mesmo se estabiliza, sem haver diferenças notáveis. A partir do momento em que o trabalho está padronizado, os operadores limitam-se a seguir o procedimento de forma consistente e sempre que surge qualquer problema é facilmente identificado (Pereira et al., 2016).

A ferramenta em questão foi mencionada numa conferência por Oliveira et al. (2017). Foi criada por *Taiichi Ohno* nos anos 50 e consiste na formalização de regras e procedimentos operacionais para garantir a execução consistente das atividades de produção. Embora os processos sejam definidos com rigor, as equipas devem ter autonomia para estabelecer regras que facilitem o seu trabalho. O principal objetivo deste método é eliminar variações e inconsistências nos resultados, assegurando que todas as tarefas são realizadas seguindo um procedimento, sem espaço para melhorias.

Como destacado por Bragança & Costa (2015), esta ferramenta foi aplicada numa unidade de produção de uma empresa de elevadores através da documentação de processos, componentes e ferramentas, pela criação de procedimentos padronizados e instruções de trabalho claras. Os resultados confirmaram que esta aplicação é uma solução eficiente e de baixo custo para otimizar operações industriais, reduzir desperdícios, minimizar erros de fabricação e aumentar a produtividade da linha de produção.

2.2.5. Sistemas *Kanban*

O sistema *Kanban* foi introduzido pela *Toyota* nos finais de 1950 e representa uma política de controlo de produção e inventário do tipo "*pull*", esta trabalha de forma a gerir a produção em função da procura real, descartando previsões (Sugimori et al., 1977).

O termo japonês significa "cartão" e assenta num sistema de controlo do fluxo de materiais, pessoas e informações no ambiente de produção. Acima de tudo, trata-se de um sistema simples e visual que segue o princípio de que nenhum processo pode produzir sem autorização.

O sistema *Kanban* pode assumir diversas formas, como cartões, recipientes, carrinhos de transporte ou sinais eletrônicos. Esses elementos visuais informam o que produzir, em que quantidade, quando, onde e para qual destino. Podem também incluir detalhes adicionais, como fotos, códigos de barras ou cores para diferenciação (Pinto, 2014). A Figura 1 ilustra o funcionamento de um sistema *Kanban* de produção que começa a partir de uma ordem de produção. Este, necessita de um cartão *kanban* que, na existência de stock, corresponde a um cartão com uma ordem de *picking* para seguir para montagem. No caso de falta de stock, serve como uma ordem de fabrico que irá servir a encomenda e reabastecer o stock no armazém.

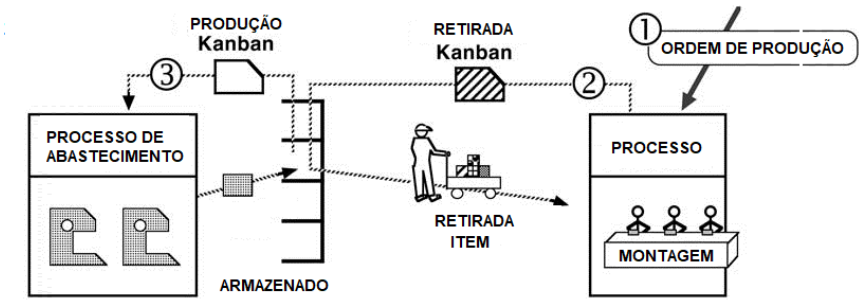


Figura 1 – Esquema de funcionamento de um sistema *Kanban* de produção.

O estudo de caso apresentado por Rahman et al. (2013), incide sobre a aplicação de um sistema *Kanban* numa empresa multinacional, fomentando a identificação de fatores que estão a impedir ou dificultar a implementação desta ferramenta *Lean* nas pequenas e médias empresas na Malásia. O estudo demonstra que, a adoção específica desta ferramenta permite um melhor controlo de produção, evitando *stock* excessivo e torna os PT mais flexíveis. O estudo incluiu entrevistas com três gestores de empresas no setor automóvel e foram esclarecidas as principais dificuldades para implementar os cartões *Kanban*: falhas na gestão de *stock*, baixa colaboração dos fornecedores e ausências de controlo de qualidade.

Assim, para uma aplicação eficaz desta ferramenta, as empresas devem desenvolver procedimentos operacionais padronizados, de forma a otimizar os processos produtivos.

2.2.6. Diagramas de Circulação e Movimentação

O estudo das movimentações dos operadores no chão-de-fábrica assume um papel fundamental na avaliação da eficiência operacional e na análise de ambientes de trabalho sob o ponto de vista produtivo e ergonómico. A análise detalhada dos deslocamentos e interações dos trabalhadores com os equipamentos e o espaço envolvente aos respetivos PT, permite identificar desperdícios de tempo e esforço na realização dos processos produtivos (Cardoso et al., 2025).

A minimização de deslocações desnecessárias ou evitáveis revela-se essencial para reduzir tempos improdutivos, melhorar o fluxo de trabalho e garantir maior fluidez nas operações. Para além disso, a compreensão dos fluxos de movimento facilita a reorganização dos PT, reduzindo o risco de fadiga, aumentando a segurança e promovendo um aumento sustentado da produtividade e da qualidade dos produtos finais.

Existem diferentes tipos de diagramas. O "Diagrama de Fluxo de Processo" descreve sequencialmente as etapas operacionais, utilizando simbologia padronizada para mapear a transformação de insumos em produtos.

O "Diagrama de Percurso", por sua vez, regista o trajeto físico percorrido pelos colaboradores, materiais ou equipamentos, permitindo a identificação de deslocamentos ineficientes (J.P. Pinto, 2019). Analogamente, o "Diagrama de *Spaghetti"* representa esses movimentos de forma contínua sobre a planta baixa, evidenciando trajetórias sobrepostas ou excessivamente complexas. Para tal necessita de uma representação espacial do arranjo físico, servindo como base para a análise dos fluxos. Tanto é utilizado para documentar uma situação inicial como uma situação melhorada, comparando o impacto das propostas de melhorias (Raikar et al., 2015).

O "Diagrama de Carga e Fluxo" associa os trajetos à intensidade de utilização, permitindo a priorização de intervenções com base na frequência ou volume dos movimentos. Em conjunto, esses instrumentos oferecem suporte técnico-científico à tomada de decisões voltadas à eficiência operacional, ergonomia e segurança no ambiente de trabalho (J.P. Pinto, 2019). Uma das ferramentas mais utilizadas no contexto da presente dissertação é o Diagrama de *Spaghetti*. Através do traçado das deslocações no *layout* da fábrica, este diagrama permite identificar rotas redundantes e movimentos excessivos (Daneshjo et al., 2021; Senderská et al., 2017).

2.3. Organização de *Layout*

O desenvolvimento e estudo do *layout* fabril envolve a análise da disposição física de tudo o que compõe um sistema produtivo para cumprir os objetivos estratégicos da organização. O planeamento do *layout* é efetuado a pensar na otimização e bom aproveitamento do espaço, mas assegurando um certo grau de flexibilidade no caso de reorganizações necessárias (Pérez-Gosende et al., 2021).

Por outro lado, a má disposição da área fabril pode dar origem a gargalos produtivos fazendo com que os PT fiquem sobrecarregados. Isto afeta o bem-estar dos colaboradores, podendo aumentar o número de acidentes de trabalho e dificultar o controlo das operações. A elevada distância entre os PT faz com que o transporte seja menos eficiente, ou seja, aumenta o tempo de produção e diminui os níveis de produtividade (Pérez-Gosende et al., 2021).

2.3.1. *Systematic Layout Planning* (SLP)

O SLP é uma metodologia estruturada e muito utilizada no planeamento de *layout*s industriais. Baseia-se num conjunto de etapas que combinam fatores quantitativos e qualitativos, permitindo uma análise completa das necessidades de uma instalação, com o objetivo de melhorar o fluxo de materiais, a eficiência operacional e a integração entre departamentos (Wiyaratn et al., 2013; Zhou et al., 2011).

Esta ferramenta foi aplicada por Naqvi et al. (2016) numa instalação fabril que produzia equipamentos personalizados. O processo incluiu a análise do estado atual, a recolha de dados, a avaliação de alternativas e a escolha da alternativa de *layout* mais adequada. Houve uma melhoria na produtividade global da fábrica, uma redução das distâncias entre os setores e uma melhor integração dos departamentos de produção.

2.3.2. *Computerized Relationship Layout Planning* (CORELAP)

O método CORELAP é uma heurística utilizada para construir *layouts* eficientes, com foco nas relações de proximidade entre departamentos ou centros de trabalho. É especialmente útil em situações onde os fatores qualitativos, como comunicação, manuseio de materiais ou supervisão, são importantes.

No CORELAP, o processo começa com uma *RELationship matrix* (REL), que atribui pontuações à importância de posicionar certos departamentos próximos uns dos outros.

A REL é uma matriz de relacionamentos entre departamentos, setores ou áreas de uma empresa. Nela, cada interseção indica o grau de relacionamento entre dois departamentos, com base na frequência, importância ou intensidade de troca de informações, materiais ou pessoas. As etapas para a elaboração da REL no CORELAP são:

1. Identificação dos departamentos através da sua listagem, identificando as áreas que fazem parte do *layout*.

2. Determinação dos relacionamentos entre os departamentos, determinando o grau de relacionamento necessário. Isso é feito com base em fatores como:

- Volume de fluxo de materiais;
- Frequência de comunicação;
- Troca de informações;
- Dependência funcional;
- Necessidade de supervisão partilhada;
- Atribuição de códigos de relacionamento e respetivas classificações.

Os relacionamentos são qualificados usando uma escala qualitativa padronizada, geralmente conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação da REL em função do grau de necessidade de proximidade dos setores da empresa.

Código	Grau de necessidade de proximidade	Significado	Pontuação
A	Absolutamente necessário	Altíssima prioridade	64 pontos
E	Especialmente importante	Muito importante	16 pontos
I	Importante	Importante, mas flexível	4 pontos
O	Ordinário	Pode estar próximo ou não	1 pontos
U	Indesejável	Melhor manter separado	0 pontos
X	Não aplicável	Sem relacionamento	- 1 024 pontos

O departamento com a maior pontuação total de proximidade é colocado primeiro. Os departamentos seguintes são inseridos um a um, com base na sua pontuação total ponderada de proximidade em relação aos que já foram posicionados. Cada novo departamento é posicionado de forma a maximizar a pontuação total de relacionamento com os departamentos adjacentes, considerando tanto a proximidade física, quanto o grau de importância da proximidade.

O resultado é um *layout* que procura agrupar departamentos com forte relação funcional, melhorando o fluxo de materiais, reduzindo os custos de movimentação e aumentando a eficiência da comunicação.

2.3.3. *Automated Layout Design Program* (ALDEP)

Um dos métodos mais conhecidos para projetar o *layout* é a utilização do programa ALDEP. Este faz parte de uma série de algoritmos de construção inseridos no planeamento de *layouts* mais eficientes (Suhardini & Rahmawati, 2019).

O ALDEP é utilizado para o planeamento de *layouts* funcionais, onde diferentes departamentos realizam tipos variados de operações. O objetivo principal do ALDEP é minimizar os custos de movimentação de materiais, reduzindo a distância total percorrida entre os departamentos. O algoritmo funciona gerando diversas alternativas com base em:

- O fluxo de materiais entre os departamentos (quantidade transportada);
- Dimensão física de cada departamento;
- E restrições de *layout* predefinidas (como posições fixas ou limitações de forma).

Diferente de métodos determinísticos, o ALDEP utiliza sequências aleatórias para construir diferentes configurações de *layout*. Para cada configuração, é calculada uma pontuação (geralmente em função do número de fluxos de movimentação, custos de deslocação e da distância) e o *layout* com melhor desempenho (ou menor custo) é selecionado. Este método é ideal para ambientes industriais complexos com procura variável ou restrições físicas específicas. A sua principal vantagem é o uso de dados quantitativos do fluxo de materiais como entrada na alocação dos diferentes elementos do *layout*.

Tanto o CORELAP quanto o ALDEP são métodos heurísticos usados para planeamento de *layout* de instalações, especialmente em ambientes onde a produção é intermitente ou funcional (como oficinas). No entanto, eles têm diferenças fundamentais na abordagem e no foco, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise comparativa entre o CORELAP e o ALDEP.

	CORELAP	ALDEP
Foco principal	Relacionamentos qualitativos entre departamentos (baseado na tabela REL).	Minimização de movimentos ou distância de fluxo entre departamentos.
Dados de entrada	Matriz de relacionamentos qualitativos (REL) com pesos atribuídos.	Tabela de fluxos (quantidade de movimento entre departamentos) e dados físicos.
Critério de decisão	Pontuação da REL importância de proximidade entre departamentos.	Minimização da distância total ponderada de movimentação.
Estratégia de construção	Coloca o primeiro departamento com base na maior soma de relacionamentos, e adiciona os outros de acordo com a melhor posição relativa aos já colocados.	Gera várias alternativas de *layout* com base em sequências aleatórias e escolhe a melhor conforme um critério de avaliação.
Sequência	Determinística: segue uma ordem baseada nas pontuações de relacionamento.	Utiliza aleatoriedade para gerar diferentes configurações.
Tipo de algoritmo	Heurístico baseado em relacionamento (qualitativo).	Heurístico baseado em fluxo (quantitativo), com alguma aleatoriedade.
Objetivo	Maximizar a proximidade entre áreas com forte interdependência.	Minimizar o custo total de movimentação entre áreas.

2.3.4. *Computerized Relative Allocation of Facilities Technique* (CRAFT)

O método CRAFT é um algoritmo utilizado para melhorar *layouts* existentes de instalações, reduzindo o custo total de movimentação de materiais. O foco principal é rearranjar departamentos ou centros de trabalho para minimizar a distância e o custo de movimentação entre eles.

Ao contrário de métodos que criam um *layout* do zero (como o CORELAP ou ALDEP), o CRAFT é um método de melhoria. Ou seja, o método começa com um *layout* inicial e realiza ajustes iterativos para aprimorar a eficiência.

O processo é feito avaliando todas as possíveis trocas de departamentos e calculando o impacto de cada troca no custo total de movimentação de materiais (normalmente calculado como carga × distância).

Assim o método CRAFT utiliza uma matriz de fluxos (quantificando o fluxo entre departamentos) e uma matriz de distâncias, realizando trocas iterativas entre pares de departamentos para reduzir o custo total de movimentação, de forma iterativa até que não haja mais melhorias possíveis (ou seja, atinge um ótimo local). Este método é eficaz em ajustar *layouts* após o planeamento inicial por outros métodos como ALDEP ou CORELAP.

Ao aplicar este método, as organizações podem melhorar o fluxo de trabalho, reduzir congestionamentos de movimentações e diminuir os custos com transporte interno, sem a necessidade de redesenhar completamente o *layout*.

Os métodos de construção e melhoria de *layouts* podem ser combinados. No estudo apresentado por Deshpande et al. (2016), analisaram a otimização do *layout* industrial para melhorar a eficiência do processo produtivo, reduzir custos e maximizar o aproveitamento do espaço. Foram comparadas duas metodologias: CRAFT e ALDEP. O CRAFT apresentou uma redução mínima de 10% nos custos de movimentação de materiais, enquanto o ALDEP obteve uma poupança significativa de 23%. Além da redução de custos, o novo *layout* proporcionou aumento da produtividade, menor custo dos produtos e menor esforço dos trabalhadores.

Na literatura encontram-se algumas publicações onde é destacada a importância de adotar a metodologia ALDEP desde o início do planeamento das instalações, garantindo maior eficiência, melhor fluxo de produção e maiores ganhos financeiros a longo prazo, conjugada com as melhorias proporcionadas pelo CRAFT (Costa et al., 2023; Deshpande, Patil, Baviskar, & Ganghi, 2016; Sadar et al., 2023).

2.3.5. *Parwise Exchange Method* (PEM)

O método *Parwise Exchange Method* (PEM) aplicado a *layouts* — especialmente em contextos como problemas de *layout* de instalações industriais — aplica uma heurística de otimização utilizada para melhorar iterativamente a disposição física (*layout*) com o objetivo de minimizar funções de custo (Kovács, 2020).

O PEM é uma heurística de procura local que otimiza um *layout* por meio da troca repetida de pares de elementos (por exemplo, setores, PT, departamentos) e da avaliação se a troca resulta num custo total menor.

Se o custo for reduzido (ou, em algumas variantes, não for agravado), a troca é aceite; caso contrário, pode ser rejeitada. Esse método é comummente utilizado no projeto físico de:

- Posicionamento de células de produção;
- Problemas de *layout* na investigação operacional;
- Desenho e visualização de redes de grafos.

Trata-se de uma heurística simples e intuitiva, eficaz no refinamento de *layouts* e que não exige informações de gradiente, sendo útil em problemas discretos. Sendo $L = \{l1, l2, \ldots, ln\}$, o *layout* constituído por n elementos e $C(L)$ a função de custos associada, o método segue os seguintes passos:

1. Seleciona dois elementos (li, lj);
2. Troca as suas posições e gera um novo *layout* (L');
3. Avalia os custos de $C(L')$ e, se $C(L') < C(L)$, aceita a troca, caso contrário rejeita essa troca e vai continuando a fazer as permutas dos elementos dos *layouts*, dois a dois.

3. Caracterização da Empresa

Neste capítulo apresenta-se a empresa MCT, empresa acolhedora deste projeto de dissertação. São descritas algumas notas históricas da evolução da empresa, a sua estrutura organizacional e são caracterizados os seus produtos e mercados.

3.1. Evolução Histórica

Fundada em 1960, a MCT dedicava-se à fundição e transformação de latão e ao longo dos anos ganhou reconhecimento no mercado, especialmente pela qualidade dos seus produtos para controlo de água. Na década de 1980, acompanhando com o crescimento da procura, expandiu a produção e mudou-se para novas instalações.

A partir do ano de 2000, com uma nova liderança, a empresa abriu-se a mercados internacionais, marcando presença em países como França, Alemanha, Espanha, Reino Unido e Estados Unidos da América, Austrália, China e Rússia (Figura 2).

Figura 2 – Localização de mercados, a nível mundial da MCT.

Em 2008 obteve as certificações de qualidade TÜV e ISO 9001. Em 2013 passaram para a zona industrial de Ribeirão. Esta mudança complementou toda a estrutura da empresa desde a produção, escritórios, laboratório dimensional e armazéns. O crescimento da empresa e da carteira de clientes deu asas à criação de um setor com a finalidade de internamente aplicar os acabamentos das peças. Esta reorganização fez com que atuassem na área de produto acabado.

A MCT atua em três áreas principais que refletem a sua versatilidade e experiência industrial. O OEM é uma área onde desenvolvem produtos técnicos à medida dos requisitos dos clientes, abrangendo setores como a fundição de torneiras, contadores de água, componentes elétricos, torres de balcão e equipamentos de combate a incêndio.

Na área de produto acabado, posicionam-se como parceiros estratégicos para empresas com marcas próprias de torneiras, oferecendo soluções completas desde o desenvolvimento até à produção final. Já na vertente de *Craftmanship*, os especialistas no trabalho com latão, criam peças exclusivas com aplicações nas mais diversas áreas, combinando arte, técnica e criatividade.

3.2. Estrutura Organizacional

A MCT está organizada de forma hierárquica e funcional, com uma estrutura clara que separa as áreas administrativas, operacionais, comerciais e de qualidade. O organograma da empresa pode ser consultado no Anexo 1. No topo da hierarquia encontra-se a gerência, responsável pela supervisão geral da empresa, apoiada pela gestão da qualidade, que atua de forma transversal, garantindo que os padrões de qualidade sejam cumpridos em todos os setores.

A organização é dividida em diversos departamentos, cada um com responsabilidades específicas. O departamento financeiro cuida das finanças da empresa, enquanto o departamento de compras é responsável pela aquisição de materiais e pela gestão do armazém de Matéria-Prima (MP). O departamento administrativo coordena todas as questões de gestão interna.

O departamento de produção engloba toda a cadeia produtiva e inclui o departamento de desenho, responsável pelo desenvolvimento técnico dos produtos. Dentro da produção, destaca-se o setor de fundição, subdividido nas zonas operacionais de macharia, fundição e rebarbagem/granalhagem. A maquinação compreende setores como *transfers*, tornos manuais e por centros de Controlo Numérico Computorizado (CNC), também com operadores dedicados. Complementando a produção, existe uma área voltada para ensaios, recuperação e manutenção, com setores específicos como soldadura, teste e ferramentaria, todos operados por técnicos especializados.

Existem ainda setores focados na subcontratação, atualmente associada à gestão logística da empresa.

As etapas finais de processamento das peças da MCT são efetuadas no setor de acabamentos, onde são realizados processos que englobam o lixamento, polimento, escovagem, inspeção e pintura.

O departamento comercial está dividido em duas frentes: Mercado Interno e Mercado Externo, demonstrando uma abordagem voltada tanto para o mercado nacional quanto internacional. Por fim, o departamento de qualidade garante o padrão dos produtos por meio das áreas de controlo de qualidade e inspeção.

Essa estrutura organizacional permite à MCT manter um fluxo eficiente de produção e controlo, desde a entrada da MP até o produto final, assegurando qualidade, especialização e integração entre os setores.

3.3. Missão, Princípios e Política de Qualidade

A MCT tem como principal objetivo manter-se ágil e capaz de se adaptar rapidamente a novos projetos, respondendo de forma eficaz às exigências de um mercado que está em constante transformação e que se torna cada vez mais competitivo. A empresa aposta na criação de relações sólidas, duradouras e vantajosas para todas as partes envolvidas – clientes, colaboradores, fornecedores e restantes *stakeholders*.

Os clientes são o verdadeiro motor da MCT. É com base neles que a empresa cresce e evolui de forma sustentável. Para garantir esse crescimento, a empresa atua com base em três princípios essenciais:

- A entrega de produtos com qualidade elevada;
- A aposta contínua na inovação;
- O foco total na satisfação do cliente.

A Qualidade é um valor central e transversal a toda a organização e é entendida como um processo em constante evolução. Desta forma, a melhoria contínua está presente na valorização dos recursos humanos, na modernização dos meios materiais de forma a garantir produtos e serviços cada vez mais eficazes e ajustados às necessidades do mercado. A implementação de um Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ) é parte fundamental desta abordagem, permitindo uma gestão mais eficiente e estruturada, que assegura o cumprimento dos requisitos legais e normativos. Na MCT, o SGQ integra um conjunto de procedimentos documentados para garantir que seus produtos e serviços atendam consistentemente às expectativas dos clientes e aos requisitos definidos.

3.4. Categorias de Produto

A MCT posiciona-se como um parceiro estratégico no setor industrial, com uma atuação centrada no modelo OEM. A empresa dedica-se ao fabrico de produtos industriais personalizados, desenvolvidos de acordo com as especificações técnicas e critérios de qualidade definidos pelos seus clientes. Esta abordagem permite à MCT integrar cadeias de valor diversificadas, operando em setores como a fundição de torneiras, a produção de contadores de água, componentes elétricos, torres de balcão e equipamentos de combate a incêndio. O seu papel como OEM implica a produção de componentes de elevada precisão e fiabilidade que são posteriormente comercializados sob marcas próprias dos clientes, assegurando um elevado grau de customização, desempenho e conformidade normativa.

Paralelamente à sua competência técnica enquanto fabricante por encomenda, a MCT oferece também soluções orientadas para o produto acabado, assumindo-se como o parceiro ideal para empresas que apostam em estratégias de marca própria, particularmente no setor das torneiras. A empresa disponibiliza um serviço completo de desenvolvimento e produção de linhas e gamas de produtos numa lógica de "chave-na-mão", permitindo que os seus clientes tragam para o mercado soluções completas e prontas a integrar os seus catálogos. Esta vertente de atuação combina o *know-how* técnico da empresa com uma forte orientação para a inovação, a flexibilidade produtiva e a resposta rápida às exigências do mercado. A Figura 3 apresenta três exemplos de produtos da MCT.

Figura 3 – Exemplos de produtos da MCT: torneira personalizadas e componente em latão.

Outro dos pilares distintivos da MCT é a valorização do *craftsmanship*, entendido não apenas como uma competência técnica, mas como uma expressão de identidade da empresa. Especialistas no trabalho com latão, os fundidores da MCT assumem-se como verdadeiros artistas da liga metálica, dominando com mestria os processos de fundição e dando vida a peças que combinam funcionalidade e criatividade.

Esta tradição artesanal permite à empresa criar produtos únicos em latão fundido, com múltiplas aplicações em diferentes áreas industriais e artísticas. A atenção ao detalhe, a experiência acumulada e o respeito pelos materiais conferem às peças produzidas uma qualidade superior e uma estética refinada, posicionando a MCT como uma referência tanto na produção em escala como na produção personalizada de elevado valor acrescentado.

Para além destas dimensões de produção por encomenda, produto acabado e artesanato industrial, a MCT desenvolveu e lançou a sua própria marca – HAPA®. Esta marca surge como uma expressão da capacidade criativa e produtiva da empresa, com o objetivo claro de perturbar o mercado em favor dos consumidores e do planeta. A HAPA® diferencia-se pelo controlo integral de todo o processo – da conceção à produção e entrega – e por uma oferta de torneiras caracterizada pela precisão técnica, versatilidade estética e durabilidade funcional.

As torneiras HAPA® são desenhadas combinando Engenharia de precisão com um *design* sofisticado e uma preocupação evidente com a sustentabilidade ambiental. A marca promove uma visão moderna da utilização da água, conciliando elegância, eficiência e consciência ecológica. Cada produto é desenvolvido para resistir ao desgaste do dia a dia, ao mesmo tempo que contribui para uma redução do impacto ambiental, alinhando-se com os valores e princípios que norteiam toda a operação da empresa.

Com a marca HAPA®, a MCT reforçou o seu papel como fabricante, parceiro estratégico e marca própria, demonstrando capacidade para atuar ao longo de toda a cadeia de valor: desde a produção industrial de precisão até à criação de produtos finais com identidade própria, vocacionados para consumidores exigentes e conscientes. Esta estratégia posiciona a empresa como uma referência nacional e internacional no setor da metalurgia e fabrico de torneiras, aliando tradição, inovação e sustentabilidade num mesmo compromisso de qualidade e excelência.

3.5. Caracterização e Organização do Sistema Produtivo

Em função de uma nova encomenda, é efetuado o planeamento para a sua produção. Dependendo do tipo de artigos, dá-se início à produção ou recolhem-se as unidades já acabadas do armazém, caso exista em *stock*.

Os artigos de fabrico próprio começam na macharia, o local onde são produzidos machos a partir de uma mistura de areia, resina e endurecedor. O processo subsequente é a fundição do latão para que este seja introduzido nos moldes com os respetivos machos de areia.

À medida que as peças fundidas baixam a temperatura, o material em excesso é retirado no PT de rebarbagem. Por fim as peças são inspecionadas, embaladas e expedidas para o cliente.

No caso de necessitar de outras operações como furos, roscas, desbastes, as peças dão seguimento para o processo de maquinagem onde operam diferentes máquinas fresadoras CNC dependendo do tipo de ação necessária. Existem diversos artigos em que a MP (tubos e barras de latão) é diretamente trabalhada na maquinação e enviada para o processo seguinte. Por fim, as peças são testadas, inspecionadas, embaladas e expedidas para o cliente.

Já as peças que necessitam de acabamentos, o processo é mais diversificado e complexo, dependendo do acabamento desejado. A MCT abrange uma diversidade de acabamentos onde as etapas iniciais são o lixamento e o polimento do material, sempre acompanhadas de inspeções e controlos de qualidade. Internamente, o processo de escovagem é também muito comum nos produtos assim como a pintura e envernizamento. Na etapa final, as peças são transportadas para um armazém onde são realizados os testes necessários para garantir a funcionalidade do produto, detetar algum tipo de defeito, e finalmente, é efetuada a expedição. A Figura 4 ilustra esquematicamente o arranjo do *layout* geral da empresa MCT, indicando o sentido dos fluxos operacionais.

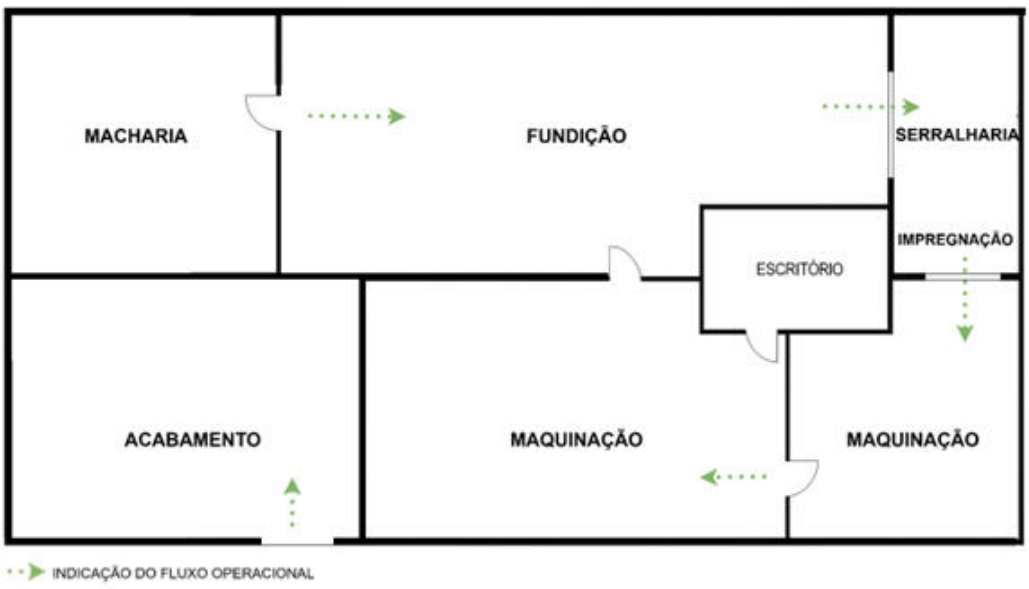


Figura 4 – Esquema ilustrativo do *layout* geral da empresa indicando a direção dos fluxos operacionais.

4. Análise Crítica do Estado Inicial

Este capítulo foca-se na análise crítica do setor alvo de estudo da MCT, o setor de acabamentos. Após a análise do fluxo de operações realizadas neste setor, foram identificados os principais problemas e oportunidades de melhoria.

4.1. Caracterização do Setor de Acabamentos

O setor de acabamentos da MCT é responsável pela aplicação de 45 tipos distintos de acabamentos, alguns deles realizados através de subcontratação externa. Esta elevada diversidade introduz múltiplos desafios ao nível da gestão da produção e do planeamento das operações. O setor ocupa uma área de 567 m², onde operam 9 colaboradores operacionais e 3 elementos administrativos.

4.1.1. Análise do Fluxo das Operações de Acabamentos

O material é entregue ao setor em caixas de transporte, acompanhado por uma OF que especifica todas as operações a realizar. Inicialmente, as peças em latão são encaminhadas para o PT de lixamento, onde são amaciadas com recurso a lixas de diferentes grãos, consoante o estado e as imperfeições do material. O processo inicia-se com lixas de maior rugosidade, que vão sendo substituídas progressivamente por lixas mais finas, até que a superfície esteja completamente uniforme. Nesta fase, o material encontra-se pronto para a aplicação de pintura ou de acabamento do tipo "pátina" (ou seja, acabamento que apenas requer lixamento e é enviado em subcontratação para banho de descromar). Caso não se trate deste tipo de acabamento, a peça segue para o polimento.

O polimento é uma etapa crítica, sobretudo no que diz respeito à qualidade da superfície da peça. Por esse motivo, é necessário um rigoroso controlo de qualidade. Defeitos detetados nesta fase podem implicar o retorno das peças ao PT de lixamento ou a sua correção na roda de polir. Este controlo de qualidade é essencial para garantir a obtenção do acabamento final desejado. Os processos de lixamento, polimento e inspeção são comuns à maioria dos tipos de peças acabadas.

A escovagem é um tipo de acabamento realizado em tornos, onde cada peça é fixada em suportes específicos e escovada manualmente.

No processo de pintura, as peças podem receber diferentes tonalidades, como preto, branco ou verniz.

Também nesta fase é realizada uma inspeção de qualidade com o objetivo de assegurar a uniformidade dos tons e a ausência de defeitos. A Tabela 4 lista os diferentes tipos de acabamento e a sequência de processos de acabamento.

Tabela 4 – Classificação dos tipos de acabamento e identificação da sequência dos processos envolvidos.

Tipologias de Acabamento	**Sequência dos processos de Acabamento**
Pátina	Lixamento
Preto, Branco	Lixamento – Pintura – Inspeção
Lustrado	Lixamento – Polimento – Inspeção
Cromado e Niquelado	Lixamento – Polimento – Inspeção
Cromado Escovado e Niquelado	Lixamento – Polimento – Inspeção – Escovagem
Polido Escovado e Verniz	Lixamento – Polimento – Inspeção – Escovagem – Verniz
Cobreado Escovado e Verniz	Lixamento – Polimento – Inspeção – Escovagem – Verniz

De forma geral, o mapeamento do procedimento adotado no setor de acabamentos encontra-se representado nos fluxogramas da Figura 5 e Figura 6. Numa fase inicial, torna-se essencial avaliar o estado das peças, a fim de direcioná-las para o PT mais adequado.

Quando o material se encontra em latão ou é submetido ao processo de descromagem, isto é, um banho químico para remover o acabamento superficial da peça, e apresenta um formato redondo, este é encaminhado para o PT equipado com uma máquina de lixamento especificamente concebida para tubos ou outras peças de geometria circular, desde que se encontrem dentro das dimensões máximas estipuladas (PT2 da Figura 5).

Quando as peças possuem um formato distinto do redondo, o processo de lixamento deve ser realizado nos PT que dispõem de equipamentos de maior versatilidade e que estão preparados para operar uma variedade mais ampla de geometrias e tipologias de peças (PT1 da Figura 5). Na eventualidade de o material se apresentar com outro tipo de acabamento superficial, como cromado, niquelado, cobreado, este é encaminhado para o processo de escovagem. Esta operação é realizada em tornos apropriados, onde o operador executa a escovagem de cada peça manualmente, procedendo simultaneamente à sua inspeção visual e tátil. No caso específico dos acabamentos de “Cromado Escovado e Niquelado”, a peça é considerada concluída após esta etapa, sendo o processo finalizado. Contudo, quando se pretende aplicar uma camada de verniz, o material segue para o PT de pintura, onde é submetido ao processo de envernizamento.

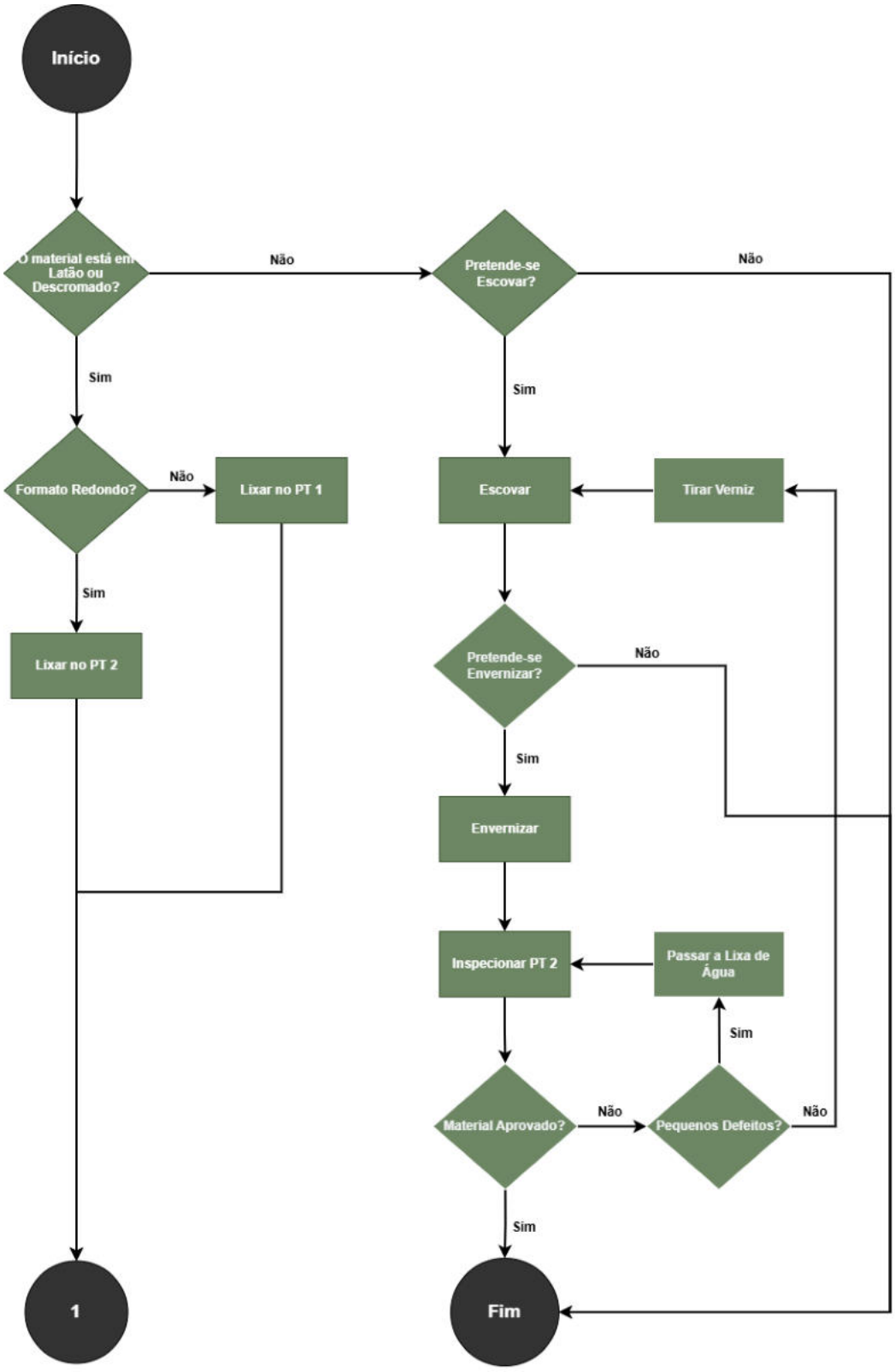


Figura 5 – Fluxograma do processo produtivo nos acabamentos (parte I).

Concluída esta operação, procede-se a uma inspeção e controlo de qualidade. As peças que cumpram os critérios exigidos seguem diretamente para embalamento e, em caso de não conformidade, é necessário retrabalho da peça.

Quando é necessário retrabalho existem dois caminhos possíveis: *a)* se o defeito identificado for de carácter superficial ou pouco visível, recorre-se à aplicação manual de uma lixa de água com o objetivo de corrigir a imperfeição antes de ser inspecionado novamente (PT2 de inspeção da Figura 6); *b)* se o defeito for detetado de forma mais evidente ou se o defeito for estrutural, procede-se à remoção do verniz e o material regressa ao início do processo de acabamento para nova intervenção.

No caso das peças que foram previamente lixadas, estas podem seguir diretamente para a fase de pintura. Após esta operação, são submetidas a uma inspeção visual. Caso sejam detetadas não conformidades, procede-se à remoção da tinta aplicada e repete-se o processo de pintura, garantindo que o acabamento final cumpre os requisitos de qualidade estabelecidos.

Alternativamente, as peças podem ser encaminhadas para o processo de polimento. Esta etapa é particularmente crítica no que diz respeito ao controlo de qualidade, uma vez que qualquer imperfeição, por mínima que seja, compromete a aceitação do produto nas fases seguintes do acabamento. O processo de polimento e inspeção ocorre de forma intercalada e contínua, sendo repetido quantas vezes forem necessárias até que as peças apresentem um acabamento homogéneo e estejam em conformidade com os padrões exigidos.

Posteriormente, as peças que tenham sido polidas podem ser encaminhadas para o PT de escovagem. O procedimento nesta etapa é análogo ao inicialmente descrito, com a particularidade de que, neste caso, as peças entram no processo no estado de latão polido.

A escovagem é realizada de forma manual em tornos apropriados, mantendo-se o controlo visual por parte do operador ao longo de toda a operação.

Caso não se pretenda realizar a escovagem, a única alternativa para concluir o acabamento é proceder ao processo de lustramento. Neste caso, o material é novamente direcionado para o PT de polimento, onde é submetido à operação de lustramento, utilizando uma roda de lustre que confere à peça um acabamento mais brilhante e uniforme. Tal como no polimento, esta operação ocorre de forma intercalada com inspeções rigorosas, até que o acabamento final esteja conforme com os critérios de qualidade estabelecidos. Estas inspeções ocorrem no PT1 de inspeção da Figura 6.

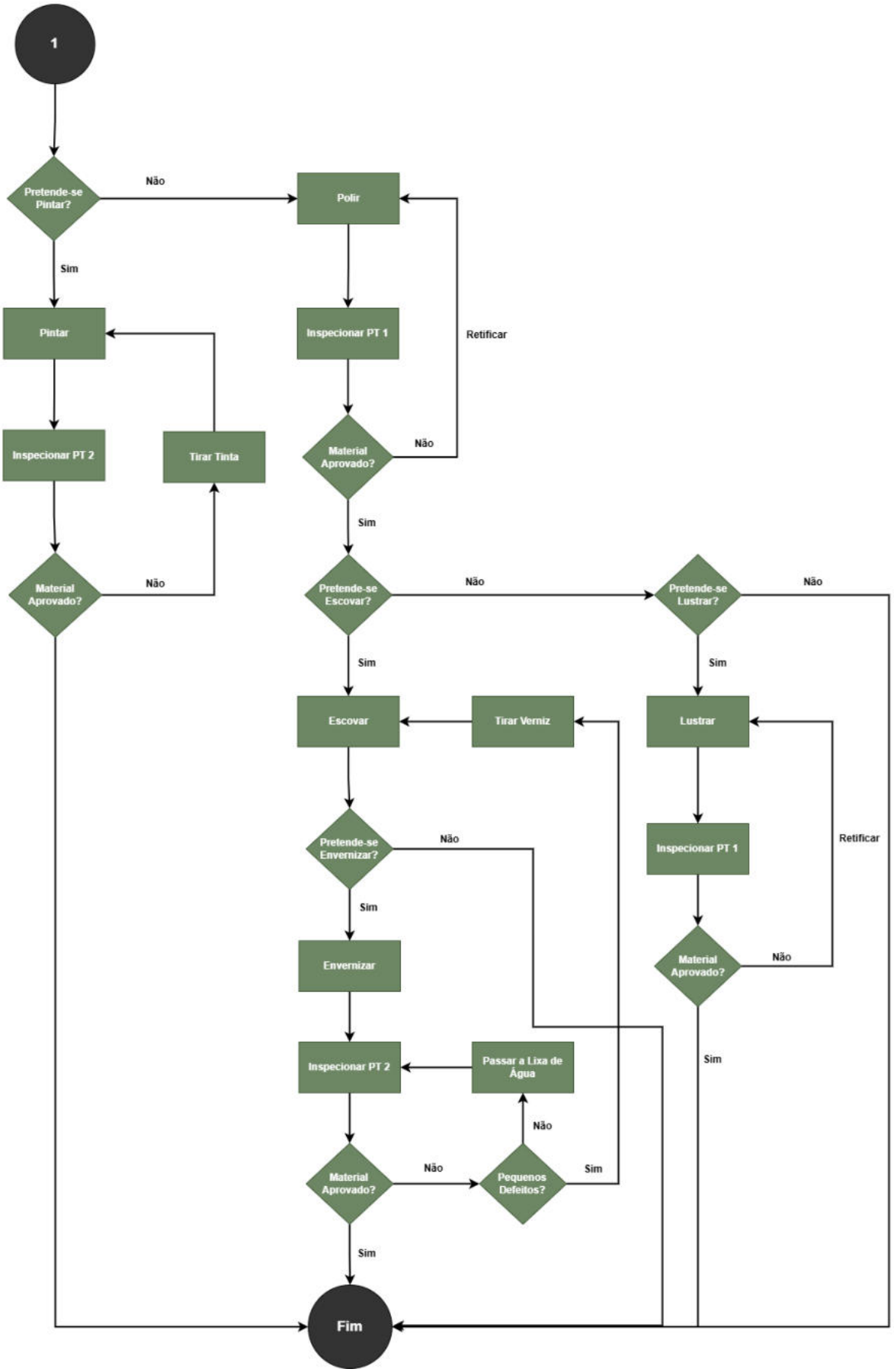
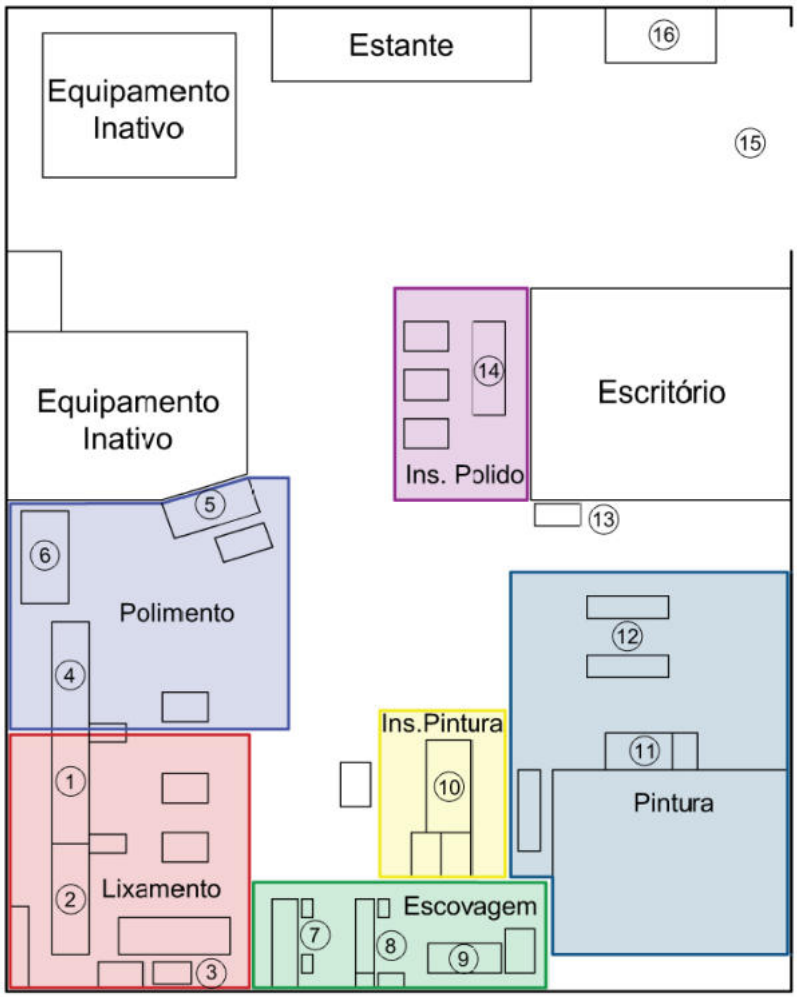


Figura 6 – Fluxograma do processo produtivo nos acabamentos (parte II).

4.1.2. Análise da Organização do *Layout* Inicial

A variedade de produtos e de fluxos produtivos no setor de acabamentos caracterizam este sistema produtivo como uma produção intermitente. O *layout* inicial deste setor estava organizado em várias células de produção, limitadas e distinguidas pelas cores da Figura 7: a vermelho o lixamento, a azul-escuro o polimento, a verde a escovagem, a roxo a inspeção de polido, a amarelo a inspeção de pintura e a azul-claro a pintura.



Legenda:

1 – Torno de Lixar 1
2 - Torno de Lixar 2
3 – Máquina Lixar Tubo
4 – Torno de Polir 1
5 – Torno de Polir 2
6 – Aspiração
7 – Torno de Escovagem 1
8 – Torno de Escovagem 2
9 – Torno de Escovagem 3
10 – PT de Inspeção Pintura
11 – Mesa de Mistura
12 – Zona de Secagem
13 – Computador Registo Operações
14 – PT de Inspeção Polido
15 – Entrada e Saída (Acessos)
16 – Reciclagem

Figura 7 – *Layout* inicial do setor de acabamentos.

Como referido, a área total deste setor corresponde a 567 m^2, todavia, só deve ser considerada a área útil de 475 m^2, retirando a áreas do escritório, a área ocupada por duas máquinas inativas.

O *layout* inicial apresentava uma configuração funcional com características de produção celular, na qual os PT estavam organizados segundo o tipo de operação realizada. As principais células produtivas estavam distribuídas pela área útil, incluindo zonas de lixamento, polimento, escovagem, inspeção e pintura.

Os tornos utilizados para escovar, lixar e polir estavam localizados maioritariamente na zona dos equipamentos representados por 1, 2, 3, 4, 7, 8 e 9 da Figura 7, o que permitia uma separação entre etapas iniciais dos processos de acabamento. A cabine de pintura, localizada na posição 6 da Figura 7, encontrava-se próxima das áreas de secagem e inspeção, garantindo uma transição lógica entre o processo de pintura e a secagem.

Apesar desta organização funcional, o *layout* apresenta algumas oportunidades de melhoria. Observava-se alguma dispersão nos PT de inspeção, o que podia levar a movimentos desnecessários de operadores e transportes redundantes de peças (será verificado no capítulo 4.2.2). As áreas de armazenamento estavam localizadas de forma periférica, com estantes posicionadas nas extremidades do espaço.

As zonas marcadas como "Inativo" na Figura 7, que ocupavam uma área considerável no *layout*, representavam espaço subaproveitado por equipamentos de elevadas dimensões que se encontravam obsoletos. À data de início da realização desta dissertação, estes equipamentos de elevadas dimensões não podiam ser movidos pela falta de outro local para a sua alocação. Não obstante, foi identificado que a área por eles ocupada poderia ser aproveitada para armazenamento intermédio ou para criar mais espaço nos PT. Além disso, o fluxo de produção poderia ser melhorado com a redução da distância entre o polimento e a inspeção, etapas que inicialmente se encontravam afastadas e que exigiam repetidas deslocações de operadores e materiais.

Do ponto de vista ergonómico e de segurança, importa realçar como aspetos positivos a presença de sistemas de extração de ar junto às zonas de polimento e lixamento, bem como a existência de áreas de limpeza e mesas de preparação junto à cabine de pintura. Todavia, foi observada a ausência de marcações visuais no chão para corredores de circulação, o que podia comprometer a segurança e a fluidez da movimentação.

Em suma, e apesar de funcional, o *layout* inicial do setor de acabamentos apresentava oportunidades claras de melhoria, nomeadamente, a necessidade de um fluxo produtivo mais eficaz e uma melhor gestão do espaço e padronização visual dos PT.

4.2. Identificação de Problemas

Tendo por base a análise efetuada aos fluxos das operações e a organização do *layout* inicial, efetuou-se um levantamento dos principais problemas encontrados no setor de acabamentos e que representavam potenciais oportunidades de melhoria.

4.2.1. Falta de Organização na Zona de Pintura

A organização e identificação das bancadas e PT no setor de acabamentos são fatores essenciais para garantir eficiência operacional, segurança no trabalho e qualidade do produto final. Num setor onde predominam operações manuais e semiautomáticas – como lixamento, polimento, escovagem, pintura e inspeção – a clara definição dos espaços de trabalho é ainda mais relevante, dada a variedade de peças e acabamentos envolvidos.

Na Figura 10 está representada a bancada de mistura de tintas que serve de apoio à cabine de pintura, uma etapa crítica no setor de acabamentos, onde a preparação dos materiais influencia diretamente a qualidade do produto final. Como se pode observar, não existia qualquer tipo de identificação das bancadas, das ferramentas ou dos consumíveis.

Figura 8 – Bancada de mistura de apoio à cabine de pintura desorganizada.

Eram múltiplos os materiais colocados na bancada sem qualquer tipo de sinalética ou rotulagem que permitisse distinguir os diferentes produtos químicos, ferramentas ou utensílios disponíveis na bancada. Isto dificultava o trabalho do operador, aumentava o risco de utilização incorreta dos materiais (por exemplo, mistura de tintas ou solventes errados), comprometendo a rastreabilidade do processo.

A disposição dos recipientes, ferramentas e outros materiais era aleatória. A inexistência de compartimentos definidos ou de um sistema de armazenamento vertical ou modular levava à perda de tempo na procura de utensílios, à contaminação cruzada entre produtos e à degradação prematura dos consumíveis.

Esta zona deveria funcionar como uma estação de trabalho preparada para responder rapidamente às necessidades da cabine de pintura. Assim, a desorganização verificada comprometia esta função de suporte, podendo atrasar o processo e aumentar o desperdício de materiais.

No espaço de trabalho associado à pintura, existiam duas estruturas usadas para colocar de forma suspensa as peças provenientes do forno e que se encontravam em processo de arrefecimento (Figura 11-a).

Como se pode observar na Figura 11-b, existiam também duas estantes industriais que continham na primeira prateleira várias caixas de tinta em pó sem qualquer identificação visível. Nas duas prateleiras superiores encontrava-se um grande número de suportes para as peças e também múltiplas caixas sobrepostas. Muitos destes itens não eram usados. Toda esta estrutura ocupava um espaço considerável numa zona com uma área reduzida.

a) *b)*

Figura 9 – Espaço de trabalho na zona de pintura: a) estruturas de suporte de peças; b) estantaria com caixas sem identificação.

Existia também um armário de apoio à pintura e envernizamento das peças (Figura 12). Aqui, também a desorganização e a falta de identificação do material eram visíveis. No fundo do armário existiam vários baldes, recipientes e caixas empilhadas, com um aviso de material inflamável.

Para além da desorganização, a falta de segurança era outra questão importante para o bom funcionamento desta zona do setor de acabamentos. Existiam ainda embalagens de itens que não deveriam estar a ocupar espaço num armário de consumíveis.

Figura 10 – Armário de consumíveis na zona de pintura.

4.2.2. Falta de Padronização na Receção e Armazenamento Intermédio

Na Figura 13, observa-se uma zona de *buffer* de colocação do material no setor de acabamentos, onde era evidente a falta de padronização e organização na gestão das caixas de transporte de peças para acabamento e respetiva OF. Este cenário trazia consequências diretas para a eficiência operacional e controlo logístico do setor.

Figura 11 – Zona de colocação de peças no setor de acabamentos.

A elevada variabilidade de caixas, tanto em formato como em dimensão, dificultava a padronização e impedia uma organização eficaz. A sobreposição de caixas sem qualquer lógica associada ao tempo de entrada tornava impossível aplicar o princípio *First-In, First-Out* (FIFO), o que levava a que o material que chegava primeiro ao setor, muitas vezes, era o último a receber os acabamentos necessários e a ser expedido.

Esta falha era crítica, sobretudo em situações em que havia encomendas urgentes, pois localizar rapidamente uma peça ou OF específica tornava-se um desafio que consumia tempo, retendo os operadores das suas funções produtivas. Todos estes aspetos resultavam em desperdícios que afetavam diretamente a produtividade do setor.

Além disso, a falta de identificação visível nas caixas aumentava o risco de erros, atrasos e retrabalho. Faltavam etiquetas com o número da OF, indicação do tipo de acabamento, data de entrada ou prioridade. As peças não eram entregues em caixas adequadas, quer pela falta de suportes apropriados, quer pelo excesso de material acondicionado numa só caixa, o que dificultava a sua preparação e utilização no processo de acabamento. A desorganização era evidente neste espaço físico, com caixas espalhadas e empilhadas de forma desordenada, obstruindo a passagem de pessoas e materiais e o acesso aos PT, o que contribuía para problemas ergonómicos e de segurança.

Outro problema identificado prendia-se com a inexistência de locais devidamente definidos para a colocação do material à entrada do armazém. Os motoristas, ao efetuarem o transporte, não dispunham de indicações claras sobre onde descarregar, o que frequentemente resultava em interrupções no trabalho dos colaboradores do setor, obrigados a indicar locais ou a auxiliar no processo de descarga.

4.2.3. Falta de Controlo dos Consumíveis

Tal como em qualquer setor industrial, o controlo eficaz de consumíveis é fundamental para garantir a continuidade da produção, evitar deslocações desnecessárias e prevenir atrasos nas encomendas. No entanto, no contexto em análise, os consumíveis encontravam-se armazenados no escritório, localizado no ponto mais distante do setor de acabamentos e acessível apenas através da subida de um lanço de escadas.

Esta localização pouco funcional obrigava os operadores a interromperem as suas atividades para se deslocarem até ao escritório sempre que necessitavam de algum material em falta.

O sistema de controlo de *stock* dos consumíveis utilizado era manual, consistindo no preenchimento de uma folha de controlo em papel (Figura 14), onde os colaboradores registavam a descrição do artigo e a quantidade retirada. O registo da saída de material do *stock* era realizado manualmente, sendo posteriormente inserido no sistema informático por um colaborador administrativo, com base nas anotações feitas na respetiva folha de controlo. Este método, além de rudimentar, revelava-se ineficaz por diversos motivos.

Em primeiro lugar, a produção era interrompida várias vezes ao dia, comprometendo a produtividade global da equipa. Em segundo lugar, a ausência de um sistema informatizado e a baixa legibilidade dos registos dificultavam a identificação precisa dos artigos consumidos.

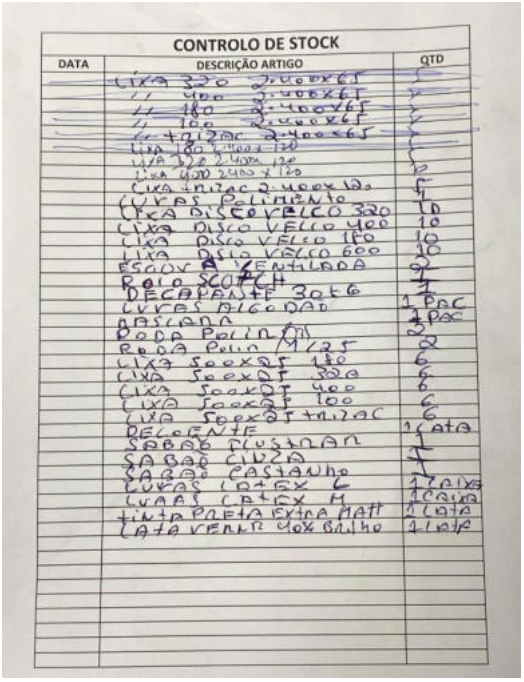


Figura 12 – Folha de registo usada no controlo de stock de consumíveis.

A ausência de datas tornava impossível rastrear quando os artigos tinham sido retirados, dificultando a gestão de consumo e a reposição atempada. Além disso, a escrita manual gerava erros de interpretação ou duplicação de registos. O facto de muitos dos registos estarem riscados ou sobrepostos dificultava a leitura e a análise subsequente. A inexistência de campos para registar o nome do responsável pela retirada impedia o controlo individualizado das movimentações.

Por fim, a diversidade de unidades logísticas utilizadas (pacotes, caixas, latas) sem padronização ou coluna própria podia gerar inconsistências na variação do *stock* real *versus* registado. Tudo isto contribuiu para um sistema pouco fiável e com risco de ocorrência de situações de ruturas ou, pelo contrário, aquisição de novas unidades quando ainda havia *stock*. Esta última situação podia gerar custos de posse desnecessários.

Adicionalmente, a atualização do *stock* no sistema podia demorar vários dias, uma vez que este processo dependia da disponibilidade do colaborador administrativo responsável.

Este desfasamento temporal entre a saída física do material e o seu registo no sistema comprometia a gestão de inventário, atrasando o alerta ao setor de compras quando os níveis de *stock* atingiam valores abaixo do limite de segurança. Como consequência, eram frequentes as situações de rutura de *stock*, com impacto direto na fluidez dos processos produtivos.

4.2.4. *Layout* Ineficiente

A Figura 8 evidencia um *layout* inicial ineficiente do ponto de vista produtivo. Observava-se uma disposição desorganizada dos PT e equipamentos, com bancadas e máquinas distribuídas sem uma disposição claramente definida. A proximidade entre as áreas de operação e de armazenamento de peças, com caixas empilhadas, gerava obstáculos à movimentação de operadores e materiais, aumentando o risco de acidentes de trabalho e reduzindo a eficiência operacional. Além disso, a ausência de sinalização clara das zonas delimitadas para materiais WIP e produtos acabados contribuía para um ambiente de trabalho confuso, o que dificultava o controlo e a rastreabilidade das operações. Esta configuração impactava negativamente no tempo de ciclo e na produtividade geral do setor. Era também notória a falta de sinalização por cores, áreas delimitadas para cada célula de produção (que incluíam mais do que um PT), entre outros elementos de gestão visual.

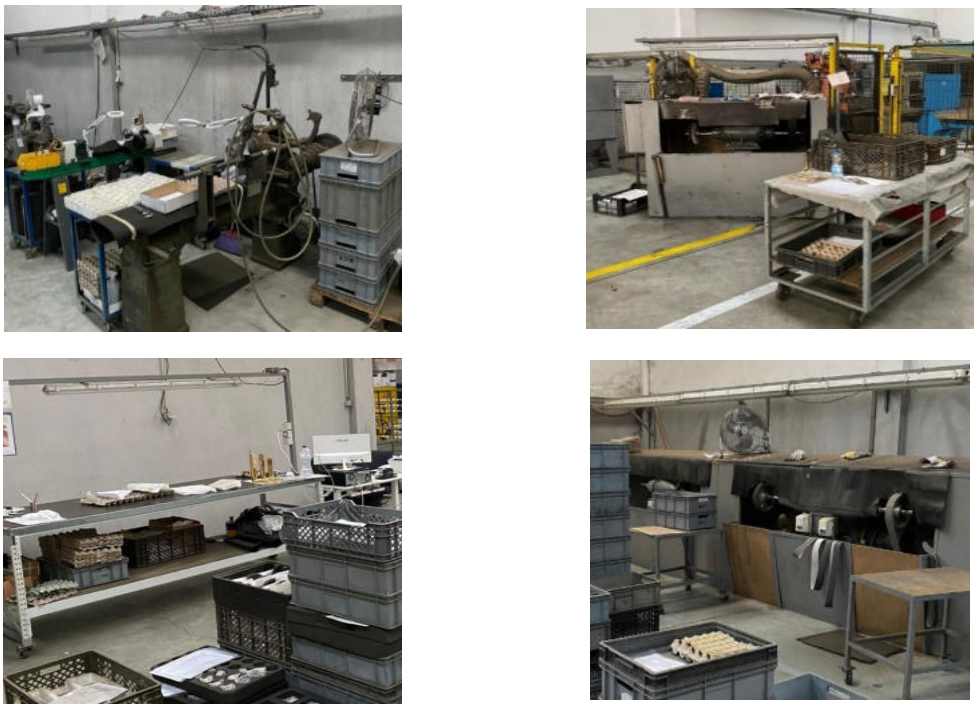


Figura 13 – Desorganização do *layout* do setor de acabamentos.

4.2.5. Elevadas Movimentações no *Layout*

Para a análise dos movimentos no setor de acabamentos foi usado um diagrama de *Spaghetti*, como evidenciado pela Figura 9. Para a aplicação da ferramenta, foi escolhido um operador de cada PT e foram registados todos os movimentos realizados para a realização da operação. A operação começava com o operador a recolher a OF do respetivo material que se encontrava próximo do seu PT, deslocava-se até ao computador de registos, voltava ao seu PT para realizar a operação, colocava o material no PT seguinte e voltava ao computador para finalizar a operação. A localização do computador de registos no *layout* é crucial uma vez que existe uma dependência de todos os PT para o registo da abertura e fecho da operação, o que ocasiona um elevado número de movimentações.

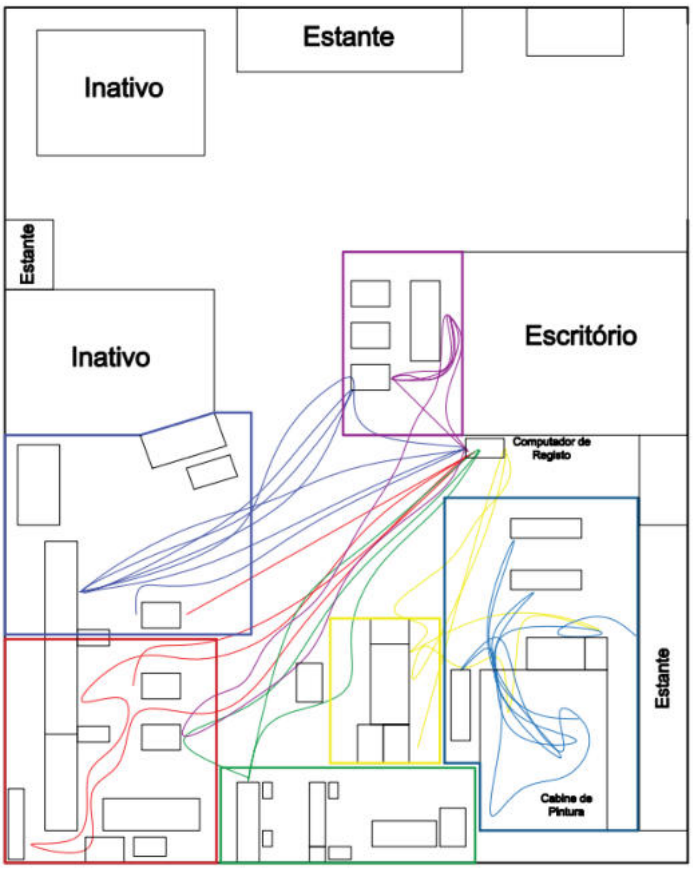


Figura 14 – Diagrama *Spaghetti* do setor de acabamentos.

Também se verificam diversas deslocações entre o polimento e o computador de registo (representadas pela linha de cor azul-escuro) e o polimento e a inspeção do polido (roxo). Isto acontecia porque parte do material necessitava de voltar a ser retificado no polimento quando a inspeção não é validada.

O PT de lixamento (a vermelho) era o que se encontra mais distante do computador de registo e, por ser a primeira etapa do processo de acabamento da grande maioria das peças, a afluência de operações neste PT pode resultar em atrasos de produção, gerando um gargalo produtivo.

Ao analisar o diagrama de *Spaghetti*, foi possível verificar que apenas as movimentações dos operadores associados à pintura e respetiva inspeção (amarelo e azul-claro) eram realizadas dentro das áreas de trabalho correspondentes aos seus PT. A inspeção, como serve de apoio à pintura implicava movimentações nas duas áreas envolventes. Todas as outras movimentações passavam por outros PT e por uma área central onde é visível uma grande frequência de movimentações.

Em suma, um dos principais problemas relacionava-se com o elevado número de fluxos de movimentação entre os PT e o computador de registo de operações. Por ser o único disponível, esta configuração levou a uma elevada concentração de fluxos de operadores nesse ponto específico do *layout* do setor.

Assim, esta configuração inicial do setor e os procedimentos implementados geravam um elevado número de movimentações cruzadas, com longos percursos entre áreas de trabalho e o ponto de registo de abertura e fecho das operações. Operadores de zonas como o lixamento e o polimento, efetuavam diversas movimentações apenas para executar uma etapa administrativa essencial e definida como obrigatória. Este facto não só aumentava o tempo de ciclo de cada tarefa como também causava potenciais constrangimentos, aumentando os tempos de paragem, tempos esses que representavam puro desperdício.

4.2.6. Atrasos de Encomendas por Falta de Planeamento

O material proveniente da maquinação era inicialmente encaminhado para o setor da logística e, posteriormente, transferido para o armazém denominado “Lago”, onde era utilizado na montagem de conjuntos ou armazenado como *stock*. A partir daí, a responsável pelo armazém consultava as OF planeadas, geradas pelo sistema, e procedia à separação do material maquinado necessário para consumo nas respetivas OF. Após esta etapa, o material seguia então para o setor de acabamentos, onde se iniciavam os processos finais.

No entanto, este fluxo de peças revelava-se desnecessário, uma vez que, de acordo com as especificações das encomendas, as peças que requeriam acabamento não deviam permanecer em *stock* em estado bruto (latão).

Este processo introduzia etapas adicionais que não acrescentavam valor ao produto final, resultando em custos elevados de transporte e de mão-de-obra.

No contexto deste setor industrial, a elevada variabilidade ao nível das peças e dos acabamentos exige uma forte organização e a normalização dos processos e etapas produtivas. No setor de acabamentos, o material proveniente das fases anteriores era entregue já separado por caixas, consoante o acabamento requerido. No entanto, dentro de cada caixa coexistiam dezenas de OF, correspondentes a diferentes referências de peças. Esta realidade obrigava cada operador a consultar individualmente cada OF, proceder à sua abertura no sistema através do computador de registo e, após a execução da operação, declarar a quantidade produzida (boa e rejeitada) e fecho em sistema da operação.

Este procedimento, repetido em todas as etapas do processo, representava um entrave à fluidez da produção, uma vez que o tempo necessário para realizar o registo no sistema não trazia valor acrescentado ao tempo de produção de cada operação. Consequentemente, a produtividade global do setor era impactada negativamente, não por ineficiência na execução das tarefas, mas devido à rigidez e morosidade dos procedimentos administrativos associados ao sistema de gestão.

Outra questão era a falta de agrupamento de operações. A grande variabilidade de peças e acabamentos acarretava esforços logísticos como a transferência de armazéns, o devido armazenamento para cada artigo, a necessidade de divisão por caixa conforme o acabamento desejado.

Cada vez que era realizada uma operação no setor de acabamentos (lixamento, polimento, inspeção), o operador necessitava de se deslocar ao computador, inserir o seu código de funcionário, digitar o número da OF, o número da operação a aplicar e, por fim, selecionar “Iniciar”. Para finalizar a operação, o procedimento era similar: inserir o código de funcionário, selecionar a OF em curso, declarar a quantidade boa e má (se aplicável) e fechar registo. Na possibilidade de existir rejeição, o operador necessitava de selecionar qual o motivo para descartar a peça em questão.

Este processo é importante para rastrear em que etapa se encontram as peças. Todavia, o registo no sistema informático para várias referências e pouca quantidade poderia ser mais demorado que a própria operação realizada pelo operador. De forma a aprofundar esta análise foram retirados os tempos de registo de cada operador para abrir e para fechar uma operação de uma OF, através de cronometragem, conforme apresentado na Tabela 5. A análise revela diferenças em termos de duração média de diferentes operações analisadas.

O tempo médio de abertura das OF foi de 16,3 segundos, enquanto o de fecho foi mais reduzido, em média, 13,0 segundos. O processo de iniciar uma operação é mais demorado do que o de finalizá-la, o que se verificou na análise individual dos tempos.

Como os registos de tempo de abertura e fecho foram realizados considerando diferentes OF, foi calculado o desvio-padrão, enquanto medida de dispersão que mostra o quanto os tempos de registo variam em relação à média: 1,90 segundos para o tempo de abertura e 1,70 segundos para o tempo de fecho.

Tabela 5 – Registo dos tempos de abertura e fecho para diferentes OF.

Caracterização da OF		**Tempo de Registo**	
Artigo Final	**Operação**	**Abertura (s)**	**Fecho (s)**
Manípulo CRZ, Preto Soft	Inspeção Pintura	15	12
Pómulo Z35 Ø41mm, BCH PVD	Polir	17	14
Casquilho da Rótula, BGM PVD	Escovar	14	14
Tapa Cartuchos 32mm, Cromado	Lixar	20	13
Espelho Ø70x30,5x4mm, Niquelado Escovado	Lixar	16	11
Manípulo Ø41x35mm, Cromado Escovado	Polir	18	16
Corpo Banheira Chão Ø45x648mm, Lustrado	Polir	15	12
Bica U Ø18x1,5, Cromado	Escovar	17	14
Tronco Estriado Manípulo CRW, BBS PVD	Inspeção Polido	15	11
Média dos Tempos		16,3	13,0
Desvio-padrão		1,90	1,70

Uma potencial explicação para a diferença de tempos nos dois processos (abertura e fecho da OF) é a necessidade do processo de digitação e lançamento do código associado à OF em sistema. Trata-se de um código com 9 dígitos que apenas é necessário na abertura pois, quando o operador tem de fechar a operação é só selecionar a OF em curso, não tendo de efetuar mais nenhum processo.

Assim, os dados sugerem que o processo de abertura das OF tem maior duração e variabilidade, representando um ponto potencial de melhoria. A padronização ou automatização desta fase poderia contribuir para ganhos de eficiência no registo das ordens e na fluidez do processo produtivo.

5. Propostas de Melhoria e sua Implementação

Neste capítulo apresentam-se as propostas de melhoria que foram delineadas para melhorar o fluxo produtivo no setor de acabamentos da MCT e reduzir os desperdícios que geram tempos improdutivos. De forma a melhor sintetizar esta informação elaborou-se a matriz 5W1H apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 – Aplicação da matriz 5W1H para a identificação das propostas de melhoria.

What?	***Who?***	***Where?***	***Why?***	***When ?***	***How?***
Implementação da metodologia 5S e aplicação da gestão visual nos PT e bancadas de trabalho	HM	Zona de Bancadas e PT de Lixamento	Melhorar a organização, identificação e aspeto visual	Jan. a Fev. 2025	Aplicação dos sensos da metodologia 5S
		Zona de Pintura			
		Zonas de receção e armazenamento temporário de material	Identificar o estado e destino do material.	Fev. 2025	Marcação dos espaços conforme o estado do material assim como a identificação do material presente em cada caixa.
Criação de um armazém de consumíveis	HM	Setor de acabamentos	Melhorar a acessibilidade e controlo dos consumíveis	Fev. 2025	Analisar a rotatividade de cada artigo e armazená-lo segundo o seu uso
					Criar localizações, identificação clara e definir um *stock* de segurança no sistema informático.
Apresentação de uma proposta de reorganização *layout*	HM	Setor de acabamentos	Reduzir movimentos desnecessários e melhorar o fluxo do material	Mar. 2025	Desenhar o *layout* atual do setor de acabamentos.
					Classificar os produtos por famílias, tipologias e operações.
					Construir a matriz REL e aplicar o ALDEP
Estratégias para melhorar o planeamento dos acabamentos	HM	Setor de acabamentos	Minimizar atrasos das encomendas, reduzir os tempos e capacidades produtivas.	Abr. 2025	Com base nos tempos de produção previstos e no agrupamento de OF similares

HM – Henrique Martins

5.1. Implementação da Metodologia 5S e Gestão Visual

Nesta secção apresentam-se as evidencias da aplicação dos princípios da metodologia 5S e da gestão visual nas três principais áreas de intervenção do setor de acabamentos: PT e bancadas de trabalho e nas zonas de receção e armazenamento temporário de material.

5.1.1. Organização da Zona de Bancadas e PT de Lixamento

Em primeiro lugar implementaram-se os 3 primeiros sensos: classificação, ordenação e limpeza. Foram retiradas das bancadas as ferramentas e itens que não eram usados no dia a dia assim como foram identificados os itens obsoletos (lixas gastas, ferramentas desgastadas) e foram descartados. Para o senso da padronização foram depois definidos locais fixos e visíveis para cada tipo de ferramentas e consumíveis. Por exemplo, no caso das lixas, estas eram armazenadas num suporte sem qualquer identificação quanto à medida e ao grão de cada lixa. Em cada compartimento, encontravam-se lixas sobrepostas e de diferentes granulometrias (ver situação "antes" da Figura 15). Sempre que o operador necessitava de uma lixa específica, consumia tempo na sua procura, o que, além de reduzir a eficiência, aumentava o risco de erros na escolha do grão adequado.

Na Figura 15 (situação "depois"), é apresentado o novo sistema de organização proposto e implementado, semelhante ao utilizado no armazém de consumíveis, onde as lixas passaram a ser arrumadas de acordo com a taxa de rotação e identificadas com a respetiva medida e grão. Esta melhoria permitiu reduzir o tempo de reposição e os erros na seleção do material.

Antes	Depois

Figura 15 – Comparação da situação inicial com o sistema de organização das lixas proposto.

As bancadas de lixamento foram também limpas e organizadas conforme apresentado na comparação da situação "antes" e "depois" da Figura 16. Esta bancada era dedicada à operação de lixamento de superfícies planas. Como se pode verificar, inicialmente existia falta de limpeza e de organização: as lixas encontram-se espalhadas pela bancada, a presença de uma ventoinha obstruía o uso da máquina, e existiam diversos objetos desnecessários à operação.

Seguindo os princípios da metodologia 5S, procedeu-se à remoção de todos os materiais e objetos irrelevantes para a operação. Foi também introduzida uma caixa com separadores devidamente identificados, permitindo classificar as lixas por grão e armazená-las de forma organizada.

Adicionalmente, o setor de acabamentos procedeu à aquisição de uma lixadora de planos manual, a qual foi reposicionada num local mais acessível, de forma a facilitar a sua utilização e garantir maior agilidade operacional. Estas alterações visíveis na situação "depois" da Figura 16. Esta organização contribuiu para a melhoria da organização e da gestão visual desta zona de trabalho, melhorando o fluxo de materiais e acelerando o processo de lixamento.

Antes	Depois

Figura 16 – Comparação da situação inicial da bancada de trabalho com a organização após os 5S.

Foi ainda sugerida a aquisição de uma máquina de lixamento para superfícies planas para facilitar a operação de lixamento de peças. No entanto, à data de conclusão da dissertação, a referida máquina ainda se encontrava em fase de afinação pelo que não foi possível colocá-la na bancada.

5.1.2. Organização da Zona de Pintura

A zona de pintura era um espaço que necessitava de mais atenção dado o facto de que são usados diferentes consumíveis, alguns deles produtos tóxicos. Como referido na secção 4.2.3., o armário de pintura encontrava-se bastante desorganizado, com produtos e recipientes empilhados de forma aleatória, sem identificação clara, o que representava risco de acidentes e desperdícios. Numa primeira intervenção, todos os itens foram retirados para o exterior, procedeu-se à limpeza geral do armário e descartaram-se os materiais desnecessários que ali se encontravam.

Com os materiais restantes, identificaram-se os mais utilizados, que foram colocados na prateleira de acesso mais fácil. Os baldes de tinta e recipientes semelhantes, por serem os itens mais frequentemente utilizados, foram posicionados numa prateleira à altura dos punhos, tornando o seu manuseamento mais fácil e ergonómico. A eliminação de itens obsoletos permitiu ganhar espaço, o que melhorou a gestão visual do armário e evitou a necessidade de colocar objetos no solo. Por fim, procedeu-se à colocação de etiquetas, definindo locais específicos para cada item, o que facilitou ainda mais a organização e a identificação dos materiais. Esta aplicação da metodologia 5S é representada na Figura 17, efetuando uma comparação "antes" e "depois" da implementação da proposta. Com os produtos devidamente organizados e identificados, os colaboradores conseguem localizar rapidamente o que necessitam, eliminando o tempo perdido na procura de materiais. Além disso, a disposição lógica e acessível dos itens facilita o manuseamento e reduz as interrupções durante a execução das operações.

Antes	Depois

Figura 17 – Comparação da situação inicial do armário de pintura com a organização após os 5S.

Como referido anteriormente, a zona adjacente à cabine de pintura destina-se à preparação das misturas de tintas e à organização dos materiais necessários para o processo. Inicialmente, verificava-se nesta área uma clara falta de organização, bem como a presença de materiais em excesso e sem utilidade imediata.

Conforme ilustrado na Figura 18, após a intervenção, registou-se uma redução do material desnecessário. As latas de tinta e endurecedores foram devidamente armazenadas no armário de pintura, libertando espaço na bancada, agora reservado apenas aos acessórios de mistura. Esta reorganização contribuiu para o aumento da área útil de trabalho, tornando o PT mais funcional e eficiente.

Adicionalmente, procedeu-se à remoção de todos os materiais acumulados na zona inferior da bancada, passando a ser armazenadas nesse local as tintas em pó de maior utilização, anteriormente localizadas sobre o armário de pintura.

A comparação entre as imagens ilustrativas da situação "antes" e "depois", evidencia uma melhoria não só ao nível da ergonomia – dado que as caixas de tinta, pelo seu peso, encontravam-se anteriormente numa posição pouco adequada – como também da eficiência do processo, uma vez que a anterior localização das tintas obrigava a deslocações frequentes e desnecessárias até ao armário de pintura. Foram deixadas instruções de forma a que, no final de cada turno, os operadores de pintura limpem a bancada e verifiquem se as ferramentas e utensílios estão limpas e sem resíduos.

Antes	Depois

Figura 18 – Comparação entre a situação inicial na bancada de mistura de tintas e o estado de organização após aplicação dos 5S.

5.1.3. Organização da Zona de Receção e Armazenamento Intermédio

Como referido na secção 4.2.4., na zona de receção de material no setor de acabamentos foram identificadas diversas limitações que comprometiam a fluidez do processo. Verificou-se que, em várias situações, o material avançava sem qualquer tipo de controlo prévio, originando discrepâncias entre as quantidades recebidas e as definidas nas OF. Para além disso, existia a possibilidade de o material ser encaminhado para o PT incorreto pela falta de padronização de procedimentos e falta de informação, bem como a ausência de uma divisão clara segundo o acabamento final requerido.

Reorganização da Zona de Receção de Material

A primeira proposta implementada passou pela definição de paletes devidamente identificadas representadas na Figura 19, de modo a fixar os locais de receção e criar procedimentos consistentes entre os colaboradores. O responsável do setor assumiu a tarefa de supervisionar e controlar a entrada de material, garantindo simultaneamente a sua correta contabilização e o seu acondicionamento.

Do lado esquerdo da Figura 19 encontra-se uma palete com caixas e suportes, utilizada pelo responsável para proceder à separação do material maquinado que segue para acabamento. No centro da Figura 19 está posicionada a palete destinada à receção de material proveniente do armazém (designado "Lago"), correspondente a *stock* encaminhado para o setor com vista ao acabamento. Após a receção, o responsável confirma as quantidades e a correspondência com as OF, distribuindo depois o material para o PT adequado.

A zona à direita da Figura 19 é destinada ao material a enviar para subcontratação, localizada junto à área de receção do material proveniente da maquinagem. Esta opção justifica-se pelo facto de ser o mesmo motorista a entregar o material maquinado e a transportar, no regresso, o material destinado à subcontratação, tornando o processo mais eficiente.

Esta melhoria contribuiu para a padronização do funcionamento do setor, garantindo maior organização na receção de materiais, reduzindo interrupções no trabalho dos colaboradores e evitando erros no encaminhamento das OF. A definição clara dos locais de descarga trouxe maior fluidez ao processo, facilitou o controlo e a rastreabilidade dos

materiais e assegurou melhores condições de trabalho, promovendo eficiência e fiabilidade em toda a cadeia de gestão de armazenamento intermédio.

Figura 19 – Reorganização da zona de receção de material.

Substituição de Caixas de Transporte e Identificação de Peças

Existia outro problema identificado, e que estava relacionado com a falta de visibilidade das OF nas caixas de transporte, juntamente com o material. Com a acumulação de peças, as caixas eram frequentemente empilhadas, o que dificultava a identificação imediata do seu conteúdo. Este constrangimento comprometia a gestão visual do armazém, dificultando a localização rápida do material urgente e obrigando, em alguns casos, à retirada de todas as caixas empilhadas para aceder às peças necessárias.

Como possível solução, foi proposta a uniformização das caixas de transporte. No estado inicial, o material era movimentado em diversos tipos de suportes e caixas, alguns dos quais não permitiam o empilhamento seguro devido ao seu formato. Além disso, eram utilizados suportes em esferovite/espuma que, por não possuírem uma caixa de contenção, aumentavam o risco de queda e consequente dano das peças.

A solução e proposta sugerida consistiu na adoção de um único modelo de caixa padronizada, assegurando não só a segurança no transporte e empilhamento, mas também a criação de um sistema mais eficaz de gestão visual. Complementarmente, foi proposto o uso de molas laterais nas caixas para fixar as OF, permitindo a sua leitura imediata mesmo quando as caixas se encontram empilhadas. A Figura 20 apresenta a comparação entre a situação inicial e final do acondicionamento das peças no setor de acabamento,

evidenciando as novas caixas de transporte e armazenamento intermédio das peças para acabamento.

Apesar da pertinência da proposta e da sua relevância para a gestão visual e eficiência operacional, não foi possível efetuar a substituição de todas as caixas devido aos custos inerentes, não tendo sido considerada uma prioridade pela empresa nesta fase.

Antes	Depois

Figura 20 – Comparação entre a situação inicial e final do acondicionamento das peças no setor de acabamento.

Identificação dos PT de Destino de Peças

Para além da uniformização das caixas, propôs-se a identificação do destino do material, uma vez que permite definir em que etapa do processo este se encontra e qual é a etapa seguinte. Dada a impossibilidade de implementar a proposta anterior de forma integral, isto é, não sendo possível garantir a identificação do material usando as caixas padronizadas, tornou-se necessário assegurar a identificação de cada grupo de material em fabrico. Foi então adotada a prática de identificar as paletes junto aos respetivos PT (Figura 21), com a indicação do destino correspondente ao material nelas contido.

Desta forma, para confirmar o estado do material num determinado momento, basta verificar as operações registadas na OF e relacioná-las com a palete onde o material se encontra. Este sistema de identificação visual permite ao responsável da secção compreender de forma imediata a carga de trabalho existente em cada PT, facilitando a tomada de decisão operacional e reduzindo a probabilidade de erros de processo. Assim, reforça-se a aplicação dos princípios da gestão visual, contribuindo para maior transparência, eficiência e controlo ao longo do fluxo produtivo.

Figura 21 – Identificação do material em curso, identificando o PT de destino.

Relocalização do Inventário Intermédio

O local destinado à colocação do material a ser lixado não se encontrava identificado nem segregado por tipo de acabamento, o que dificultava a definição de prioridades no fornecimento aos PT subsequentes, comprometendo também a capacidade de resposta a situações urgentes. Com o aumento da carga de trabalho do lixamento, optou-se por relocalizar a área de armazenamento intermédio de material, representada pelo símbolo de inventário (△). A Figura 22 evidencia a localização inicial do material em curso no lixamento enquanto, a Figura 23 apresenta a proposta de realocação do material em curso no lixamento implementada.

Figura 22 – Representação da localização inicial do material em curso no lixamento.

Na nova disposição proposta (Figura 23), o material foi realocado no exterior da área do PT e foi separado por tipo de acabamento, o que contribui não só para uma gestão visual mais eficiente, como também para uma identificação mais célere dos itens. À medida que surge material urgente, o responsável consegue detetar e transferir rapidamente para uma das três paletes inseridas no lixamento de forma a orientar o foco dos operadores, agilizando o processo e evitando a sobrecarga da área de trabalho.

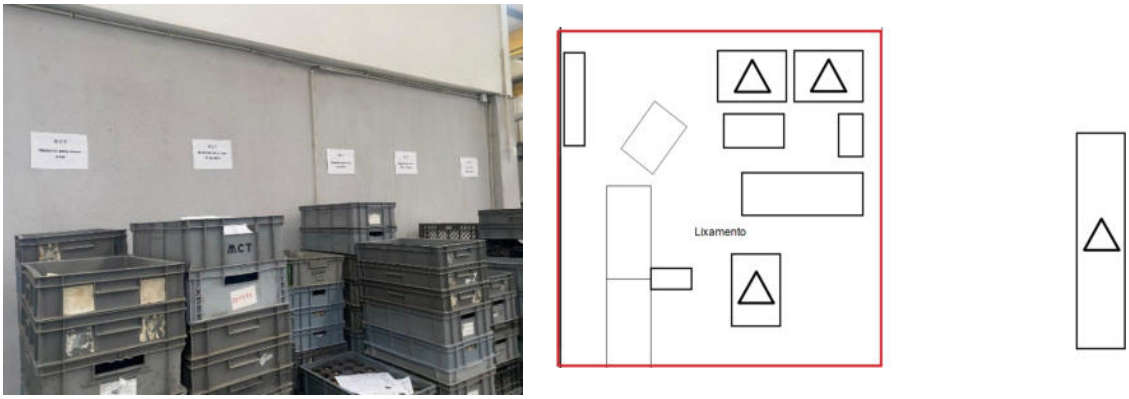


Figura 23 – Proposta implementada de realocação do material em curso no lixamento.

O material destinado à pintura estava inicialmente alocado junto à mesa de inspeção, sem qualquer tipo de identificação, sendo apenas distinguido pelas OF colocadas no interior das caixas. Para além de ocupar um espaço considerável, essa disposição permitia que materiais com acabamentos diferentes fossem misturados. Na Figura 24 é apresentada a situação inicial do material empilhado sem qualquer separação visível. Após a finalização da pintura de um lote, era comum permanecerem caixas com peças destinadas ao mesmo acabamento que, por estarem misturadas e empilhadas, não eram identificadas a tempo. Como resultado, essas peças acabavam por não ser pintadas, podendo causar atrasos no processo produtivo.

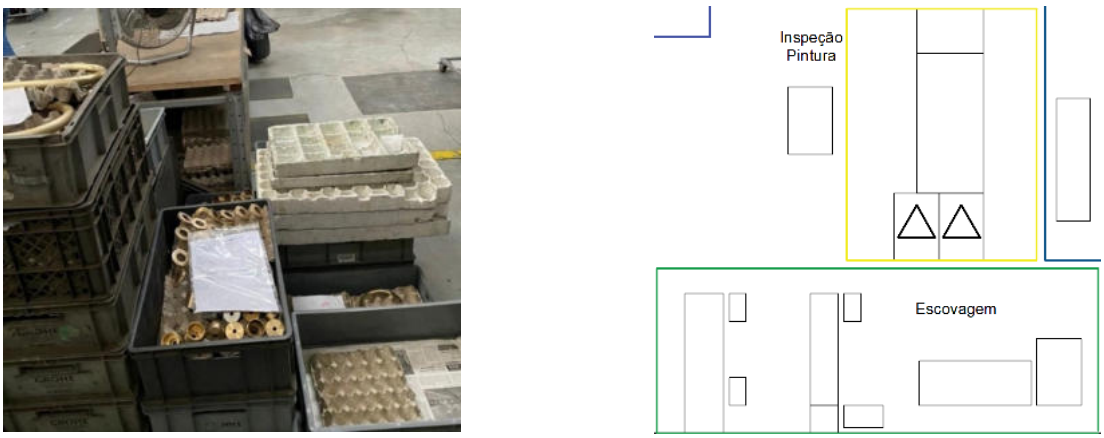


Figura 24 – Representação da localização inicial do material destinado à pintura.

Foi possível rentabilizar a ocupação do espaço e relocalizar um dos tornos da escovagem permitindo em seguida mover as paletes com material a pintar para junto dos limites do armazém. Este ajuste demonstrado a Figura 25 libertou área útil e possibilitou a identificação clara dos acabamentos pretendidos em cada palete, eliminando erros de separação e melhorando o fluxo do processo de pintura.

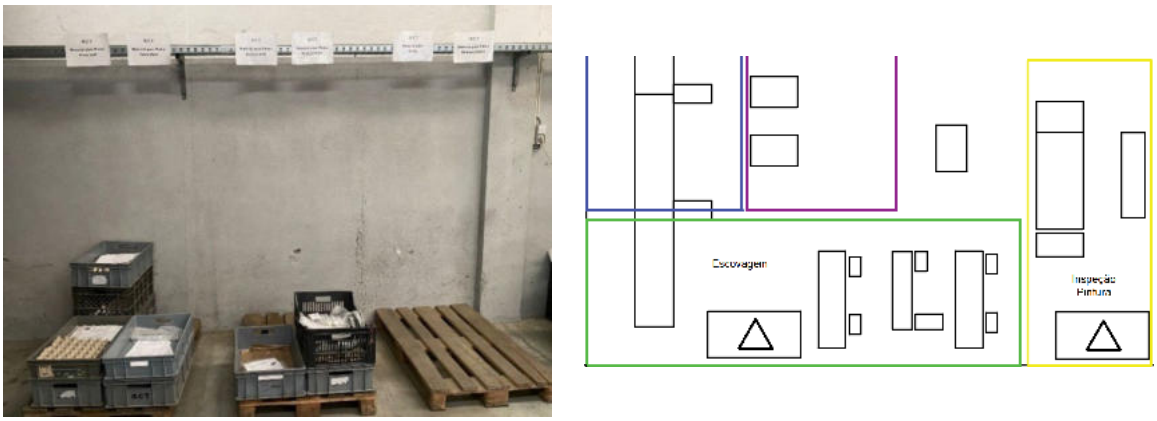


Figura 25 – Proposta implementada de realocação do material destinado à pintura.

5.2. Criação de um Armazém de Consumíveis

A gestão ineficiente dos consumíveis, agravada pela sua localização física distanciada dos PT em que são usados e pelo sistema manual de registo, resultava em interrupções recorrentes nas operações e em atrasos na reposição de materiais. Este cenário comprometia a eficiência do processo produtivo, evidenciando a necessidade de uma proposta de melhoria focada na reorganização do sistema de controlo e na acessibilidade aos consumíveis. Determinou-se que apenas o responsável de secção poderia aceder ao material armazenado no escritório, evitando deslocações frequentes dos operadores e a consequente interrupção das suas atividades. Embora esta solução provisória não correspondesse ao modelo ideal, permitiu minimizar os efeitos negativos na produtividade, enquanto se procedia à reorganização do *stock* e à definição do novo sistema de armazenagem.

Paralelamente, procedeu-se à análise dos consumos de todos os artigos utilizados ao longo do último ano (período entre 31/03/2024 e 31/03/2025), organizando-os por ordem decrescente de consumo, por tipologia e por PT. Esta análise completa está apresentada no Apêndice 1 e permitiu identificar os artigos de maior rotatividade assim como reconhecer a necessidade de agrupar os consumíveis com base na sua função e local de utilização. A partir desta ordenação foi realizada uma análise ABC (Figura 26).

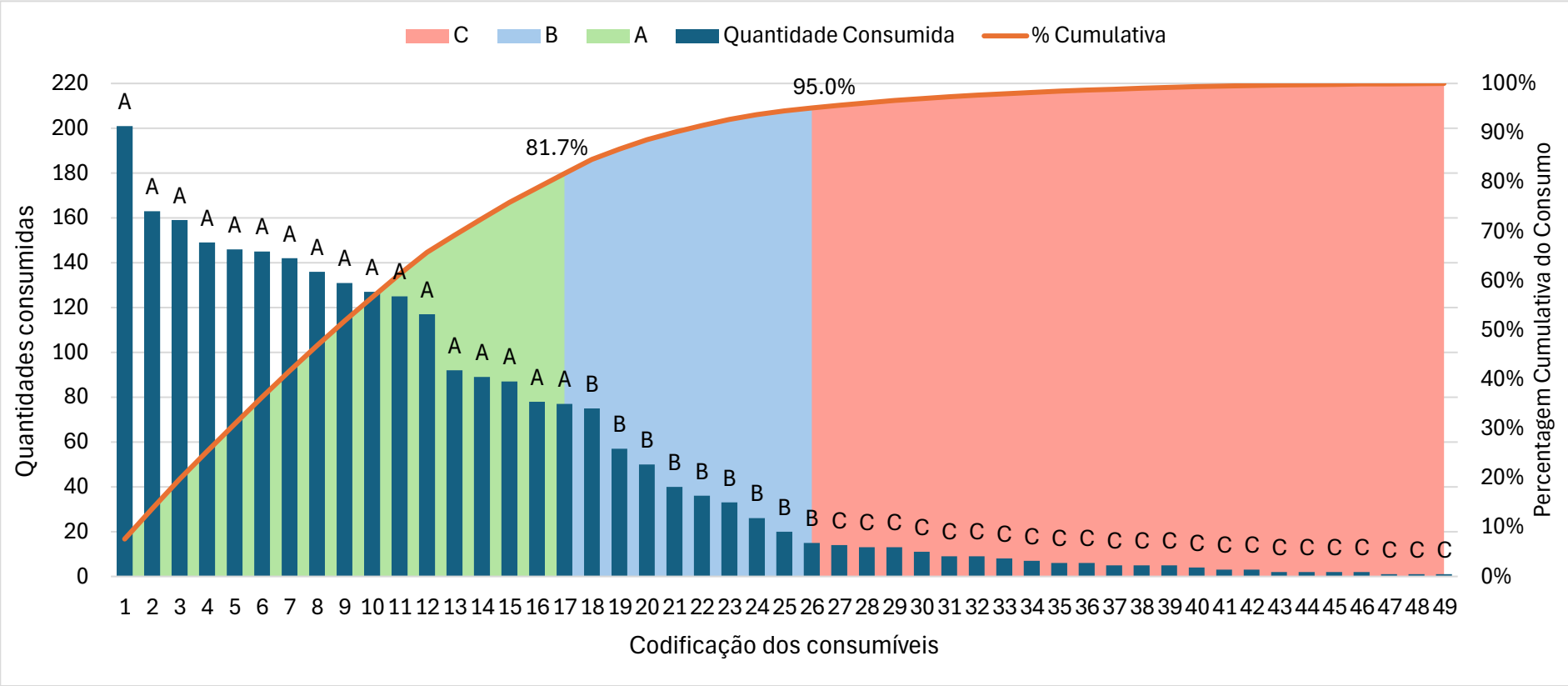


Figura 26 – Análise ABC dos consumíveis a serem alocados no novo armazém.

Dos 49 materiais a organizar no armazém de consumíveis, 17 (34,7%) representam 81,7% do consumo (Classe A). Estes são os itens que têm um maior consumo e por isso podem se considerados como *fast movers*. A classe B abrange 9 itens que correspondem a cerca de 18,4% dos materiais e que cumulativamente com os itens da Classe A representam um total de 95,0% do consumo. Esses itens possuem importância intermédia e exigem uma gestão de equilíbrio. Já a classe C, representa a maioria dos consumíveis e é composta por 23 itens, mas contribuem com apenas 5% do consumo cumulativo.

De forma a poder organizar melhor os consumíveis no armazém, estes foram analisados tendo em consideração a sua distribuição por categoria e por classe, como apresentado na Tabela 7. Um total de 24 itens (49,0%) são consumíveis dos PT de lixamento, sendo 15 classificados como *fast movers* e 7 *slow movers*. Os consumíveis da zona de pintura, 15 itens (30,6% dos consumíveis), são maioritariamente classificados como *slow movers*. Na análise ABC também foram incluídos 4 tipos de Equipamentos de Proteção Individual (EPI). A totalidade dos dados pode ser consultada no Apêndice 2.

Tabela 7 – Distribuição dos consumíveis por categorias e classes.

Categorias de Consumíveis	Classe A	Classe B	Classe C	Total
Lixamento	15	2	7	24
Polimento	1	2	1	4
Escovagem	1	1	0	2
Pintura	0	3	12	15
EPI	0	1	3	4

Com base nesta análise da rotatividade e nos valores de *stock* mínimos de segurança a manter, foram atribuídas as localizações específicas a cada artigo e o material foi distribuído por duas prateleiras e por duas estruturas na parede. Importa salientar que os valores de *stock* de segurança foram obtidos através do sistema informático da empresa que os calcula com base nos consumos médios mensais e os prazos de entrega dos fornecedores.

De acordo com a análise efetuada, e garantindo uma organização eficiente e ajustada às reais necessidades do processo produtivo, as lixas foram colocadas nas estruturas da parede devido às dimensões do artigo e colocadas de acordo com a necessidade de uso e próximas da entrada do armazém, como apresentado na Figura 27. A Figura 28 e a Figura 29 representam as duas estantes sendo a primeira a que contém artigos mais usados e a segunda com apenas com 7 tipos de artigos.

Figura 27 – Estrutura de armazenamento de lixas.

Figura 28 – Estante com artigos de maior rotatividade.

Figura 29 – Estante com artigos de menor rotatividade.

Foi também identificada a ausência de um responsável pela gestão do armazém, tornando essencial não só o controlo de acessos, mas também o registo sistemático das saídas de material. Durante a transição do armazenamento no escritório para o novo armazém de consumíveis no chão-de-fábrica, realizaram-se ações de formação para garantir o correto funcionamento do sistema de registo e assegurar que o responsável estava alinhado com os novos procedimentos.

5.3. Proposta de Reorganização do *Layout*

Considerando as ineficiências do *layout* do setor de acabamentos, efetuou-se uma proposta de reorganização do *layout,* sendo necessário garantir a funcionalidade e fluidez dos fluxos operacionais, estabelecer uma hierarquia com base nas restrições associadas aos equipamentos e infraestruturas e assegurar a acessibilidade para todos os operadores.

5.3.1. Restrições Associadas às Infraestrutura e Equipamentos

Na proposta de reorganização do *layout* do setor de acabamentos, foram consideradas restrições associadas à infraestrutura existente, de modo a garantir a viabilidade técnica e funcional da nova disposição proposta. Essas restrições incluem:

- A estrutura de grandes dimensões da cabine de pintura não pode ser deslocada devido ao seu peso e complexidade de instalação, o que constituiu um dos principais constrangimentos da reorganização do *layout*, condicionando a localização dos restantes equipamentos e fluxos operacionais. Esta zona tem assim uma posição fixa.
- A localização dos tornos e demais máquinas associadas às operações de lixamento, polimento, escovagem e pintura exigiu o posicionamento estratégico em zonas com acesso direto a pontos de fornecimento de energia elétrica e linhas de ar comprimido. Estes PT têm de estar distribuídos junto das paredes laterais, local onde estão instalados os pontos de fornecimento de energia e ar comprimido.
- A aquisição e montagem de uma zona de aspiração restringiu a sua localização no chão-de-fábrica devido à alimentação elétrica complexa localizada apenas no canto superior direito do *layout*. Esta zona tem assim uma posição fixa.
- A disposição do *layout* teve ainda em conta a definição de zonas adequadas para o armazenamento de material intermédio, garantindo espaço suficiente entre os PT para facilitar o manuseamento de MP e WIP, sem comprometer a segurança e a fluidez operacional;
- No decorrer do projeto foi possível remover os dois equipamentos inativos, o que resulta num aumento de área útil de 10,5% (de 475 m^2 iniciais para 525 m^2).

5.3.2. Restrições Associadas aos Fluxos Operacionais - REL

Nesta secção são consideradas as restrições associadas aos fluxos operacionais e que representam as premissas da construção da matriz REL apresentada na Tabela 8. Os PT de lixamento são fundamentais na eficiência do fluxo produtivo, uma vez que representam a etapa inicial na maioria dos processos de acabamento. Por este motivo, a sua localização deve ser cuidadosamente considerada na definição da nova disposição dos PT, devendo ser estrategicamente posicionada próxima da zona de entrada de material e dos PT com maior grau de relação funcional. Adicionalmente, deve ser considerada a proximidade à área de aspiração, essencial para garantir a ligação aos sistemas de extração de partículas e aos pontos de fornecimento de energia necessários ao funcionamento dos equipamentos.

Os PT de polimento devem ser classificados com uma relação "absolutamente necessária" (A) com os PT de lixamento, garantindo um fluxo eficiente e contínuo no fluxo de trabalho. Seguindo a mesma lógica, a inspeção de polido surge como o PT mais diretamente relacionado com o polimento. Dada a elevada frequência de retificações entre estas duas operações, foi considerada essencial a sua proximidade, minimizando deslocações recorrentes. Assim, a bancada de inspeção do polido deve ser posicionada próxima ao polimento dada a classificação de "absolutamente necessária" (A).

Tabela 8 – Tabela REL com a classificação das adjacências entre PT.

REL	Área (m²)	Lixamento	Polimento	Escovagem	Pintura	Inspeção de Pintura	Inspeção de Polido	Armazém de Consumíveis
Lixamento	64,0	-	**A**	**U**	**I**	**O**	**I**	**E**
Polimento	40,0		-	**I**	**U**	**U**	**A**	**I**
Escovagem	46,0			-	**E**	**E**	**E**	**I**
Pintura	21,0				-	**A**	**U**	**A**
Inspeção de Pintura	24,0					-	**U**	**I**
Inspeção de Polido	28,0						-	**I**
Armazém de Consumíveis	12,0							-

O PT de escovagem tem uma forte relação com a inspeção de polido, tendo assim uma relação de classificação de "especialmente necessária" (E). À semelhança do lixamento, a escovagem desempenha um papel de apoio direto à pintura, recebendo peças provenientes de operações anteriores (lixamento e polimento), fornecendo material já preparado para envernizamento. Ainda que apresente um grau de dependência inferior comparativamente ao polimento, à pintura ou à inspeção de pintura, a escovagem assume um papel importante na fluidez do processo produtivo. Desta forma, foi atribuída uma classificação de “especialmente importante” (E) com a pintura e inspeção de pintura.

Por fim, o armazém de consumíveis apresenta uma relação classificada como "absolutamente necessária" (A) com a zona de pintura e “especialmente importante” (E) com os PT de lixamento. Uma grande parte dos consumíveis destina-se essencialmente a estes dois processos.

5.3.3. Aplicação do ALDEP

Considerando as restrições das infraestruturas foram definidas as localizações dos equipamentos e zonas cujo posicionamento foi definido como fixo por questões técnicas ou estruturais: aspiração (42 m^2), receção de materiais (21 m^2), reciclagem (21 m^2), MP de Lixamento (12 m^2), cais de carga e descarga (35 m^2), escritório (42 m^2), e a cabine de pintura (49 m^2).

Foram também definidas as zonas de passagem e que deveriam estar desobstruídas (110 m^2). As áreas a serem alocadas pelo algoritmo correspondem a sete PT: o lixamento, o polimento, a escovagem, a pintura, a inspeção de polido, a inspeção de pintura e o armazém de consumíveis, cujas áreas foram apresentadas na Tabela 8.

Foram definidos os parâmetros para aplicação do ALDEP: uma unidade de área básica de 1 m^2 e uma largura de varrimento de 7 metros. O lixamento foi selecionado como o PT inicial a ser alocado por se tratar tipicamente do primeiro processo de acabamento e por ter uma maior área. As alocações seguintes seguiram o fluxo operacional e as relações definidas pela REL.

Assumindo estas premissas na aplicação do método, foram analisadas as três alternativas possíveis, sendo selecionada a que obteve maior *score* (288 pontos) e apresentado na Tabela 9. A análise pode ser consultada no Apêndice 3.

Tabela 9 – Alocação dos PT de acordo com o ALDEP.

Área Operacional 1		**Área Operacional 2**	**Classificação**	***Score***
Lixamento	➔	Polimento	A	64
Polimento	➔	Inspeção de Polido	A	64
Inspeção de Polido	➔	Escovagem	E	16
Escovagem	➔	Inspeção de Pintura	E	16
Inspeção de Pintura	➔	Pintura	A	64
Pintura	➔	Armazém de Consumíveis	A	64
Pontuação total:				**288**

Assim, resultou o *layout* esquematizado na Figura 30, onde é apresentada a alocação espacial de todas as áreas no setor de acabamentos. Esta representação tem em conta todas as restrições previamente identificadas. Não obstante a validade metodológica da aplicação do método, algumas concessões são necessárias em prol da praticidade operacional.

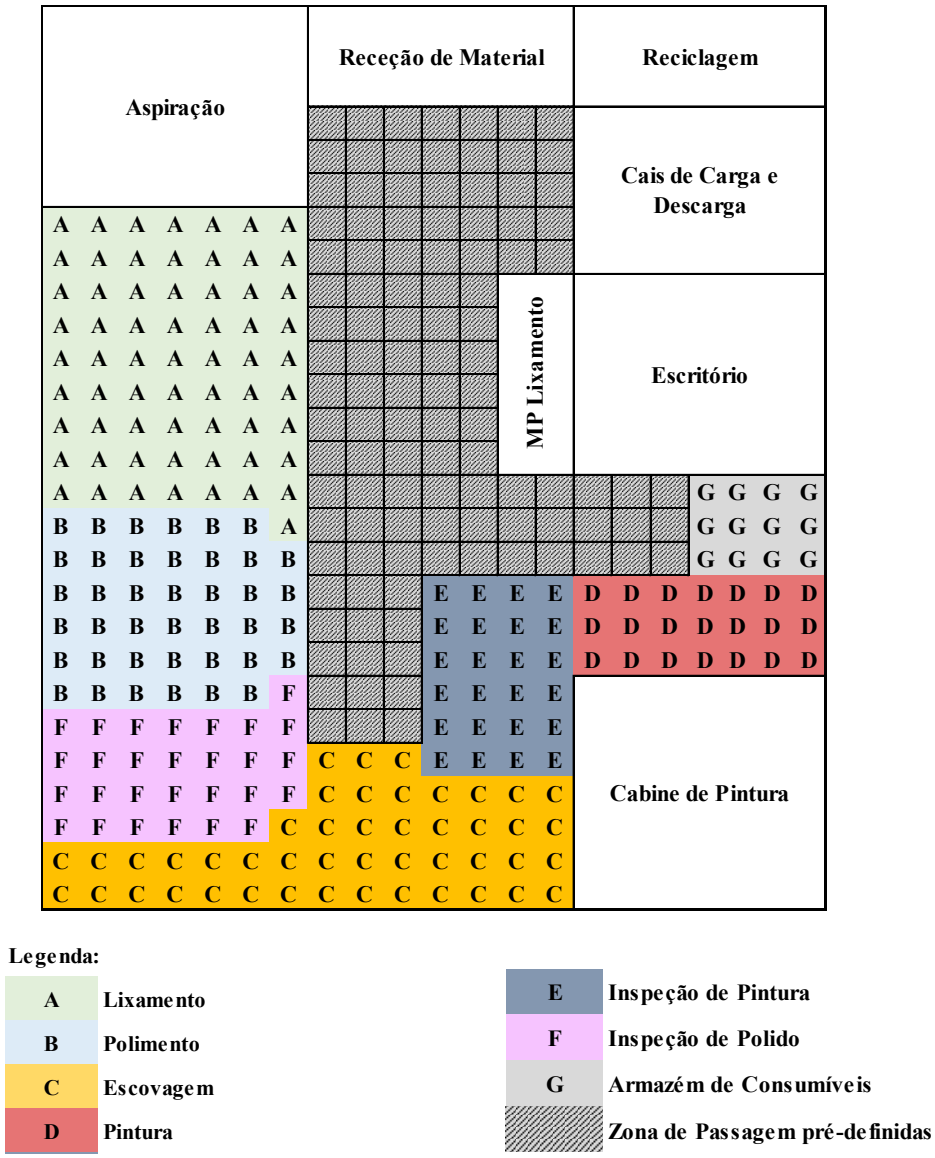


Figura 30 – Aplicação do ALDEP com a alocação dos PT.

5.3.4. Implementação Final do *Layout* Reorganizado

Uma das principais mais-valias da proposta de reorganização do *layout* do setor de acabamentos foi a possibilidade de retirar deste local os dois equipamentos inativos que se encontravam neste local à data de início do desenvolvimento da dissertação, o que permitiu não só libertar área de trabalho útil como uma maior flexibilização da relocalização das zonas produtivas. Considerando a sequência mais comum dos processos produtivos no setor de acabamentos, os PT de lixamento sofreram uma alteração, passando para um local mais próximo da zona de receção de MP (localização 1 e 2 da Figura 31). Esta localização permite assim uma maior proximidade à aspiração instalada e, dadas as suas especificações técnicas e da pré-instalação de condutas tem uma localização fixa.

O material destinado ao lixamento encontra-se distribuído entre duas zonas distintas: uma área principal de armazenamento (localização 21 da Figura 31), onde se concentra a maior parte do *stock*, e três zonas diretamente associadas ao PT, representadas como WIP (△). Os materiais classificados como urgentes são prioritariamente recolhidos pelo responsável e colocados nas paletes junto ao PT, permitindo um controlo mais eficaz do volume em processo e evitando a sobrecarga do espaço disponível.

Esta organização logística reflete ainda a necessidade de ajustar o foco do lixamento consoante o acabamento final das peças. Para além da resposta a situações urgentes, os PT de lixamento devem apresentar flexibilidade suficiente para alimentar diretamente a pintura, o que, por vezes, implica condicionar a entrega a outras operações subsequentes. Em casos específicos, como o das peças destinadas ao banho de *satinox*, cujo envio para subcontratação depende de um volume mínimo de peças, implica orientar toda a sequência de acabamentos (desde o lixamento até à escovagem) para esse objetivo. Assim, a divisão do material com base no acabamento final torna-se crucial para garantir uma resposta célere e eficiente às necessidades da produção.

Respeitando o fluxo operacional, e de acordo com a análise das adjacências, o polimento foi colocado de forma sequencial ao lixamento (localizações 4,5 e 6 da Figura 31), assim como a escovagem (localizações 7, 8, 9 e 18 da Figura 31). Esta reconfiguração do *layout* permitiu assim adicionar um novo torno de escovagem (localização 18 da Figura 31). Considerando a necessidade de registo das aberturas e fechos das operações do lixamento, polimento e escovagem, o computador de registo foi estrategicamente colocado (localização 13 da Figura 31) entre o lixamento e o polimento. À semelhança do que foi explicado em relação ao lixamento, as estruturas assinaladas com o símbolo △, contêm as peças atribuídas a cada PT e que representam *stock* de material em processamento.

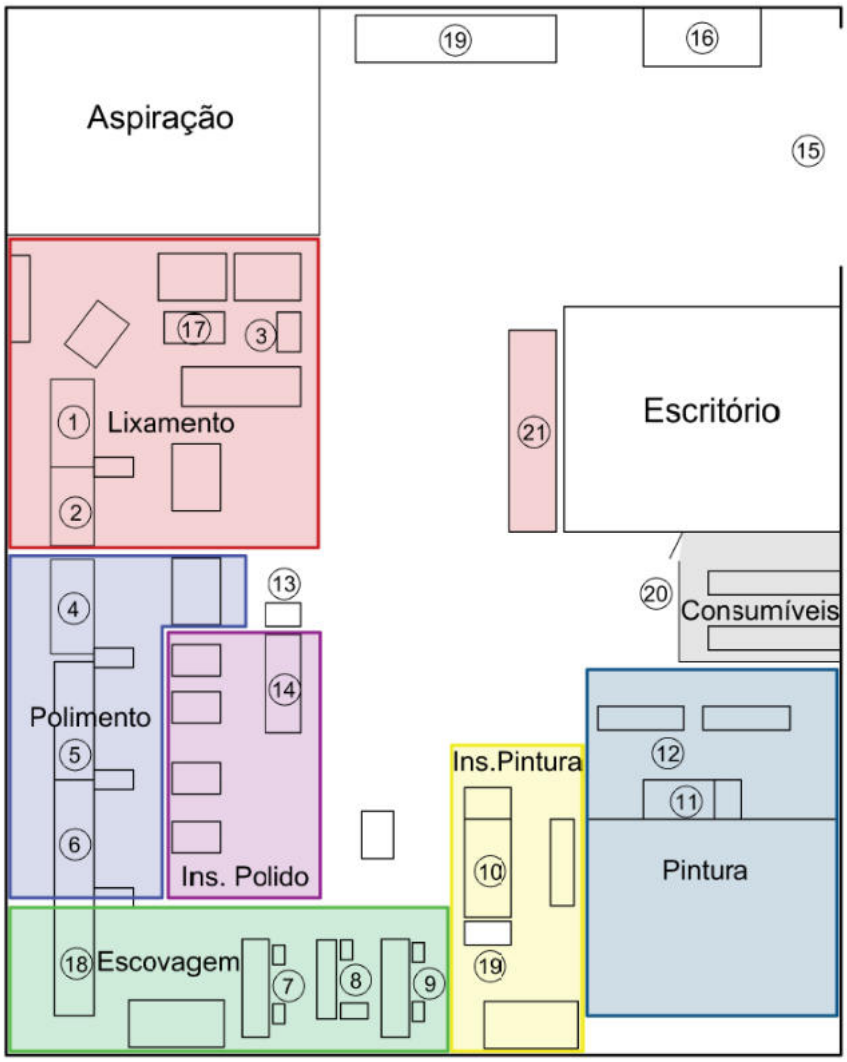
No PT de inspeção do polido (localização 14 da Figura 31), foram ainda definidas três paletes distintas: uma destinada ao material que necessita de retificação por parte do polimento (e que posteriormente é reinspeccionado), uma para material pronto a seguir para a próxima operação interna, e uma última para peças a enviar para subcontratação. Esta organização permite uma gestão visual clara do estado de cada lote de peças, contribuindo para a eficiência e rastreabilidade do processo. Assim, esta área foi ampliada, devido à elevada quantidade de material a processar e à necessidade de triagem eficiente. Adicionalmente, tanto o material proveniente de subcontratação com acabamento niquelado, como o material adquirido externamente é encaminhado diretamente para este PT de inspeção.

A organização do material em paletes, segundo o seu estado ou prioridade, permite gerir eficazmente o fluxo de trabalho, responder com maior rapidez às urgências e garantir a entrega atempada das peças ao setor de pintura, contribuindo para a minimização de paragens e melhoria da coordenação entre operações.

Relativamente à inspeção de pintura, a localização do PT foi mantida, procedendo-se apenas à reorganização dos materiais a serem pintados, com o objetivo de melhorar a gestão visual e o fluxo de trabalho. Neste setor, a inspeção desempenha um papel complementar, apoiando tanto a preparação das peças para pintura como o seu embalamento após a conclusão do processo. A organização do material por tipo de acabamento assume particular importância, permitindo avançar com o processo de pintura ou envernizamento apenas quando existe uma quantidade suficiente de peças para otimizar a utilização da estufa. Cada ciclo de pintura tem uma duração aproximada de 40 minutos, sendo que determinados acabamentos exigem duas camadas de tinta, o que implica dois ciclos de aquecimento consecutivos, totalizando cerca de 1 hora e 20 minutos. Esta gestão criteriosa é essencial para o planeamento da produção, permitindo definir prioridades consoante a urgência e o volume, assegurando uma utilização eficiente dos recursos e evitando desperdícios. O PT de pintura, por sua vez, manteve-se na mesma posição devido a restrições estruturais associadas à cabine, nomeadamente ao seu peso e complexidade de movimentação.

Como já referido, muitos dos consumíveis estavam dispersos em estantes existentes no setor e sem qualquer norma de organização. Nesse sentido, foi considerado na reorganização do *layout* a definição de um armazém de consumíveis (localização 20 da Figura 31). Optou-se por posicioná-lo num local disponível, que não afetasse a fluidez da circulação de pessoas ou materiais e que fosse contíguo ao setor de pintura. Esta decisão foi também sustentada pelo facto de o abastecimento de consumíveis ser da responsabilidade de um colaborador indireto, que não executa operações diretamente nos PT dos acabamentos. Adicionalmente, a proximidade à pintura mostrou-se vantajosa, uma vez que é neste PT que se concentram os consumíveis mais pesados e volumosos, o que permite reduzir o esforço físico e o tempo necessário para o transporte.

A criação de um espaço para receção do material (localização 19 da Figura 31) serve para eliminar as movimentações desnecessárias do operador do lixamento e reduzir o impacto na produção do setor com mais trabalho acumulado. Este espaço é dividido em três zonas: receção material proveniente da maquinagem (latão), material para separação do material e receção de material proveniente da montagem.



Legenda:

1 – Torno de Lixar 1

2 - Torno de Lixar 2

3 – Máquina Lixar Tubo

4 – Torno de Polir 1

5 – Torno de Polir 2

6 – Torno de Polir 3

7 – Torno de Escovagem 1

8 – Torno de Escovagem 2

9 – Torno de Escovagem 3

10 – PT de Inspeção Pintura

11 – Mesa de Mistura

12 – Zona de Secagem

13 – Computador Registo Operações 1

14 – PT de Inspeção Polido

15 – Entrada e Saída (Acessos)

16 – Reciclagem

17 – Máquina de Lixar Planos

18 – Torno de Escovagem 4

19 - Zona de Receção de Material

20 – Armazém de Consumíveis

21 – MP para Lixar

Δ – WIP para respetivo PT

Figura 31 – Configuração final da reorganização do *layout*.

Com o ajuste no processo, o material maquinado que está destinado ao acabamento vai diretamente para o setor, passando a existir uma etapa logística de separação de material em bruto para o respetivo acabamento e a impressão da OF. O responsável tem à sua disposição caixas de transporte e suportes para colocar o material devidamente acomodado para todo o material ficar visível e não existir batidas entre as peças durante o processo. Material de compra ou material maquinado armazenado no armazém de montagem, é enviado para o setor de acabamentos para o responsável rececionar e dividir pelos PT.

Com a reorganização do *layout* do setor de acabamentos, foi repetida a análise de movimentações através do registo recorrendo ao diagrama de *Spaghetti* da Figura 32, tendo sido registadas todas as movimentações efetuadas pelo mesmo operador de cada PT na realização de uma operação contemplada na OF.

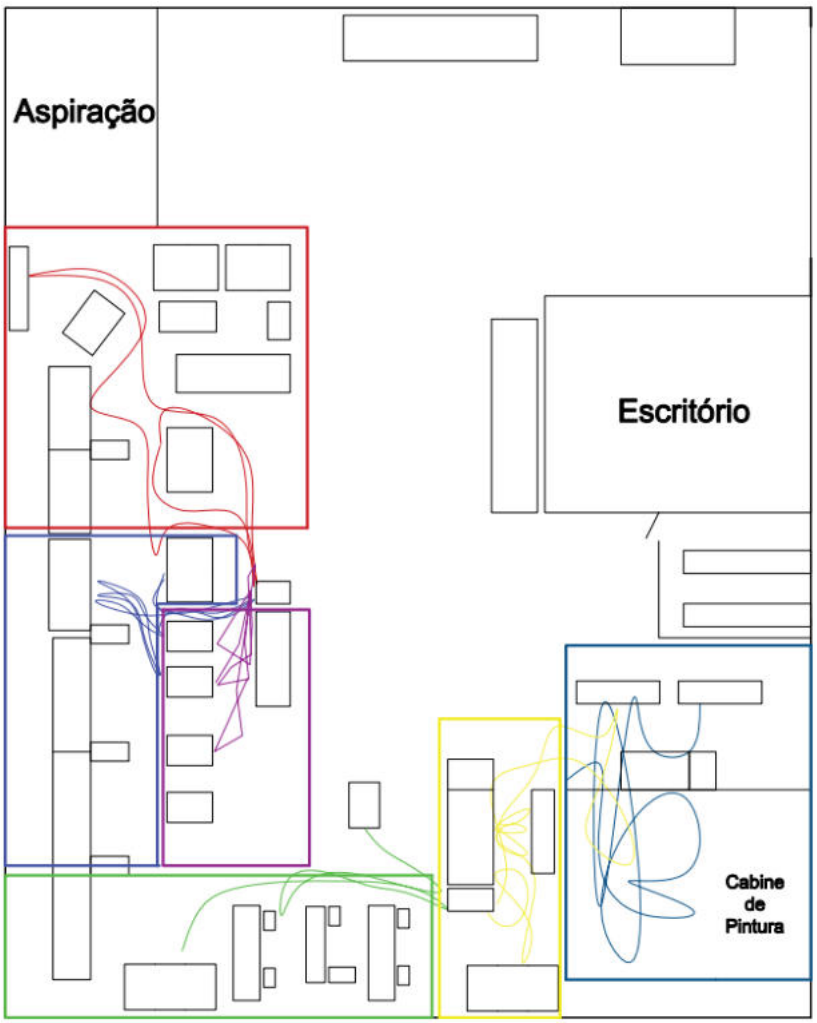


Figura 32 – Diagrama de *Spaghetti* com o registo das movimentações após a reorganização do *layout*.

Considerando a análise comparativa com a Figura 9, é possível visualizar uma redução nas movimentações cruzadas entre operadores. Verifica-se que a maioria dos movimentos são realizados dentro de zona relativa ao respetivo PT. Foi também proposta a aquisição de outro computador de registo. Esta alteração permitiu um menor congestionamento e tempos de espera por parte dos operadores para efetuarem o registo das aberturas e fecho das respetivas OF, visto que o primeiro computador atende as necessidades da escovagem e da inspeção da pintura enquanto que, o segundo está ao dispor do lixamento, polimento e inspeção de polido.

5.4 Estratégias para Melhorar o Planeamento das Operações

Como referido na secção 4.2.6., no processo inicial, o material proveniente da maquinação era enviado para o setor da logística e, posteriormente, encaminhado para o armazém "Lago", onde era utilizado na montagem de conjuntos ou armazenado como *stock*. Só depois deste percurso a responsável do armazém consultava as OF planeadas no sistema, separava o material maquinado e fazia a sua entrega ao setor de acabamentos, onde se iniciavam os processos finais. Este fluxo de materiais deveria ser evitado, dado que as peças destinadas a acabamento não deveriam permanecer em *stock* em estado bruto (latão).

Uma das propostas implementada passou pela criação de uma zona de receção diretamente no setor de acabamentos já apresentada pela Figura 19, onde o material é contabilizado e analisado de acordo com o planeamento das encomendas. Nesta zona procede-se à separação imediata do material maquinado para os diferentes acabamentos, eliminando etapas redundantes. Caso exista excedente, é feita a transferência para o armazém "Lago", mas apenas após a triagem inicial. Com esta alteração, o material flui diretamente para o setor de acabamentos, evitando duplicações de transporte e armazenamento, e garantindo maior rapidez, rastreabilidade e eficiência no processo.

Outra questão a resolver era a redução do tempo despendido na abertura e fecho de operações das OF no sistema informático de forma individualizado. Para agilizar este processo, definiu-se que, no momento de registar as operações no sistema, quando existirem várias peças com o mesmo acabamento e que requeiram as mesmas operações, deve ser efetuado um agrupamento das operações. O processo de picagem, por parte dos operadores, passa a ser ligeiramente diferente, o que requer ações de formação e de um acompanhamento por parte dos responsáveis para mitigar erros ou paragens de produção.

Para quantificar este impacto, foram cronometrados 9 tempos de abertura e 9 tempos de fecho de agrupamentos das operações, executados pelos mesmos operadores, utilizando o método tradicional de picagem individual. Os dados recolhidos permitiram analisar na Tabela 10 a variabilidade dos tempos e servirão de base para comparar os ganhos com a introdução de agrupamentos das operações.

Tabela 10 – Análise tempos de picagens nos agrupamentos das operações.

Agrupamento operações			**Tempo de Registo**	
Conjunto Final	**Quantidade operaçóes**	**Operação**	**Abertura (s)**	**Fecho (s)**
Válvula Clic-Clack, BBS PVD	3	Polir	14	15
Coluna Banheira, Lustrado	16	Polir	17	20
Prato Duche Ø250, Cromado Escovado	7	Escovar	13	15
Sifão Lavatório, Niquelado Escovado	5	Escovar	16	17
Coluna Banheira, Lustrado	16	Lixar	14	16
Prato Duche Ø300, Niquelado Escovado	7	Polir	15	14
Rampa Duche, Preto Soft	6	Inspeção Pintura	14	16
Rampa Duche, Preto Soft	6	Lixar	14	17
Coluna Banheira, Lustrado	16	Inspeção Polido	16	15
Média			**14,8**	**16,1**
Desvio Padrão			**1,30**	**1,80**

Nos resultados observa-se que o agrupamento das operações apresenta tempos de abertura com uma média de 14,8 segundos, desvio padrão de 1,30 segundos. Já o tempo médio de fecho das operações é superior, com um valor médio de 16,1 segundos e desvio padrão de 1,80 segundos. Nas ordens individuais analisadas anteriormente (ver Tabela 5), verifica-se o oposto: o tempo médio da abertura é inferior, com média de 16,3 segundos, maior variabilidade (desvio padrão de 1,90 segundos). Por sua vez, o tempo médio de fecho recorrendo a operações agrupadas é superior ao processo individualizado (com tempo médio de 13,0 segundos, desvio padrão de 1,70 segundos). O agrupamento das operações é mais eficiente na abertura, enquanto o registo individual das operações permite tempos médios de fecho de menor duração.

5.5. Analise e Discussão de Resultados

Nesta secção apresenta-se a análise e discussão dos resultados das propostas de melhoria definidas e implementadas.

5.5.1. Análise da Implementação da Organização e Gestão Visual

Com o objetivo de avaliar as condições reais do ambiente de trabalho e identificar oportunidades de melhoria, foi realizada uma auditoria ao setor com base nos critérios da metodologia 5S. Esta análise permitiu detetar situações de desorganização, excesso de materiais, desperdícios e falta de uniformidade nos procedimentos. Para a avaliação, utilizou-se uma escala de 0 a 3, apresentada na Tabela 11. Esta escala foi baseada no número de anomalias identificadas em cada item analisado em cada um dos sensos. Esta abordagem permitiu uma análise objetiva em diferentes iterações longo do tempo.

Tabela 11 – Escala de avaliação da auditoria 5S.

Escala de Avaliação dos Critérios	
0	**Mau (>2 anomalias; critério inexistente)**
1	**Insuficiente (2 anomalias)**
2	**Suficiente (1 anomalia)**
3	**Excelente (0 anomalias)**

Com a avaliação dos aspetos a auditar definidos, criou-se também uma escala de avaliação dos resultados representada pela Tabela 12. Isto permitiu fazer uma transformação dos resultados numa escala de 0 a 100%.

Tabela 12 – Categorias de classificação do resultado da auditoria 5S.

Escala do Resultado	
81 - 100 %	**5S nível avançado**
61 - 80 %	**Práticas 5S consolidadas**
41 - 60 %	**Práticas 5S satisfatórias**
21 - 40 %	**Práticas 5S iniciadas**
0 - 20 %	**Práticas 5S ausentes**

No Apêndice 4 é apresentada a estrutura da Auditoria 5S que foi desenvolvida e aplicada no decorrer deste projeto. A primeira etapa da auditoria consistiu na análise dos critérios relativos ao primeiro senso, *Seiri* (Classificação), com o objetivo de verificar se o setor possui apenas os materiais, equipamentos e documentos estritamente necessários à realização das atividades. Através da auditoria, foram avaliadas diversas áreas específicas como armários, bancadas, ferramentas, EPI, zonas de circulação, documentação afixada e o espaço disponível no chão. Foi assim possível identificar itens em desuso, excessos de materiais, informações desatualizadas ou elementos que ocupavam espaço sem função útil. A identificação dessas situações foi fundamental para eliminar o que não agrega valor ao ambiente de trabalho, contribuindo para um espaço mais funcional, seguro e produtivo.

Em relação ao segundo senso, *Seiton* (Ordenação), foi analisada a arrumação de todos os materiais, ferramentas e equipamentos nos locais definidos, identificados e acessíveis. Armários e bancadas devem seguir um padrão de organização que facilite o trabalho diário, evitando perdas de tempo. A documentação deve estar atualizada e visível, sem obstruir zonas de trabalho. Itens de emergência, como extintores e saídas, precisam estar desobstruídos e sinalizados. Também é essencial que os contentores de resíduos, utensílios de limpeza e equipamentos móveis estejam devidamente localizados, promovendo segurança, eficiência e um ambiente de trabalho mais funcional.

Na avaliação do terceiro senso, *Seiso* (Limpeza), o foco foi a verificação das condições de higiene e conservação dos diferentes elementos do setor de acabamentos: assegurar que armários, bancadas, ferramentas, equipamentos e áreas comuns estejam limpos, bem conservados e livres de sujidade ou resíduos acumulados.

Na avaliação do quarto senso *Seiketsu* (Padronização), verificou-se a informação, os materiais e os recursos do setor se mantêm devidamente identificados, organizados e mantidos segundo padrões definidos. É essencial que documentos estejam atualizados, as marcações no pavimento e etiquetas visíveis e uniformes, e que exista um controlo claro de consumíveis, peças de reserva e planos de limpeza. A disciplina *Shitsuke* (Disciplina) visa analisar se todos os critérios dos sensos anteriores são mantidos de forma a garantir a melhoria contínua.

Em relação ao senso de Segurança, é avaliada a existência de condições de trabalho seguras e a prevenção de acidentes no setor. Esta etapa deve assegurar que os sistemas elétricos, vias de circulação, produtos químicos e dispositivos de emergência, se encontram em bom estado, devidamente sinalizados e acessíveis.

Verifica-se ainda se há conhecimento das normas de segurança, utilização correta dos EPI e aplicação de boas práticas ergonómicas, promovendo um ambiente de trabalho seguro para todos.

Foram realizadas duas auditorias 5S, uma 1ª auditoria antes da implementação da organização do setor de acabamentos (Apêndice 4) e uma 2ª auditoria após a implementação das propostas (Apêndice 5).

Como se pode verificar na Figura 33, na 1ª Auditoria, o primeiro senso registou uma pontuação de 11%, revelando a existência de uma elevada quantidade de materiais sem utilização, que ocupam espaço e não acrescentam valor ao setor, concluindo-se, assim, que as práticas 5S se encontram praticamente ausentes nesta dimensão. Com a separação e descarte do material houve uma melhoria deste senso para 89% o que garante uma boa pática 5S e mudanças significativas. Relativamente ao 2º e 3º sensos, os resultados são ligeiramente melhores: 21% no senso de organização e 27% no senso de limpeza. Estes valores demonstram que as práticas 5S começaram a ser aplicadas, embora ainda exista uma ampla margem para melhoria. Os resultados particularmente baixos dos três últimos sensos na 1ª auditoria podem ser explicados pelos resultados dos três primeiros. O facto de as primeiras etapas se encontrarem ainda em fase inicial compromete a eficácia e o cumprimento da padronização (8%) e disciplina (0%), dado que na ausência de um método estabelecido, não é possível criar e manter disciplina. Por fim, a segurança atingiu somente 13%.

O resultado da 1ª auditoria evidenciou que a situação inicial do setor de acabamentos era bastante crítica, traduzindo-se numa pontuação global de apenas 13%. Dos 42 pontos de análise avaliados em cada um dos sensos, 25 foram classificados como “Mau (>2 anomalias; inexistente)” e os restantes 17 como “Insuficiente (2 anomalias)”.

Relativamente à 2ª auditoria, a qual foi realizada imediatamente após a implementação das propostas de melhoria, pode ser observado que a classificação aumentou de 11% para 89%. Com uma maior atenção à organização e limpeza de todos as áreas do setor, foi possível aumentar o valor das percentagens para 79% no senso de organização e 67% no senso de limpeza. Estas melhorias contribuíram para o bom funcionamento e eficiência do setor, assim como uma base mais reforçada para aumentar o desempenho dos sensos seguintes. Os valores dos sensos da padronização e disciplina aumentaram para um nível de classificação entre 21 – 40% que significa que as práticas 5S foram iniciadas, porém ainda há bastante margem para desenvolvimento. A segurança também teve uma melhoria considerável (53%).

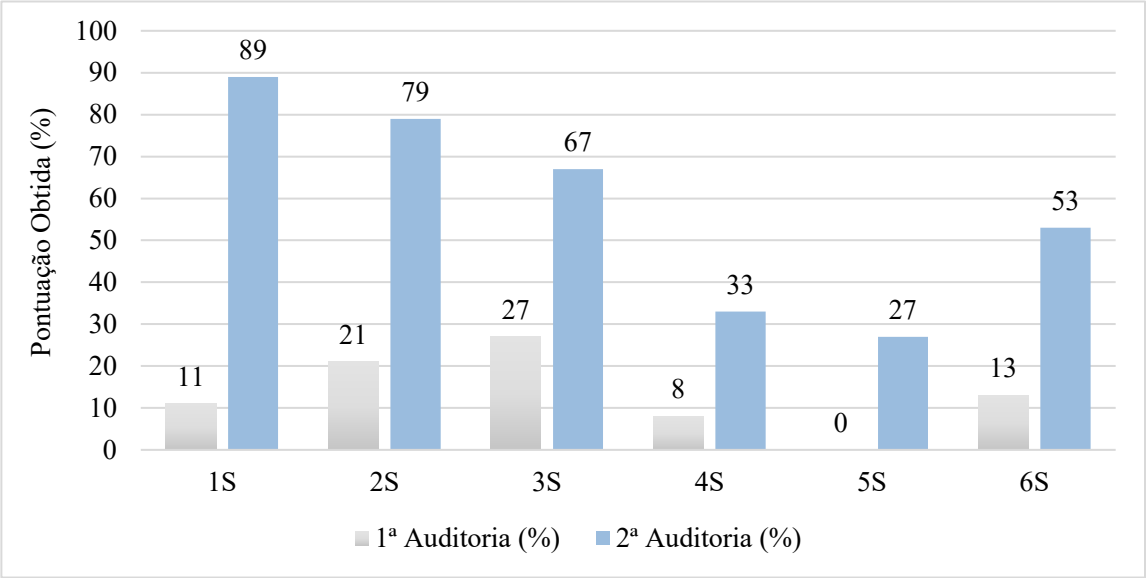


Figura 33 – Comparação dos resultados da 1ª e da 2ª Auditoria 5S.

Já na 2ª auditoria, verificou-se uma evolução clara com um aumento de 45% (de 13% para 58%) e apenas 6 pontos dos 42 foram classificados como "Mau (>2 anomalias; inexistente)" e 7 como "Insuficiente (2 anomalias)". Apesar das melhorias alcançadas, existem ainda uma importante margem de melhoria.

5.5.2. Redução das Movimentações com a Reorganização do *Layout*

Com as alterações introduzidas com a reorganização do *layout* operacional foi possível reduzir as movimentações dos colaboradores na realização das operações, comparando quantitativamente o número de movimentações no *layout* inicial e no *layout* reorganizado. Os resultados desta análise são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Resultados da redução de movimentações com a reorganização do *layout*.

PT	**Distâncias Percorridas (m)**	
	***Layout* inicial**	***Layout* reorganizado**
Lixamento	66	40
Polimento	87	29
Inspeção Polido	51	3
Escovagem	42	21
Inspeção Pintura	43	35
Total	**289**	**128**
Redução de Movimentação (%)		**55,7**

Importa salientar que as movimentações da zona de pintura não foram contabilizadas visto que o operador não regista as operações e o *layout* do PT não foi alterado.

A análise realizada mostra uma redução de aproximadamente 55,7% nas distâncias percorridas pelos operadores com a implementação do novo *layout* (de 289 metros para 128 metros). Estes valores refletem uma melhoria em termos de organização espacial e eficiência do fluxo de trabalho. Contudo, é importante salientar que os dados considerados correspondem apenas a uma movimentação de cada operador em cada *layout*. Ou seja, trata-se de uma amostra muito limitada, que não permite tirar conclusões sobre o desempenho global da reorganização do *layout*. Além disso, a soma total das movimentações serve apenas para ilustrar o ganho global potencial, mas este tipo de agregação tem limitações uma vez que cada operador desempenha operações diferentes, com necessidades de movimentação distintos. Com esta configuração de *layout*, é possível detetar movimentações desnecessárias ou ineficiências.

5.5.3. Redução dos Tempos de Picagem

Durante o período de um mês (22 dias de trabalho) foi efetuada a contagem da realização de operações individualmente, isto é, o a quantidade de registos que os operadores realizam num dia de trabalho. Na Tabela 14 estão apresentados os valores por semana de quantidade de operações registadas por cada operador e, com o valor médio diário. Considerando todos os PT analisados, em média, por dia são registadas um total de 170 operações no setor de acabamentos.

Tabela 14 – Contabilização do registo de operações.

PT	Quantidade de Operações Realizadas					
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Média por dia
Lixamento	76	162	176	184	88	30
Lixamento	44	53	77	60	36	12
Polimento	79	79	92	117	71	19
Polimento	48	41	64	47	58	11
Polimento	22	104	25	89	55	13
Inspeção Polido	147	224	245	269	168	46
Inspeção Pintura	84	110	169	142	109	27
Escovagem	47	63	63	58	68	12
					Total:	**170**

Com o valor total de operações realizadas por dia, é possível prever o tempo gasto ao registar as operações individualmente com o agrupamento das operações. A análise da Tabela 15 foi efetuada com base nos tempos de registo efetuados (operações registadas individualmente e operações agrupadas), de forma a poder estimar o benefício da estratégia de agrupamento de operações.

Assim, teoricamente, para registar as 170 operações diárias, de forma individual, demoraria 83,1 minutos, enquanto, usando o agrupamento das operações apenas seriam necessários 18,3 minutos. Escalando estes dados para um mês de trabalho, a abertura e fecho das operações individualmente necessitariam de 30,5 horas enquanto no caso das operações agrupadas, os operadores consumiriam apenas 6,7 horas. Esta diferença resultaria num benefício traduzido numa redução de 78% de tempo útil consumido em registos informáticos. Apesar da necessidade de realização destes registos, estas tarefas não acrescentam valor ao produto, pelo que qualquer medida que se traduza na redução destes tempos representa um importante contributo para a melhoria da produtividade.

Tabela 15 – Comparação do tempo de registo das operações individuais e das operações agrupadas.

Tipo	**Tempo gasto por dia 170 operações (min)**	**Tempo gasto por mês (horas)**
Operações Individuais	83,1	30,5
Operações Agrupadas	18,3	6,70
Redução de Tempo Estimado (%)		**78,0**

6. Principais Conclusões

Neste capítulo apresentam-se as principais conclusões decorrentes do projeto de dissertação, assim como as propostas de trabalho futuro.

6.1. Considerações Finais

A presente dissertação foi realizada no setor de acabamentos de uma empresa metalúrgica dedicada à transformação do latão, OEM, *Craftmanship* e de produtos de *Private Label*, no qual foi implementado um plano de melhorias associados aos fluxos produtivos, aplicando os princípios e ferramentas *Lean Manufacturing.*

As intervenções realizadas no setor de acabamentos demonstraram o impacto positivo da aplicação prática da metodologia 5S na melhoria da organização, da gestão visual e da eficiência operacional do setor. Através da análise detalhada das situações iniciais – caracterizadas por desorganização, excesso de materiais, falhas na identificação e ausência de procedimentos padronizados – foi possível identificar problemas que comprometiam não só a produtividade, mas também a ergonomia, a segurança dos operadores e a qualidade do produto final.

A reorganização de áreas críticas, como os PT de lixamento e pintura, assim como a definição de zonas de receção de material, contribuíram para uma maior fluidez no processo, melhor controlo das OF e maior visibilidade sobre o estado da produção. Os resultados das auditorias 5S confirmaram a eficácia das medidas implementadas, traduzindo-se numa melhoria em todos os sensos avaliados. A pontuação global do setor passou de 13% na primeira auditoria para 58% na segunda, representando um aumento de 45 pontos percentuais. Esta análise evidencia a consolidação das práticas de organização, limpeza e gestão visual, bem como uma melhoria clara nas condições de trabalho e na eficiência do processo.

Embora os valores relativos à padronização e disciplina ainda revelem margem para evolução, o avanço registado confirma que a cultura de melhoria contínua está em desenvolvimento neste setor.

As melhorias implementadas na gestão de consumíveis permitiram ganhos em termos de eficiência e organização do setor. A centralização do acesso no responsável de secção reduziu deslocações desnecessárias e perdas de tempo. A análise ABC possibilitou uma

gestão diferenciada dos artigos, assegurando maior prioridade aos itens críticos (classe A), onde 81,7% do consumo era representado por 17 dos 49 itens.

Com a criação do novo armazém intermédio, associando as localizações definidas e a introdução de um sistema de registo fiável, reforçou-se o controlo e a rastreabilidade dos materiais consumíveis. Esta reorganização aumentou a acessibilidade, melhorou a gestão visual e reduziu desperdícios associados à procura e manuseamento inadequado dos consumíveis.

Em termos globais, conclui-se que a implementação destas medidas contribuiu para um processo mais estável, previsível e eficiente, reforçando a produtividade do setor e criando uma base sólida para futuras iniciativas de melhoria contínua.

As restrições estruturais e funcionais do setor condicionaram a reorganização do *layout.* Todavia, a solução implementada conseguiu melhorar os fluxos sem comprometer a viabilidade técnica. A nova disposição dos PT assegurou maior proximidade entre operações críticas, como lixamento, polimento e inspeção, reduzindo deslocações desnecessárias e melhorando a coordenação entre processos. Em termos quantitativos, registou-se uma redução de cerca de 55,7% nas distâncias percorridas pelos operadores, traduzindo-se em ganhos de eficiência e ergonomia. Globalmente, a reorganização do *layout* contribuiu para um fluxo produtivo mais coerente, organizado e eficiente, reforçando as condições para a melhoria contínua do setor.

As análises realizadas evidenciam que o fluxo inicial de envio do material maquinado para o armazém "Lago" introduzia etapas redundantes, sem acrescentar valor ao produto final, o que resultava em custos acrescidos de transporte e mão-de-obra. A criação de uma zona de receção diretamente no setor de acabamentos revelou-se uma solução eficaz, permitindo eliminar movimentações desnecessárias, agilizar a triagem do material e encaminhar de imediato as peças para o respetivo acabamento. Esta medida reforça a eficiência logística e melhora a fluidez do processo produtivo.

O estudo evidencia que o agrupamento das operações permite reduzir o tempo gasto em registos administrativos (abertura e fecho de operações no computador de registo). Enquanto o método inicial exigia cerca de 30,5 horas mensais, o agrupamento teoricamente reduziria este valor para apenas 6,7 horas, representando um benefício de 78%. Esta melhoria traduz-se numa menor carga burocrática para os operadores, maior fluidez no processo e mais tempo disponível para atividades produtivas, reforçando assim a eficiência global do setor.

Adicionalmente, esta melhoria contribui também para uma maior fiabilidade no planeamento da produção, permitindo prever de forma mais realista as datas de entrega do produto acabado.

Numa perspetiva pessimista, em que possam ocorrer imprevistos ou constrangimentos no processo produtivo, a redução do tempo administrativo constitui uma margem extra de segurança, ajudando a cumprir prazos e aumentar a confiança junto dos clientes. No presente trabalho, existiram bastantes dificuldades no que diz respeito ao mapeamento dos processos existentes visto que eram mal definidos e existia pouca organização do espaço. Uma limitação apresentada a proposta da uniformização de caixas de transporte que impediu uma melhor identificação do material contido nestas.

6.2. Propostas de Trabalho Futura

Como proposta de trabalho futuro, propõe-se a aquisição e substituição integral das caixas de transporte usadas no setor de acabamentos de forma a atingir a máxima padronização do transporte de peças e sistematizar o procedimento de identificação das peças, como evidenciado pela exemplificação demonstrada.

Outra proposta de melhoria seria a melhoria do planeamento dos transportes entre o setor do acabamento e o armazém de produto acabado “Lago”. Os transportes realizados entre os armazéns não são planeados o que representa um custo elevado dadas a falta de aproveitamento da carga total dos veículos usados nessas deslocações. Muitas destas deslocações representam puro desperdício de deveria ser reduzido.

Referências Bibliográficas

Halim, N. H., Jaffar, A., Yusof, N., Jaafar, R., Adnan, A. N., Mohd Salleh, N. A., & Azira, N. N. (2015). Standardized Work in TPS Production Line. *Jurnal Teknologi*, *76*(6), 73–78. https://doi.org/10.11113/jt.v76.5681

Ali Naqvi, S. A., Fahad, M., Atir, M., Zubair, M., & Shehzad, M. M. (2016). Productivity improvement of a manufacturing facility using systematic layout planning. *Cogent Engineering*, *3*(1). https://doi.org/10.1080/23311916.2016.1207296

Amaro, P., Alves, A., & Sousa, R. (2021). Lean Thinking as an Organizational Culture. *Organizational Cultures: An International Journal*. https://doi.org/10.18848/2327-8013/CGP

Banga, K., Kumar, R., Kumar, P., Purohit, A., Kumar, H., & Singh, K. (2020). Productivity improvement in manufacturing industry by lean tool. *Materials Today: Proceedings*, *28*, 1788–1794. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.195

Belekoukias, I., Garza-Reyes, J. A., & Kumar, V. (2014). The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *International Journal of Production Research*, *52*(18), 5346–5366. https://doi.org/10.1080/00207543.2014.903348

Belokar R. M., Kumar Vikas, & Kharb Sandeep Singh. (2012). An Application Of Value Stream Mapping In Automotive Industry: A Case Study. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)*, *1*(2), 152–157.

Bragança, S., & Costa, E. (2015). *Na Application of the Lean Production Tool Standard Work*. *76*, 2180–3722. www.jurnalteknologi.utm.my

Cardoso, A., Colim, A., Bicho, E., Braga, A. C., & Arezes, P. (2025). A novel human-centered methodology for assessing manual-to-collaborative safe conversion of workstations. *Safety Science*, *181*(May 2024), 106685. https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106685

Chiarini, A., Baccarani, C., & Mascherpa, V. (2018). Lean production, Toyota Production System and Kaizen philosophy. *The TQM Journal*, *30*(4), 425–438. https://doi.org/10.1108/TQM-12-2017-0178

Costa, E., Braganca, S., Alves, A., & Sousa, R. (2014). Action-research methodology to improve performance using lean production tools. *Technics Technologies Education Management*, *9*(2), 253–264.

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.

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

Deshpande, V., Patil, M., Baviskar, V., & Ganghi, J. (2016). Plant Layout Optimization using CRAFT and ALDEP Methodology. *Productivity Journal*, *57*(1), 32–42.

Deshpande, V., Patil, N. D., Baviskar, V., & Gandhi, J. (2016). Plant Layout Optimization Using CRAFT and ALDEP Methodology. *Productivity Journal by National Productivity Council*, 32–42. https://www.researchgate.net/publication/318743771

Dinis-Carvalho, J., Guimaraes, L., Sousa, R. M., & Leao, C. P. (2019). Waste identification diagram and value stream mapping. *International Journal of Lean Six Sigma*, *10*(3), 767–783. https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2017-0030

Drira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems: A survey. *Annual Reviews in Control*, *31*(2), 255–267. https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2007.04.001

Eaidgah Torghabehi, Y., Maki, A. A., Kurczewski, K., & Abdekhodaee, A. (2016). Visual management, performance management and continuous improvement: A lean manufacturing approach. *International Journal of Lean Six Sigma*, *7*(2), 187–210. https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2014-0028

Elahi, B. (2021). Manufacturing plant layout improvement: Case study of a high-temperature heat treatment tooling manufacturer in Northeast Indiana. *Procedia Manufacturing*, *53*, 24–31. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.06.006

García Alcaraz, J. L., & Macías, A. A. M. (2016). *Just-in-Time Elements and Benefits*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25919-2

González-Reséndiz, J., Arredondo-Soto, K. C., Realyvásquez-Vargas, A., Híjar-Rivera, H., & Carrillo-Gutiérrez, T. (2018). Integrating simulation-based optimization for lean logistics: A case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, *8*(12). https://doi.org/10.3390/app8122448

Gualtieri, L., Öhler, M., Revolti, A., & Dallasega, P. (2024). A visual management and augmented-reality-based training module for the enhancement of short and long-term procedural knowledge retention in complex machinery setup. *Computers &*

Industrial Engineering, *196*(August), 110478. https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110478

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

Guzel, D., & Shahbazpour Asiabi, A. (2022). Increasing Productivity of Furniture Factory with Lean Manufacturing Techniques (Case Study). *Technical Journal*, *16*(1), 82–92. https://doi.org/10.31803/tg-20211010121240

Harish, K., & Selvam, M. (2015). *Lean Wastes: A Study of Calssification from Different Categories and Industry Perspectives*.

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.

Klein, L. L., Vieira, K. M., Alves, A. C., & Pissutti, M. (2023). Demystifying the eighth lean waste: a knowledge waste scale. *International Journal of Quality and Reliability Management*, *40*(8), 1876–1898. https://doi.org/10.1108/IJQRM-01-2022-0020

Kovács, G. (2020). Combination of Lean value-oriented conception and facility layout design for even more significant efficiency improvement and cost reduction. *International Journal of Production Research*, *58*(10), 2916–2936. https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1712490

Kurdve, M., & Bellgran, M. (2021). Green lean operationalisation of the circular economy concept on production shop floor level. *Journal of Cleaner Production*, *278*, 123223. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123223

Kurdve, M., Harlin, U., Hallin, M., Söderlund, C., Berglund, M., Florin, U., & Landström, A. (2019). Designing visual management in manufacturing from a user perspective. *Procedia CIRP*, *84*, 886–891. https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.310

Malega, P., Daneshjo, N., Rudy, V., & Drábik, P. (2021). PDCA Cycle – Tool for Improvement of the Business Processes – Case Study. *TEM Journal*, 1336–1347. https://doi.org/10.18421/TEM103-42

McLoughlin, C., & Miura, T. (2017). True Kaizen: Management's role in improving work climate and culture. In *True Kaizen: Management's Role in Improving Work Climate and Culture*. https://doi.org/10.1201/9781315180373

Narke, M. M., & Jayadeva, C. T. (2020). Value Stream Mapping: Effective Lean Tool for SMEs. *Materials Today: Proceedings*, *24*, 1263–1272. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.441

Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, *13*, 1082–1089. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139

P. Womack, J., & T. Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish Waste And Create Wealth In Your Corporation*. Free Press.

Palange, A., & Dhatrak, P. (2021). Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, *xxxx*. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.193

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. L. Q., Matias, J. C. O., Pimentel, C., Azevedo, S. G., & Govindan, K. (2018). Lean Manufacturing and Kaizen. In *Just in Time Factory:Implementation through Lean Manufacturing Tools* (pp. 5–24). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-77016-1_2

Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras* (6th ed.). LIDEL.

Pinto, J. P. (2019). Estudo dos Métodos e Medição do Tempo para a melhoria da produtividade e humanização do trabalho. In *Estudo do Trabalho* (1ª Edição, pp. 10–24). CLT Valuebased Services Lda.

Rahman, M. N. A., Khamis, N. K., Zain, R. M., Deros, B. M., & Mahmood, W. H. W. (2010). Implementation of 5S practices in the manufacturing companies: A case study. *American Journal of Applied Sciences*, *7*(8), 1182–1189. https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.1182.1189

Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M. (2013). Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. *Procedia Economics and Finance*, *7*, 174–180. https://doi.org/10.1016/s2212-5671(13)00232-3

Raikar, Prasannakattimani, & Gaurish Walke. (2015). Use of Spaghetti Diagram for Identification and Elimination of Waste Movements in Shop Floor for OEE Improvement: A Case Study. *International Journal of Engineering Research And*, *V4*(05), 1145–1149. https://doi.org/10.17577/IJERTV4IS051141

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), 1–7. https://doi.org/10.3390/app8112181

Roriz, C., Nunes, E., & Sousa, S. (2017). Application of Lean Production Principles and Tools for Quality Improvement of Production Processes in a Carton Company. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1069–1076. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.218

Ruano, J. P., Hoyuelos, I., Mateo, M., & Gento, A. M. (2019). Lean School: A learning factory for training lean manufacturing in a physical simulation environment. *Management and Production Engineering Review*, *10*(1), 4–13. https://doi.org/10.24425/mper.2019.128239

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

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

Sangani, R., & Kottur, V. K. N. (2019). Enhancement in productivity by integration of 5S methodology and time and motion study. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 541–550. https://doi.org/10.1007/978-981-13-2490-1_50

Saunders, M. N. K., Lewis, P., & Thornhill, A. (2023). *Research Methods For Business Students* (9th ed.). Pearson.

Senderská, K., Mareš, A., & Václav, Š. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, *79*(1), 139–150.

Singh, A., & Ahuja, I. S. (2015). Review of 5S methodology and its contributions towards manufacturing performance. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, *5*(4), 408. https://doi.org/10.1504/IJPMB.2015.072320

Singh, H., Bahl, A., Kumar, A., & Mann, G. S. (2018). Materials and Information Flow Analysis and Optimization of Manufacturing Processes in MSMEs by the Application of Value Stream Mapping (VSM) Technique. *Harpreet Singh / Materials Today: Proceedings*, *5*, 28420–28426. www.sciencedirect.comwww.materialstoday.com/proceedings2214-7853

Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, *15*(6), 553–564. https://doi.org/10.1080/00207547708943149

Suhardini, D., & Rahmawati, S. D. (2019). Design and improvement layout of a production floor using automated layout design program (ALDEP) and CRAFT algorithm at CV. Aji Jaya Mandiri. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *528*(1). https://doi.org/10.1088/1757-899X/528/1/012062

Tayal, A., & Singh Kalsi, N. (2020). Review on effectiveness improvement by application of the lean tool in an industry. *Materials Today: Proceedings*, *43*, 1983–1991. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.431

Teriete, T., Langenfeld, L., Erlach, K., & Bauernhansl, T. (2024). Adapting The Product Family Concept To A Digitalised Value Stream Method. *Proceedings of the Conference on Production Systems and Logistics*, 156–164. https://doi.org/10.15488/17709

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

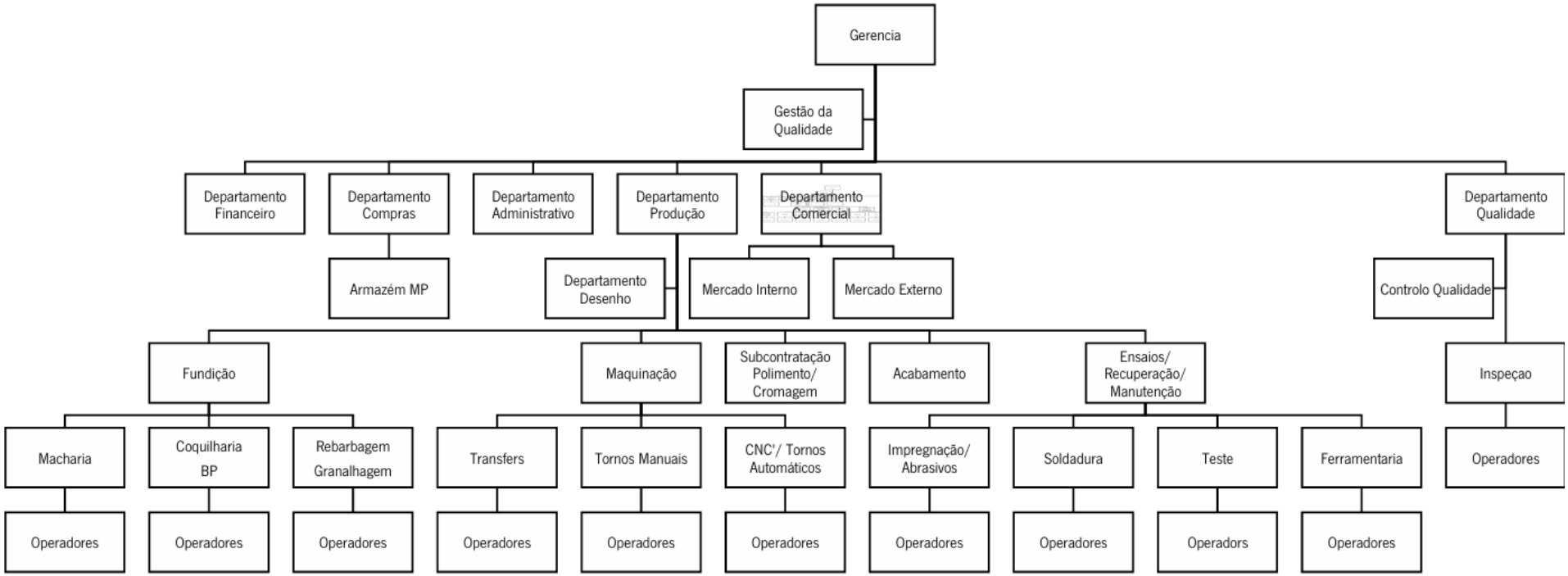
Wiendahl, H.-P., Reichardt, J., & Nyhuis, P. (2015). *Handbook Factory Planning and Design*. Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-46391-8

Wiyaratn, W., Watanapa, A., & Kajondecha, P. (2013). Improvement Plant Layout Based on Systematic Layout Planning. *International Journal of Engineering and Technology*, *5*(1), 76–79. https://doi.org/10.7763/IJET.2013.V5.515

Wronka, A. (2017). Lean Logistics. *Journal of Positive Management*, *7*(2), 55–63. https://doi.org/10.12775/JPM.2016.012

Zhou, E., Chen, K., & Zhang, Y. (2011). Overall Layout Design of Iron and Steel Plants Based on SLP Theory. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology: Vol. 345 AICT* (Issue PART 2, pp. 139–147). https://doi.org/10.1007/978-3-642-18336-2_17

Anexo 1 – Organograma da Empresa



Apêndice 1 – Análise ABC dos Consumíveis

Nº	Código Artigo	Designação	Quantidade Consumida	Percentagem Cumulativa Individual	% Individual de Consumo	% Cumulativa	Classe
1	041100102800	CINTA DE LIXA 500x25 G180	201	2.0%	8%	7.6%	A
2	040600600500	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(600)	163	4%	6%	13.7%	A
3	040600600200	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(400)	159	6%	6%	19.8%	A
4	041100103100	CINTA DE LIXA 500x25 G400	149	8%	6%	25.4%	A
5	040600600400	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(320)	146	10%	6%	30.9%	A
6	040600600300	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(180)	145	12%	5%	36.4%	A
7	041100103000	CINTA DE LIXA 500x25 G320	142	14%	5%	41.7%	A
8	041101200200	LIXA TRIZACT 500x25	136	16%	5%	46.9%	A
9	041100103300	CINTA DE LIXA TJ438 2400x65 G180	131	18%	5%	51.8%	A
10	041100103900	CINTA DE LIXA 2400x65 G600	127	20%	5%	56.6%	A
11	041101300100	SABÃO DE LUSTRAR (ROSA) PASTA SOLIDA DAFNOLIT MAR	125	22%	5%	61.3%	A
12	044000100400	ROLO SCOTCH 500X25 AZUL	117	24%	4%	65.7%	A
13	041100103500	CINTA DE LIXA JC122 2400x65 G320	92	27%	3%	69.2%	A
14	041100103600	CINTA DE LIXA JC122 2400x65 G400	89	29%	3%	72.6%	A
15	040600600100	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(120)	87	31%	3%	75.9%	A

Nº	Código Artigo	Designação	Quantidade Consumida	Percentagem Cumulativa Individual	% Individual de Consumo	% Cumulativa	Classe
16	044000100200	ROLO SCOTCH 100x10000mm VERDE GR.100-280 120782 TYROLIT	78	33%	3%	78.8%	A
17	040600600000	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(80)	77	35%	3%	81.7%	A
18	041101200100	LIXA TRIZACT 2400x65 3M 237AA A16	75	37%	3%	84.6%	B
19	100200300200	FITA COLA PAPEL MASKING 25MM	57	39%	2%	86.7%	B
20	040500500100	ESCOVA VENTILADA DE MALHA ABRASIVA 300X80 (SCOTCH)	50	41%	2%	88.6%	B
21	043500300500	FILTROS DE PAPEL 190	40	43%	2%	90.1%	B
22	040900201200	LUVAS ALGODÃO BRANCA TAM.9 (PACK 12)	36	45%	1%	91.5%	B
23	044300301200	DISCOS VENTILADOS DE ALGODÃO PLISSADO T1 Ø450x35 C/16F	33	47%	1%	92.7%	B
24	041100103400	CINTA DE LIXA TJ438 2400x65 G100	26	49%	1%	93.7%	B
25	044300301000	DISCOS VENTILADOS DE ALGODÃO PLISSADO T1 Ø450x25 C/16F	20	51%	1%	94.4%	B
26	044301900000	FILTRO P/PISTOLA COPO SUPERIOR	15	53%	1%	95.0%	B
27	044100000500	VERNIZ B/691G 40% BRILHO 4L	14	55%	1%	95.5%	C
28	040900200600	LUVAS PELE TAM.9	13	57%	0%	96.0%	C
29	040201000300	TINTA ESMALTE PRETO EXTRA MATE B/691G 5kg	13	59%	0%	96.5%	C
30	041100105000	CINTA DE LIXA 2400x120 G100	11	61%	0%	96.9%	C
31	043500300400	FILTROS DE PAPEL 125	9	63%	0%	97.3%	C
32	040201000400	TINTA ENDURECEDOR N/T 1kg	9	65%	0%	97.6%	C
33	041100104800	CINTA DE LIXA 2400x120 TRIZAC	8	67%	0%	97.9%	C

Nº	Código Artigo	Designação	Quantidade Consumida	Percentagem Cumulativa Individual	% Individual de Consumo	% Cumulativa	Classe
34	041100105300	CINTA DE LIXA 2400x120 G180	7	69%	0%	98.2%	C
35	041100105100	CINTA DE LIXA 2400x120 G320	6	71%	0%	98.4%	C
36	044100100000	DECAPANTE PROSTRIP SF	6	73%	0%	98.6%	C
37	041100104900	CINTA DE LIXA 2400x120 G80	5	76%	0%	98.8%	C
38	040200400300	SPRAY VERNIZ ACRÍLICO FOSCO MOTIP 400ml	5	78%	0%	99.0%	C
39	041100105200	CINTA DE LIXA 2400x120 G400	5	80%	0%	99.2%	C
40	030300100300	ENDURECEDOR RÁPIDO ACT-2002-2/5	4	82%	0%	99.4%	C
41	040201300100	DILUENTE HMG THINNER 2691/ BATC 212111/ 3814009099	3	84%	0%	99.5%	C
42	044100200100	TINTA ESMALTE BRANCO EXTRA MATE B/69 1G 5kg	3	86%	0%	99.6%	C
43	041100102700	CINTA DE LIXA 500x25 G100	2	88%	0%	99.7%	C
44	041101200000	LIXA ÁGUA 2000	2	90%	0%	99.7%	C
45	044000200300	LUVAS NITRILO PRETAS MICROFLEX TAM.M (CAIXA 100) S/PÓ	2	92%	0%	99.8%	C
46	041101000000	DESENGORDURANTE ANTISIL 770 BODY 5L	2	94%	0%	99.9%	C
47	045500000100	MÁSCARA CIRÚRGICA	1	96%	0%	99.9%	C
48	041101300400	SABÃO LUSTRAR AZUL GIO B	1	98%	0%	100.0%	C
49	044000200100	LUVAS NITRILO PRETAS MICROFLEX TAM.L (CAIXA 100) S/PÓ	1	100%	0%	100.0%	C
			2648				

Apêndice 2 – Distribuição dos Consumíveis por Categorias

Categoria	Código	Descrição	Classe
Polimento	041101300100	SABÃO DE LUSTRAR (ROSA) PASTA SOLIDA DAFNOLIT MAR	A
Polimento	044300301200	DISCOS VENTILADOS DE ALGODÃO PLISSADO T1 Ø450x35 C/16F	B
Polimento	044300301000	DISCOS VENTILADOS DE ALGODÃO PLISSADO T1 Ø450x25 C/16F	B
Polimento	041101300400	SABÃO LUSTRAR AZUL GIO B	C
Pintura	100200300200	FITA COLA PAPEL MASKING 25MM	B
Pintura	043500300500	FILTROS DE PAPEL 190	B
Pintura	044301900000	FILTRO P/PISTOLA COPO SUPERIOR	B
Pintura	044100000500	VERNIZ B/691G 40% BRILHO 4L	C
Pintura	040201000300	TINTA ESMALTE PRETO EXTRA MATE B/691G 5kg	C
Pintura	043500300400	FILTROS DE PAPEL 125	C
Pintura	040201000400	TINTA ENDURECEDOR N/T 1kg	C
Pintura	044100100000	DECAPANTE PROSTRIP SF	C
Pintura	040200400300	SPRAY VERNIZ ACRÍLICO FOSCO MOTIP 400ml	C
Pintura	030300100300	ENDURECEDOR RÁPIDO ACT-2002-2/5	C
Pintura	040201300100	DILUENTE HMG THINNER 2691/ BATC 212111/3814009099	C
Pintura	044100200100	TINTA ESMALTE BRANCO EXTRA MATE B/691G 5kg	C
Pintura	041101200000	LIXA ÁGUA 2000	C
Pintura	041101000000	DESENGORDURANTE ANTISIL 770 BODY 5L	C

Categoria	Código	Descrição	Classe
Pintura	045500000100	MÁSCARA CIRÚRGICA	C
Lixamento	041100102800	CINTA DE LIXA 500x25 G180	A
Lixamento	040600600500	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(600)	A
Lixamento	040600600200	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(400)	A
Lixamento	041100103100	CINTA DE LIXA 500x25 G400	A
Lixamento	040600600400	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(320)	A
Lixamento	040600600300	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(180)	A
Lixamento	041100103000	CINTA DE LIXA 500x25 G320	A
Lixamento	041101200200	LIXA TRIZACT 500x25	A
Lixamento	041100103300	CINTA DE LIXA TJ438 2400x65 G180	A
Lixamento	041100103900	CINTA DE LIXA 2400x65 G600	A
Lixamento	044000100400	ROLO SCOTCH 500X25 AZUL	A
Lixamento	041100103500	CINTA DE LIXA JC122 2400x65 G320	A
Lixamento	041100103600	CINTA DE LIXA JC122 2400x65 G400	A
Lixamento	040600600100	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(120)	A
Lixamento	040600600000	DISCO LIXA VELCRO 150mm 6F(80)	A
Lixamento	041101200100	LIXA TRIZACT 2400x65 3M 237AA A16	B
Lixamento	041100103400	CINTA DE LIXA TJ438 2400x65 G100	B
Lixamento	041100105000	CINTA DE LIXA 2400x120 G100	C
Lixamento	041100104800	CINTA DE LIXA 2400x120 TRIZAC	C

Categoria	Código	Descrição	Classe
Lixamento	041100105300	CINTA DE LIXA 2400x120 G180	C
Lixamento	041100105100	CINTA DE LIXA 2400x120 G320	C
Lixamento	041100104900	CINTA DE LIXA 2400x120 G80	C
Lixamento	041100105200	CINTA DE LIXA 2400x120 G400	C
Lixamento	041100102700	CINTA DE LIXA 500x25 G100	C
Escovagem	044000100200	ROLO SCOTCH 100x10000mm VERDE GR.100-280 120782 TYROLIT	A
Escovagem	040500500100	ESCOVA VENTILADA DE MALHA ABRASIVA 300X80 (SCOTCH)	B
EPI	040900201200	LUVAS ALGODÃO BRANCA TAM.9 (PACK 12)	B
EPI	040900200600	LUVAS PELE TAM.9	C
EPI	044000200300	LUVAS NITRILO PRETAS MICROFLEX TAM.M (CAIXA 100) S/PÓ	C
EPI	044000200100	LUVAS NITRILO PRETAS MICROFLEX TAM.L (CAIXA 100) S/PÓ	C

Apêndice 3 – Aplicação do ALDEP

Alternativa 1		
Implantação	Classificação	Score
A ➔B	A	64
B ➔F	A	64
F ➔ C	E	16
C ➔ E	E	16
E ➔ D	A	64
D ➔G	A	64
		288

Alternativa 2		
Implantação	Classificação	Score
A ➔B	A	64
B ➔F	A	64
F ➔ C	E	16
C ➔ D	E	16
D ➔ E	A	64
E ➔G	I	4
		228

Alternativa 3		
Implantação	Classificação	Score
A ➔B	A	64
B ➔F	A	64
F ➔ C	E	16
C ➔ D	E	16
D ➔ G	A	64
G ➔I	I	4
		228

Legenda:

A	Lixamento
B	Polimento
C	Escovagem
D	Pintura
E	Inspeção de Pintura
F	Inspeção de Polido
G	Armazém de Consumíveis

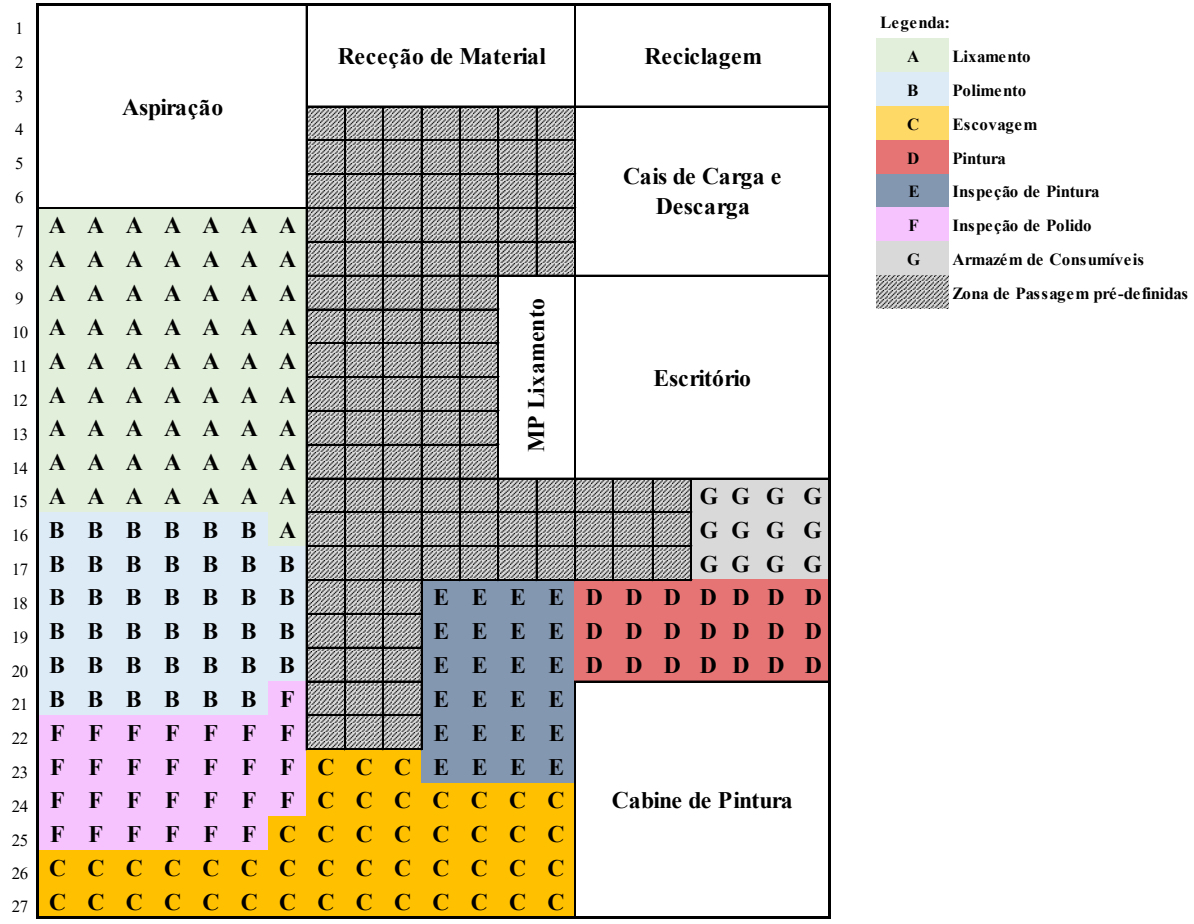
ALDEP

Largura de varrimento de 7 metros

Unidade básica de área de 1 m^2

Código	Descrição	Área (m2)	Células Preenchidas
A	Lixamento	64.00	64
B	Polimento	40.00	40
C	Escovagem	46.00	46
D	Pintura	21.00	21
E	Inspeção de Pintura	24.00	24
F	Inspeção de Polido	28.00	28
G	Armazém de Consumíveis	12.00	12

Aspiração	42.00
Escritório	42.00
Receção de Material	21.00
Reciclagem	21.00
MP Lixamento	12.00
Cabine de Pintura	49.00
Cais de Carga e Descarga	35.00
Zona de Passagem	110.00
TOTAL	567.00 m2



Apêndice 4 – Resultados da Aplicação da 1ª Auditoria 5S

Projeto	Implementação de melhorias numa empresa de fundição e fabricação de peças, aplicando princípios *Lean Thinking*	**Auditoria 5S**	**Resultado**
Auditor	Henrique Martins		**13%**

5S	Nº	Elemento	Condição	0	1	2	3
1ºS - SEIRI CLASSIFICAÇÃO	1	Armários, Bancadas e Secretárias	Apenas o mobiliário necessário está presente no setor. Todos os armários, prateleiras, cacifos, bancadas de trabalho, danificados ou desnecessários foram removidos do setor	x			
	2	Equipamentos/ Materiais/ Escadas e escadotes/ EPI	Apenas os materiais (consumíveis, *stock* em curso, peças de substituição, escadas e escadotes, carrinhos de transporte, EPI), equipamentos e ferramentas necessárias estão presentes no setor	x			
	3	Documentação	Apenas a documentação (informação afixada) necessária está presente no setor. A informação afixada desatualizada ou desnecessária (cartazes, calendários, regras de segurança) foi removida do setor		x		
	4	Em redor dos Equipamentos	Não existem objetos irrelevantes em redor dos equipamentos e zonas de passagem. Não existem fugas de água, óleo, lubrificantes, nas áreas de trabalho do setor		x		
	5	Peças de reserva/ Ferramentas	Só estão no local as ferramentas de utilização regular e que pertencem ao setor	x			
	6	Espaço/ Chão	Utilização Eficiente. Algum espaço sem utilização e desaproveitado	x			

5S	Nº	Elemento	Condição	0	1	2	3
2ºS - SEITON ORDENAÇÃO	7	Armários e Bancadas (armários, secretárias e bancadas de trabalho)	Objetos e documentos estão arrumados segundo o padrão (marcações, caixas, pastas, etiquetas de identificação dos locais)	x			
	8	Peças de Reserva/ Ferramentas / Consumíveis	Arrumadas em locais identificados (placa de identificação)	x			
	9	Ferramentas / Equipamentos / EPC / EPI	Arrumadas em locais identificados (materiais gerais, EPI, cones de sinalização, barreiras de proteção)		x		
	10	Documentação	As informações afixadas estão atualizadas e têm uma localização claramente definida, visível para todos os colaboradores e não atrapalha as operações nas áreas de trabalho		x		
	11	Emergência	Os interruptores de paragem de emergência, disjuntores, extintores, saídas de emergência estão claramente visíveis, identificados e são de fácil acesso em caso de emergência. As regras de utilização estão visíveis		x		
	12	Utensílios de Limpeza	Arrumados em locais identificados		x		
	13	Porta Paletes / Escadas e Escadotes	Arrumados em locais identificados e definidos (marcação do local e placa de identificação)	x			
	14	Contentores e recipientes de Resíduos	Existem na quantidade necessária, têm a capacidade adequada e estão arrumados em locais identificados (marcação do local e placa de identificação do resíduo). É feita a correta separação de resíduos		x		

5S	Nº	Elemento	Condição	0	1	2	3
3ºS - SEISO LIMPEZA	15	Armários e Bancadas (armários, secretárias e bancadas de trabalho)	Limpos e em bom estado de conservação		x		
	16	Ferramentas e Equipamentos	Ferramentas, máquinas e outros equipamentos (incluindo EPI) estão limpos e em bom estado de conservação (pinturas, legibilidade de avisos, identificação,)		x		
	17	Porta Paletes / Escadas e Escadotes	Limpos, em bom estado de conservação e realizadas as inspeções de manutenção		x		
	18	Chão	Ausência de vidros, sujidade ou outros resíduos		x		
	19	Contentores e Baldes de Resíduos	Limpos, sem pó e outros resíduos	x			
5S	**Nº**	**Elemento**	**Condição**	**0**	**1**	**2**	**3**
4ºS - SEIKETSU PADRONIZAÇÃO	20	Quadros Informativos	Documentação está organizada por tema, os documentos estão identificados (etiqueta), atualizados e o quadro está limpo		x		
	21	Ferramentas e Equipamentos	Ferramentas, equipamentos, materiais, etc, encontram-se armazenados ordenadamente nas áreas designadas		x		
	22	Emergência / segurança	Encontra-se disponível a informação sobre Avaliação de Riscos e Plano de Evacuação e está disponível no setor em lugar visível	X			
	23	Etiquetas de Identificação	Cumprem o padrão e estão bem mantidas (etiquetas semelhantes em toda a área)	x			
	24	Marcações no pavimento	Existe um padrão, estão identificadas e mantidas	x			

	25	Peças de reserva / consumíveis	Existe uma quantidade definida para as peças de reserva / consumíveis	x			
	26	Plano de Limpeza	Existe um plano, contempla toda a área e cumpre o padrão. Os equipamentos de limpeza estão guardados corretamente e prontamente disponíveis quando necessários	x			
	27	Auditoria 5S's	Os resultados da avaliação anterior estão publicados e claramente visíveis para toda a equipa	x			
5S	**Nº**	**Elemento**	**Condição**	**0**	**1**	**2**	**3**
5ºS - SHITSUKE DISCIPLINA	28	Peças de reserva / consumíveis	As quantidades cumprem os níveis de *stock*s	x			
	29	Separação de Resíduos	São separados de acordo com as normas vigentes	x			
	30	Chefias	Os chefes de equipa e gestor participam da auditoria e estão comprometidos com a metodologia	x			
	31	Plano de Acão (Checklist 5S)	Os pontos de melhoria identificados durante a avaliação anterior foram analisados e as ações foram definidas e implementadas pela equipa do setor	x			
	32	Plano de Acão	Tempo e recursos são atribuídos às atividades 5S e os colaboradores contribuem com sugestões de melhoria, sendo o seu contributo visualmente exibido.	x			

5S	Nº	Elemento	Condição	0	1	2	3
6ºS - SEGURANÇA	33	Equipamentos	Os sistemas elétricos e proteções físicas de segurança estão em bom estado e sinalizados. Quadros Elétricos estão fechados e com a sinalização de segurança		x		
	34	Emergência / segurança	Encontra-se disponível a informação sobre Avaliação de Riscos e Plano de Evacuação e são conhecidos pelos colaboradores. A tabela dos EPI com as tarefas, riscos e EPI a utilizar está disponível no setor em lugar visível	x			
	35	Condições Perigosas / Atos inseguros	Observa-se alguma situação que possa levar a um acidente (acesso a armários elétricos sob tensão sem proteção, buracos desprotegidos, óleos e materiais em locais de passagem, não utilização de EPI necessários, posicionamento de colaboradores em zona de risco, atropelamento)		x		
	36	Vias de Circulação	As vias de circulação das pessoas e veículos estão desobstruídas		x		
	37	Mangueiras de Água, de Ar e Cablagens	Estão enroladas e corretamente instaladas (enrolador/calhas)	x			
	38	Produtos Químicos	Arrumados (marcação do local das bacias de retenção e placa de identificação); Fichas de Dados de Segurança acessível e colocadas em capas. Os produtos Inflamáveis devem estar arrumados longe de máquinas que produzam faísca (ex. máquina de corte)	x			
	39	Ergonomia	As ferramentas e acessórios de constante utilização estão arrumados à altura adequada tornando o acesso fácil e seguro		x		
	40	Equipamentos de Proteção Individual	Os EPI estão arrumados e disponíveis em local acessível e identificado	x			
	41	Caixas de Primeiros Socorros	Verificar se as caixas estão sinalizadas, completas, se os produtos estão dentro da validade e se são de fácil acesso	x			
	42	Equipamentos de Emergência	Os chuveiros estão sinalizados e inspecionados, limpos e a funcionar. Carretéis, extintores estão sinalizados e o acesso está desobstruído	x			

Apêndice 5 – Resultados da Aplicação da 2ª Auditoria 5S

Projeto	Implementação de melhorias numa empresa de fundição e fabricação de peças, aplicando princípios *Lean Thinking*	**Auditoria 5S**	**Resultado**
Auditor	Henrique Martins		**58%**

5S	Nº	Elemento	Condição	0	1	2	3
1ºS - SEIRI CLASSIFICAÇÃO	1	Armários, Bancadas e Secretárias	Apenas o mobiliário necessário está presente no setor. Todos os armários, prateleiras, cacifos, bancadas de trabalho, danificados ou desnecessários foram removidos do setor				x
	2	Equipamentos/ Materiais/ Escadas e escadotes/ EPI	Apenas os materiais (MP, consumíveis, *stock* em curso, peças de substituição, escadas e escadotes, carrinhos de transporte, EPI), equipamentos e ferramentas necessárias estão presentes no setor				x
	3	Documentação	Apenas a documentação (informação afixada) necessária está presente no setor. A informação afixada desatualizada ou desnecessária (cartazes, calendários, regras de segurança) foi removida do setor			x	
	4	Em redor dos Equipamentos	Não existem objetos irrelevantes em redor dos equipamentos e zonas de passagem. Não existem fugas de água, óleo, lubrificantes, nas áreas de trabalho do setor				x
	5	Peças de reserva/ Ferramentas	Só estão no local as ferramentas de utilização regular e que pertencem ao setor			x	
	6	Espaço/ Chão	Utilização Eficiente. Algum espaço sem utilização e desaproveitado				x

5S	Nº	Elemento	Condição	0	1	2	3
2ºS - SEITON ORDENAÇÃO	7	Armários e Bancadas (armários, secretárias e bancadas de trabalho)	Objetos e documentos estão arrumados segundo o padrão (marcações, caixas, pastas, etiquetas de identificação dos locais)			x	
	8	Peças de Reserva/ Ferramentas/ Consumíveis	Arrumadas em locais identificados (placa de identificação)				x
	9	Equipamentos/ EPC/ EPI	Arrumadas em locais identificados (materiais gerais, EPI, cones de sinalização, barreiras de proteção)				x
	10	Documentação	As informações afixadas estão atualizadas e têm uma localização claramente definida, visível para todos os colaboradores e não atrapalha as operações nas áreas de trabalho			x	
	11	Emergência	Os interruptores de paragem de emergência, disjuntores, extintores, saídas de emergência estão claramente visíveis, identificados e são de fácil acesso em caso de emergência. As regras de utilização estão visíveis			x	
	12	Utensílios de Limpeza	Arrumados em locais identificados			x	
	13	Porta Paletes/ Escadas e Escadotes	Arrumados em locais identificados e definidos (marcação do local e placa de identificação)				x
	14	Contentores e recipientes de Resíduos	Existem na quantidade necessária, têm a capacidade adequada e estão arrumados em locais identificados (marcação do local e placa de identificação do resíduo). É feita a correta separação de resíduos			x	

5S	Nº	Elemento	Condição	0	1	2	3
3ºS - SEISO LIMPEZA	15	Armários e Bancadas (armários, secretárias e bancadas de trabalho)	Limpos e em bom estado de conservação			x	
	16	Ferramentas e Equipamentos	Ferramentas, máquinas e outros equipamentos (incluindo EPI) estão limpos e em bom estado de conservação (pinturas, legibilidade de avisos, identificação)			x	
	17	Porta Paletes / Escadas e Escadotes	Limpos, em bom estado de conservação e realizadas as inspeções de manutenção			x	
	18	Chão	Ausência de vidros, sujidade ou outros resíduos			x	
	19	Contentores e Baldes de Resíduos	Limpos, sem pó e outros resíduos			x	
5S	**Nº**	**Elemento**	**Condição**	**0**	**1**	**2**	**3**
4ºS - SEIKETSU PADRONIZAÇÃO	20	Quadros Informativos	Documentação está organizada por tema, os documentos estão identificados (etiqueta), atualizados e o quadro está limpo		x		
	21	Ferramentas e Equipamentos	Ferramentas, equipamentos, materiais, encontram-se armazenados ordenadamente nas áreas designadas			x	
	22	Emergência / segurança	Encontra-se disponível a informação sobre Avaliação de Riscos e Plano de Evacuação e está disponível no setor em lugar visível	x			
	23	Etiquetas de Identificação	Cumprem o padrão e estão bem mantidas (etiquetas semelhantes em toda a área)			x	

	24	Marcações no pavimento	Existe um padrão, estão identificadas e mantidas	x			
	25	Peças de reserva / consumíveis	Existe uma quantidade definida para as peças de reserva / consumíveis				x
	26	Plano de Limpeza	Existe um plano, contempla toda a área e cumpre o padrão. Os equipamentos de limpeza estão guardados corretamente e prontamente disponíveis quando necessários	x			
	27	Auditoria 5S's	Os resultados da avaliação anterior estão publicados e claramente visíveis para toda a equipa	x			
5S	**Nº**	**Elemento**	**Condição**	**0**	**1**	**2**	**3**
5ºS - SHITSUKE DISCIPLINA	28	Peças de reserva / consumíveis	As quantidades cumprem os níveis de *stock*s			x	
	29	Separação de Resíduos	São separados de acordo com as normas vigentes		x		
	30	Chefias	Os chefes de equipa e gestor participam da auditoria e estão comprometidos com a metodologia		x		
	31	Plano de Acão (Checklist 5S)	Os pontos de melhoria identificados durante a avaliação anterior foram analisados e as ações foram definidas e implementadas pela equipa do setor	x			
	32	Plano de Acão	Tempo e recursos são atribuídos às atividades 5S e os colaboradores contribuem com sugestões de melhoria, sendo o seu contributo visualmente exibido.	x			

5S	Nº	Elemento	Condição	0	1	2	3
6ºS - SEGURANÇA	33	Equipamentos	Os sistemas elétricos e proteções físicas de segurança estão em bom estado e sinalizados. Quadros Elétricos estão fechados e com a sinalização de segurança		x		
	34	Emergência / segurança	Encontra-se disponível a informação sobre Avaliação de Riscos e Plano de Evacuação e são conhecidos pelos colaboradores. A tabela dos EPI com as tarefas, riscos e EPI a utilizar está disponível no setor em lugar visível		x		
	35	Condições Perigosas / Atos inseguros	Observa-se alguma situação que possa levar a um acidente (acesso a armários elétricos sob tensão sem proteção, buracos desprotegidos, óleos e materiais em locais de passagem, não utilização de EPI necessários, posicionamento de colaboradores em zona de risco, atropelamento)			x	
	36	Vias de Circulação	As vias de circulação das pessoas e veículos estão desobstruídas			x	
	37	Mangueiras de Água, de Ar e Cablagens	Estão enroladas e corretamente instaladas (enrolador/calhas)		x		
	38	Produtos Químicos	Arrumados (marcação do local das bacias de retenção e placa de identificação); Fichas de Dados de Segurança acessível e colocadas em capas. Os produtos Inflamáveis devem estar arrumados longe de máquinas que produzam faísca (ex. máquina de corte)			x	
	39	Ergonomia	As ferramentas e acessórios de constante utilização estão arrumados à altura adequada tornando o acesso fácil e seguro			x	
	40	Equipamentos de Proteção Individual	Os EPI estão arrumados e disponíveis em local acessível e identificado			x	
	41	Caixas de Primeiros Socorros	Verificar se as caixas estão sinalizadas, completas, se os produtos estão dentro da validade e se são de fácil acesso		x		
	42	Equipamentos de Emergência	Os chuveiros estão sinalizados e inspecionados, limpos e a funcionar. Carretéis, extintores estão sinalizados e o acesso está desobstruído			x	