

**Universidades Lusíada**

Azevedo, Luís Henrique Silva

**Definição e implementação de um plano de melhoria contínua numa unidade industrial do setor da metalomecânica**

<http://hdl.handle.net/11067/7954>

**Metadados**

**Data de Publicação**

2024

**Resumo**

A presente dissertação, realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, foi desenvolvida na unidade industrial 6 da Metalgalva, dedicada à produção de tubos metálicos para estruturas fotovoltaicas. O objetivo principal foi definir um plano de melhoria contínua para aprimorar as operações da unidade, analisando as causas-raiz dos problemas identificados. A análise revelou diversas deficiências operacionais, como a ausência de gestão visual na separação de resíduos, desgaste da...

This dissertation, carried out as part of the master's in Engineering and Industrial Management, was developed at Metalgalva unit 6, a company dedicated to the production of metal tubes for photovoltaic structures. The primary goal was to define a continuous improvement plan to enhance the industrial unit operations" by analysing the root causes of the identified problems. The analysis revealed several operational flaws, such as the lack of visual management in the waste separation process, wea...

**Palavras Chave**

Produção lean, Gestão de Operações, Gestão visual

**Tipo**

masterThesis

**Revisão de Pares**

no

**Coleções**

[ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2025-04-19T06:52:36Z com informação proveniente do Repositório



**UNIVERSIDADE LUSÍADA**  
**VILA NOVA DE FAMALICÃO**

**DEFINIÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MELHORIA  
CONTÍNUA NUMA UNIDADE INDUSTRIAL DO SETOR DA  
METALOMECÂNICA**

**Luís Henrique Silva Azevedo**

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

Vila Nova de Famalicão – julho 2024



**UNIVERSIDADE LUSÍADA**  
**VILA NOVA DE FAMALICÃO**

**DEFINIÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MELHORIA  
CONTÍNUA NUMA UNIDADE INDUSTRIAL DO SETOR DA  
METALOMECÂNICA**

**Luís Henrique Silva Azevedo**

**Orientador:** Professora Doutora Ana Cristina Ferreira

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

## **Agradecimentos**

Gostaria de expressar o meu sincero agradecimento a todas as pessoas e instituições que me ajudaram e tornaram possível a conclusão desta dissertação de mestrado.

Primeiramente à minha família e à minha namorada que estiveram sempre ao meu lado, apoiando-me incondicionalmente em todos os momentos desta jornada.

À minha orientadora, Professora Doutora Ana Cristina Ferreira por ter aceitado acompanhar-me nesta etapa, pelo apoio e motivação, paciência e trabalho árduo.

À Universidade Lusíada de Vila Nova de Famalicão, por ao longo deste percurso académico sempre ser considerada por mim como uma segunda casa.

Agradeço também à Metalgalva, por permitir realizar um projeto com tantas implicações e mudanças impostas. A todos os colegas de trabalho que me acompanharam e que me ajudaram na implementação das propostas.

Muito obrigado a todos!

## Resumo

A presente dissertação, realizada no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, foi desenvolvida na unidade industrial 6 da Metalgalva, dedicada à produção de tubos metálicos para estruturas fotovoltaicas. O objetivo principal foi definir um plano de melhoria contínua para aprimorar as operações da unidade, analisando as causas-raiz dos problemas identificados. A análise revelou diversas deficiências operacionais, como a ausência de gestão visual na separação de resíduos, desgaste das marcações no pavimento, falta de organização dos consumíveis e bancadas de apoio, dificuldades na gestão de *stocks*, registo e controlo da produção insuficientes e congestionamento no cais de carga. Além disso, foram observadas ineficiências relacionadas com o *layout* dos pavilhões produtivos e desafios no planeamento e controlo da produção, devido às alterações na procura e à recente mudança de gestão estratégica da empresa, que se voltou para o mercado Europeu.

Para abordar esses problemas, foram implementadas várias melhorias. Criaram-se cartazes informativos de maior dimensão com códigos de cores e redigidos em múltiplos idiomas para facilitar a separação de resíduos. Projetaram-se bancadas de suporte ao processo de embalagem de tubos, melhorando a organização dos consumíveis com base na análise de consumo. A organização das brocas foi melhorada com caixas codificadas por cores, facilitando a rastreabilidade do estado de afiamento. No armazém, aplicou-se a metodologia 5S para uma organização mais eficiente dos consumíveis. Reformulou-se também o sistema *kanban* de produção e foi criado um sistema *kanban* para a montagem de estruturas. A reformulação dos *layouts* nos pavilhões 1 e 2 procurou uma melhor gestão das zonas de produção, passagem e armazenamento. A reorganização do *layout* do pavilhão 2 incluiu a alocação de uma área específica para a produção de tubos octogonais e quadrados e a transferência da linha de furação para o pavilhão 3, com a expectativa de um aumento na produção dos tubos TB SQ120 e TB D127 de 10,13% e 6,58%, respetivamente. Foi criada uma zona de triagem e embalagem no pavilhão logístico para atender à nova dinâmica de produção e expedição dos postes treliçados. Em termos de planeamento agregado, foram analisadas três estratégias alternativas. A estratégia de nivelamento da produção com dispensa gradual de colaboradores revelou-se a mais eficiente, com um custo total mais baixo e uma poupança de 46 112 €, ao minimizar os custos de mão-de-obra e manter os níveis de *stock* baixos.

**Palavras-Chave:** *Lean Manufacturing*, Melhoria Contínua, Gestão Visual, *Kanban*, PCP.

## **Abstract**

This dissertation, carried out as part of the master's in Engineering and Industrial Management, was developed at Metalgalva unit 6, a company dedicated to the production of metal tubes for photovoltaic structures. The primary goal was to define a continuous improvement plan to enhance the industrial unit operations' by analysing the root causes of the identified problems. The analysis revealed several operational flaws, such as the lack of visual management in the waste separation process, wear on floor markings, disorganization of consumables and inadequate support workbenches, difficulties in stock management, production recording and control, and congestion at the loading dock. Additionally, inefficiencies related to the layout of production halls and challenges in production planning and control were observed, especially due to demand variability and the recent strategic shift towards the European market.

To address these issues, several improvements were implemented. Larger informational posters with colour codes and multiple languages were created to facilitate waste separation. Ergonomic workbenches for tube packaging were designed, improving the organization of consumables, based on consumption analysis. The organization of drills was improved with color-coded boxes to facilitate tracking of sharpening status. In the warehouse, the 5S methodology was applied for more efficient organization of consumables. The production kanban system was also revamped, and a kanban system for structure assembly was created. The reorganization of layouts in industrial halls 1 and 2, aimed to optimize the management of production, passage, and storage areas, introducing new walkways and improving area markings. The reorganization of the industrial hall 2's layout included allocating a specific area for the production of octagonal and square tubes as well as transferring the drilling line to hall 3, with the expectation of increasing the production of TB SQ120 and TB D127 tubes by 10.13% and 6.58%, respectively. A sorting and packaging area was created in the logistics hall to address the new dynamics of production and shipment of lattice posts. The study of alternative aggregate planning strategies addressed variability in Metalgalva's production, analysing three approaches. The levelling strategy with gradual workforce reduction proved to be the most efficient, with a lower total cost and a savings of €46 112, by minimizing labour costs and maintaining low stock levels.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Continuous Improvement, Visual Management, Kanban PPC.

# Índice geral

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| Agradecimentos.....                                         | iii  |
| Resumo .....                                                | iv   |
| Abstract .....                                              | v    |
| Índice geral.....                                           | vi   |
| Lista de figuras .....                                      | ix   |
| Lista de tabelas .....                                      | xii  |
| Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos .....             | xiii |
| 1. Introdução .....                                         | 1    |
| 1.1. Contextualização e motivação .....                     | 1    |
| 1.2. Objetivos propostos .....                              | 2    |
| 1.3. Metodologia de investigação .....                      | 3    |
| 1.4. Estrutura do relatório .....                           | 6    |
| 2. Enquadramento teórico .....                              | 7    |
| 2.1. <i>Lean Manufacturing</i> .....                        | 7    |
| 2.1.1. Evolução do <i>Lean Manufacturing</i> .....          | 7    |
| 2.1.2. Princípios do <i>Lean Manufacturing</i> .....        | 8    |
| 2.1.3. Desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i> .....      | 10   |
| 2.2. Ferramentas <i>Lean Manufacturing</i> .....            | 11   |
| 2.2.1. Ciclo PDCA.....                                      | 12   |
| 2.2.2. <i>Standard work</i> e gestão visual.....            | 12   |
| 2.2.3. Metodologia 5S .....                                 | 14   |
| 2.2.4. Matriz SIPOC .....                                   | 15   |
| 2.2.5. Análise ABC na gestão de inventário.....             | 17   |
| 2.2.6. Diagrama <i>Ishikawa</i> .....                       | 18   |
| 2.2.7. Matriz 5W2H.....                                     | 20   |
| 2.3. Níveis de implementação e estratégias do PCP .....     | 22   |
| 2.3.1. Níveis de implementação do PCP .....                 | 22   |
| 2.3.2. Estratégias de Planeamento Agregado de Produção..... | 25   |
| 3. Contextualização e apresentação da empresa .....         | 28   |
| 3.1. Grupo Vigent .....                                     | 28   |
| 3.2. Metalgalva .....                                       | 29   |
| 3.2.1. Unidades industriais .....                           | 29   |

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.2. Áreas de atuação .....                                                        | 32 |
| 3.3. Unidade industrial MTG6 .....                                                   | 34 |
| 4. Análise crítica da unidade industrial MTG6 .....                                  | 36 |
| 4.1. Descrição das operações produtivas .....                                        | 36 |
| 4.1.1. Receção de MP .....                                                           | 37 |
| 4.1.2. Processamento das diferentes tipologias de tubo.....                          | 37 |
| 4.1.3. Operações de embalagem, armazenamento e expedição .....                       | 41 |
| 4.1.4. Operações de suporte à produção .....                                         | 43 |
| 4.2. Identificação e análise crítica de problemas .....                              | 46 |
| 4.2.1. Falta de gestão visual na gestão de resíduos.....                             | 46 |
| 4.2.2. Falta de marcação de áreas produtivas no pavimento.....                       | 47 |
| 4.2.3. Falta de organização dos consumíveis e de bancadas de apoio .....             | 48 |
| 4.2.4. Falta de organização do posto de afiamento de brocas.....                     | 50 |
| 4.2.5. Falta de organização do armazém dos consumíveis .....                         | 50 |
| 4.2.6. Dificuldade de gestão de <i>stocks</i> de consumíveis .....                   | 51 |
| 4.2.7. Dificuldade no registo e controlo da produção .....                           | 52 |
| 4.2.8. Congestionamento do cais de carga.....                                        | 54 |
| 4.2.9. Ineficiências de organização dos <i>layouts</i> dos pavilhões produtivos..... | 55 |
| 4.2.10. Dificuldades do PCP operacional da empresa .....                             | 58 |
| 5. Propostas de melhoria e análise de resultados.....                                | 61 |
| 5.1. Definição do plano de melhorias com a matriz 5W2H.....                          | 61 |
| 5.2. Aplicação de gestão visual na separação dos resíduos .....                      | 64 |
| 5.3. Criação de bancadas de apoio ao processo de embalagem de tubos .....            | 66 |
| 5.4. Criação de métodos de identificação visual do estado das brocas.....            | 69 |
| 5.5. Organização e posicionamento dos consumíveis no armazém .....                   | 70 |
| 5.6. Implementação de sistemas <i>kanban</i> .....                                   | 71 |
| 5.6.1. Reformulação do sistema <i>kanban</i> de produção .....                       | 72 |
| 5.6.2. Novo sistema <i>kanban</i> de peças de montagem de estruturas .....           | 72 |
| 5.7. Organização e melhoria da gestão operacional das infraestruturas .....          | 73 |
| 5.7.1. Reformulação de <i>layouts</i> nos pavilhões produtivos .....                 | 73 |
| 5.7.2. Criação de zona de triagem e embalagem de postes treliçados .....             | 76 |
| 5.8. Desenvolvimento de ferramentas de apoio ao PCP .....                            | 80 |
| 5.8.1. Implementação de procedimentos de registo e gestão de inventário....          | 80 |



|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 5.8.2. Estudo de estratégias alternativas de planeamento agregado .....                | 83  |
| 6. Conclusão e perspectivas de trabalho futuro .....                                   | 91  |
| 6.1. Principais conclusões.....                                                        | 91  |
| 6.2. Proposta de trabalho futuro.....                                                  | 95  |
| Referências bibliográficas .....                                                       | 97  |
| Apêndices .....                                                                        | 104 |
| Apêndice 1 – Análise da produção de tubo TB SQ120 e TB D127.....                       | 104 |
| Apêndice 2 – Cartões de identificação de resíduos implementados .....                  | 105 |
| Apêndice 3 - Desenho técnico da bancada de apoio ao embalamento.....                   | 114 |
| Apêndice 4 - Simulação dos potenciais ganhos com a reformulação do <i>layout</i> ..... | 115 |
| Apêndice 5 - Estatísticas diárias da gestão de inventário estruturas de expedição .... | 116 |
| Apêndice 6 - Folha de controlo de inventário dos consumíveis no armazém.....           | 117 |
| Apêndice 7- Cálculos auxiliares das MM e do EQM .....                                  | 119 |

## Lista de figuras

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> - Ciclo de implementação da <i>Action-Research</i> . Adaptado de Maestrini et al. (2016).<br>.....                                                       | 4  |
| <b>Figura 2</b> - Os desperdícios ( <i>muda</i> ) do <i>Lean Manufacturing</i> (Hicks, 2007). ....                                                                       | 11 |
| <b>Figura 3</b> - Etapas de implementação do ciclo PDCA (Bell, 2006).....                                                                                                | 12 |
| <b>Figura 4</b> - Diferentes categorias da análise ABC (Musso, 2024). ....                                                                                               | 17 |
| <b>Figura 5</b> - Esquema do diagrama <i>Ishikawa</i> (Wong et al., 2016). ....                                                                                          | 19 |
| <b>Figura 6</b> - Hierarquia dos tipos de planeamento operacional, tático e estratégico. ....                                                                            | 22 |
| <b>Figura 7</b> - Modelo de escolha para o planeamento estratégico (Ávila et al., 2022). ....                                                                            | 23 |
| <b>Figura 8</b> - Organograma do grupo Vigent (Grupo Vigent, 2024). ....                                                                                                 | 28 |
| <b>Figura 9</b> - Localização mundial do grupo Vigent (Grupo Vigent, 2024). ....                                                                                         | 29 |
| <b>Figura 10</b> - Evolução das empresas da Metalgalva ao longo do tempo (Metalgalva, 2024).<br>.....                                                                    | 31 |
| <b>Figura 11</b> - Empresas da Metalgalva a nível internacional (Metalgalva, 2024). ....                                                                                 | 31 |
| <b>Figura 12</b> - Âmbitos de atuação da empresa na área das telecomunicações e energia<br>(Metalgalva, 2024). ....                                                      | 33 |
| <b>Figura 13</b> - Âmbitos de atuação da empresa na área das infraestruturas e fabrico de tubos de<br>aço (Metalgalva, 2024). ....                                       | 33 |
| <b>Figura 14</b> - Vista aérea das instalações MTG6. ....                                                                                                                | 34 |
| <b>Figura 15</b> - Tipos de tubo produzidos na MTG6 em armazém. ....                                                                                                     | 35 |
| <b>Figura 16</b> - Matriz SIPOC, visão geral do processo e fluxo da MTG6. ....                                                                                           | 36 |
| <b>Figura 17</b> - Representação relativa da produção por tipologia de tubo, dados históricos de<br>2023. ....                                                           | 38 |
| <b>Figura 18</b> - Fluxograma produção dos tubos TB D60, TB SQ120 e TB OCTO140. ....                                                                                     | 39 |
| <b>Figura 19</b> - Explicação e ilustração da marcação por cores do topo dos tubos. ....                                                                                 | 42 |
| <b>Figura 20</b> - Bancada de afiamento das brocas. ....                                                                                                                 | 43 |
| <b>Figura 21</b> - Estruturas com embalamento de tubos finalizados (esquerda), estruturas de bases<br>com rodas (centro) e estruturas de bases sem rodas (direita). .... | 44 |
| <b>Figura 22</b> - Serrote usado para corte de tubos. ....                                                                                                               | 44 |
| <b>Figura 23</b> - Posto de trabalho onde se realiza o CQ. ....                                                                                                          | 45 |
| <b>Figura 24</b> - Aplicação do diagrama <i>Ishikawa</i> para a identificação das causas do problema<br>de separação de resíduos. ....                                   | 47 |
| <b>Figura 25</b> - Falta de marcação dos limites das áreas no pavimento no <i>layout</i> fabril. ....                                                                    | 48 |

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 26</b> - Desorganização geral das bancadas de apoio à produção e embalagem dos tubos. ....                                                                     | 49 |
| <b>Figura 27</b> - Desorganização da bancada de afiamento de brocas (à esquerda) e junto às máquinas de furar (à direita), com brocas espalhadas em ambos os casos. .... | 50 |
| <b>Figura 28</b> - Armazém de consumíveis desorganizado com colocação de materiais amontoados e sem identificação. ....                                                  | 51 |
| <b>Figura 29</b> - Tempo de permanência dos caminhões no cais de carga. ....                                                                                             | 55 |
| <b>Figura 30</b> - Visualização da localização relativa da linha de produção de tubo TB D127 e da célula de produção TB SQ120. ....                                      | 56 |
| <b>Figura 31</b> - Cadência de produção e taxa de ocupação da célula de produção de tubo TB SQ120. ....                                                                  | 57 |
| <b>Figura 32</b> - Cadência de produção e taxa de ocupação da linha de produção de tubo TB D127. ....                                                                    | 57 |
| <b>Figura 33</b> - Análise da relação entre a taxa de ocupação da linha TTV9 e a cadência de produção do tubo TB SQ120. ....                                             | 58 |
| <b>Figura 34</b> - Análise da quantidade de tubos produzidas por ano entre 2020 e 2023. ....                                                                             | 59 |
| <b>Figura 35</b> - Variação mensal das quantidades de tubo produzido (em milhares de tubos). ....                                                                        | 59 |
| <b>Figura 36</b> - Registos fotográficos da implementação dos cartazes informativos. ....                                                                                | 64 |
| <b>Figura 37</b> - Cartaz final identificativo de latas de <i>spray</i> para colocação nos recipientes. .                                                                | 65 |
| <b>Figura 38</b> - Novas marcações no pavimento a delinear as zonas de colocação dos recipientes de resíduos. ....                                                       | 66 |
| <b>Figura 39</b> - Proposta de bancada de apoio ao processo de embalagem dos tubos (dimensões em milímetros). ....                                                       | 67 |
| <b>Figura 40</b> - Configuração da colocação das latas de <i>spray</i> em cada uma das bancadas projetadas. ....                                                         | 69 |
| <b>Figura 41</b> - Implementação da organização da bancada de afiamento de brocas. ....                                                                                  | 69 |
| <b>Figura 42</b> - Caixas de colocação de brocas aplicando a gestão visual: caixa verde para brocas afiadas e caixa vermelha para colocação de brocas por afiar. ....    | 70 |
| <b>Figura 43</b> - Organização dos consumíveis nas prateleiras do armazém. ....                                                                                          | 71 |
| <b>Figura 44</b> - <i>Kanban</i> de produção reformulado e com a informação em inglês. ....                                                                              | 72 |
| <b>Figura 45</b> - <i>Kanban</i> de montagem de estruturas com a informação em inglês. ....                                                                              | 73 |
| <b>Figura 46</b> - Proposta de reorganização do <i>layout</i> do pavilhão 2 da MTG6. ....                                                                                | 75 |

|                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 47</b> - <i>Layout</i> do armazém da MTG6 antes da criação da zona de triagem e embalamento.....                                                                                                      | 76 |
| <b>Figura 48</b> - <i>Layout</i> proposto para a criação da zona de triagem e embalamento no pavilhão logístico da MTG6.....                                                                                    | 77 |
| <b>Figura 49</b> - Operações de receção, triagem, embalamento e armazenamento das cantoneiras no pavilhão da MTG6 reconvertido. ....                                                                            | 78 |
| <b>Figura 50</b> - Operações de receção, triagem, embalamento e armazenamento dos montantes no pavilhão logístico da MTG6. ....                                                                                 | 78 |
| <b>Figura 51</b> - Operações de triagem, embalamento e armazenamento das chapas no pavilhão da MTG6 reconvertido (esquerda) e zona de armazenamento das frações de chapa no exterior do pavilhão (direita)..... | 79 |
| <b>Figura 52</b> - Carregamento do camião (esquerda) e imagem do poste elétrico produto (direita). ....                                                                                                         | 80 |
| <b>Figura 53</b> - Folha de registo dos consumíveis do armazém gastos em cada turno.....                                                                                                                        | 83 |
| <b>Figura 54</b> - Análise da estratégia de nivelamento da produção tendo em consideração a procura média. ....                                                                                                 | 85 |
| <b>Figura 55</b> - Análise da estratégia de produção para <i>stock</i> . ....                                                                                                                                   | 86 |
| <b>Figura 56</b> - Análise da estratégia de nivelamento da produção com dispensa e contratação de colaboradores considerando a capacidade em função das MM2.....                                                | 88 |
| <b>Figura 57</b> - Análise da estratégia de nivelamento da produção com dispensa gradual de colaboradores.....                                                                                                  | 88 |
| <b>Figura 58</b> - Comparação do custo total das estratégias de planeamento agregado em estudo. ....                                                                                                            | 89 |

## Lista de tabelas

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1</b> - Etapas da implementação da metodologia <i>Action-Research</i> (Maestrini et al., 2016).....                                      | 5  |
| <b>Tabela 2</b> - Definição e características da metodologia 5S (Pinto et al., 2018).....                                                          | 15 |
| <b>Tabela 3</b> - Categorias utilizadas geralmente utilizadas em diagramas <i>Ishikawa</i> (Dudbridge, 2011).....                                  | 20 |
| <b>Tabela 4</b> - Perguntas da formulação da matriz 5W2H. ....                                                                                     | 21 |
| <b>Tabela 5</b> - Informação geral dos produtos produzidos na MTG6. ....                                                                           | 35 |
| <b>Tabela 6</b> - SWCT do processo de produção TB D127. ....                                                                                       | 40 |
| <b>Tabela 7</b> - Combinações de cores dos topos dos tubos em função da qualidade e a espessura. ....                                              | 42 |
| <b>Tabela 8</b> - Quantidade de cubas (recipientes) de cada tipologia de resíduo.....                                                              | 46 |
| <b>Tabela 9</b> - Campos de preenchimento em avaliação dos sistemas <i>kanban</i> . ....                                                           | 53 |
| <b>Tabela 10</b> - Plano de ações de melhoria segundo a técnica 5W2H.....                                                                          | 62 |
| <b>Tabela 11</b> - Análise dos consumos e aplicação da análise ABC das diferentes cores de <i>spray</i> para organização da bancada de apoio. .... | 68 |
| <b>Tabela 12</b> - Listagem das alterações aos <i>layouts</i> dos pavilhões produtivos.....                                                        | 74 |
| <b>Tabela 13</b> - Análise dos potenciais ganhos de produção do tubo TB SQ120 com a reformulação dos <i>layouts</i> produtivos. ....               | 75 |
| <b>Tabela 14</b> - Análise dos potenciais ganhos de produção do tubo TB D127 com a reformulação dos <i>layouts</i> produtivos. ....                | 76 |
| <b>Tabela 15</b> - Folha de cálculo em Microsoft Excel para controlo de inventário. ....                                                           | 82 |
| <b>Tabela 16</b> - Considerações e custos para análise das estratégias de PCP.....                                                                 | 84 |
| <b>Tabela 17</b> - Estimativa dos custos de mão-de-obra em função do número de equipas de produção. ....                                           | 84 |
| <b>Tabela 18</b> - Dados da procura média e capacidade de produção executada nos três trimestres. ....                                             | 85 |
| <b>Tabela 19</b> - Cálculo do EQM para os diferentes períodos de MM.....                                                                           | 87 |

## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

|        |                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------|
| ASME   | <i>American Society of Mechanical Engineers</i>       |
| BOM    | <i>Bill of Materials</i>                              |
| CCTV   | Circuito fechado de televisão                         |
| CQ     | Controlo de Qualidade                                 |
| CRP    | Planeamento das Necessidades de Capacidade            |
| CT     | <i>Cycle Time</i>                                     |
| EDP    | Energias de Portugal                                  |
| EQM    | Erro Quadrático Médios                                |
| IT     | Instrução de Trabalho                                 |
| JIT    | <i>Just-In-Time</i>                                   |
| MM     | Médias Móveis                                         |
| MP     | Matéria-Prima                                         |
| MRP    | Programação de Necessidades de Materiais              |
| MRP II | Planeamento dos Recursos de Produção                  |
| MTO    | <i>Make-to-Order</i>                                  |
| MTS    | <i>Make-to-Stock</i>                                  |
| OF     | Ordem de Fabrico                                      |
| OV     | Ordem de Venda                                        |
| PA     | Produto Acabado                                       |
| PAP    | Planeamento Agregado da Produção                      |
| PCP    | Planeamento e Controlo da Produção                    |
| PDCA   | <i>Plan, Do, Check, Act</i>                           |
| PMP    | Plano Mestre de Produção                              |
| PN     | Part Number                                           |
| PPC    | Capacidade Produção Planeada                          |
| REN    | Redes Energéticas Nacionais                           |
| SIPOC  | <i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers</i> |
| SWCT   | <i>Standard Work Combination Table</i>                |
| TPS    | <i>Toyota Production System</i>                       |
| WIP    | <i>Work In Process</i>                                |
| WS     | <i>Work Sequence</i>                                  |

# 1. Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida na unidade de produção 6 da Metalogalva (MTG6), uma empresa do setor da metalomecânica dedicada à produção de tubos metálicos para estruturas fotovoltaicas. Neste capítulo introdutório, é apresentada a contextualização e motivação para o desenvolvimento da proposta de investigação definida. São ainda apresentados os objetivos e a metodologia de investigação aplicada.

## 1.1. Contextualização e motivação

Esta dissertação foi desenvolvida em ambiente industrial na empresa Metalogalva, a mais antiga empresa do Grupo Vigent. As unidades industriais desta empresa desenvolvem a sua atividade na área do projeto e fabrico de estruturas metálicas. A alocação eficiente dos recursos é um objetivo diário de qualquer empresa que se queira manter competitiva no seu respetivo mercado. Assim, a procura pela melhoria contínua, pela eficiência produtiva e pela eliminação de desperdícios, é um dos objetivos estratégicos e organizacionais da Metalogalva, pelo que esta é a principal motivação do desenvolvimento da dissertação.

A modernização da indústria, a crescente exigência e a definição de elevados padrões de qualidade, aliados à necessidade de manter o negócio economicamente rentável, leva a que as empresas procurem estratégias e ferramentas para obter a máxima eficiência nos seus processos (Keser & Semerci, 2019). A melhoria contínua dos processos e operações produtivas é uma preocupação diária das organizações, uma vez que, quando aplicada corretamente, traz benefícios ao nível da redução de tempos e custos de produção sem comprometer a qualidade dos produtos (Naciri et al., 2022). O propósito é aumentar os níveis de produtividade, competitividade e sustentabilidade no mercado (Bhuvaneshwari & Mishrikoti, 2019).

A abordagem *Lean Manufacturing* tem vindo a ser amplamente aplicada nas empresas devido ao seu foco na redução de desperdícios e no foco em fornecer mais valor aos clientes (Sangani & Kottur, 2019). A gestão *Lean* permite às organizações melhorar todo o fluxo de valor, desde a redução do tempo do ciclo dos processos que representam gargalos produtivos até à melhoria dos aspetos que têm impacto na entrega dos produtos, tudo num esforço para, em última análise, acrescentar valor aos clientes (Neves et al., 2018). Organizar os processos de trabalho de forma a minimizar os atrasos nas operações de produção é um fator chave num mercado altamente competitivo (Pawlak, 2024).

O *Lean Manufacturing* está intrinsecamente associado ao *Toyota Productin System* (TPS) que direciona as empresas para a melhoria contínua através de diversos métodos e ferramentas, visando eliminar tudo o que não traz valor acrescentado, facilitando as operações e evitando erros humanos (Komkowski et al., 2023).

Os benefícios da utilização e implementação de ferramentas consistentes com a filosofia *Lean Manufacturing* resultaram na sua implementação em muitas indústrias de produção em todo o mundo. Existem muitas ferramentas de *Lean Manufacturing*, incluindo as ferramentas de mapeamento do fluxo de valor, *Waste Identification Diagrams* (WID), *Kaizen*, o *Plan, Do, Check, Act* (PDCA), a metodologia 5S, *Jidoka*, *Heijunka*, *Just-In-Time* (JIT) e sistemas *kanban*. As ferramentas mais utilizados incluem a metodologia 5S, a gestão visual e o *standard work* (Fernandes et al., 2024; Pawlak, 2024). Nas empresas deve ser fomentada a adoção de uma cultura organizacional assente na melhoria contínua e no *standard work*. O *standard work* visa estabelecer o melhor método para cada processo da empresa, reduzindo as variações de tempo de ciclo e melhorando o planeamento e, consequentemente, a qualidade, a segurança e o ambiente (Alves et al., 2019; Trstenjak & Cosic, 2017).

A integração das ferramentas do *Lean Manufacturing* com a adoção de estratégias de Planeamento e Controlo da Produção (PCP) cria as condições necessárias para alcançar a excelência operacional, uma vez que a incorporação destas duas áreas se centra na eliminação de desperdícios produtivos, na alocação dos recursos produtivos e na melhoria da capacidade de resposta às exigências dos clientes. Ao aproveitar as ferramentas *Lean* e as estratégias de PCP, as empresas podem obter melhores indicadores de desempenho (Kasper et al., 2024). Desta forma, ao aplicar métodos e ferramentas *Lean*, como 5S, sistemas *kanban*, gestão visual, *standard work* e ajustes ao planeamento produtivo, pretende-se obter uma mudança positiva nos processos e operações da Metalgalva. Estas ferramentas devem ser abordadas e implementadas como estratégias práticas que se alinham com as necessidades específicas desta indústria de fabrico de tubagens e estruturas metálicas.

## **1.2. Objetivos propostos**

Para existirem mudanças na filosofia de produção de uma empresa é necessário que exista uma mentalidade que incentive a procura pela melhoria contínua. Na Metalgalva, e em concreto na MTG6, esse é um objetivo diário, onde todas as mudanças têm de ser previamente fundamentadas.



Assim, o principal objetivo da dissertação é a definição de um plano de melhoria contínua na organização dos processos e operações da unidade industrial com vista a um melhor desempenho. Os principais objetivos assumidos na realização deste projeto são:

- Investigar e detalhar cada fase do fluxo produtivo e identificar as diferentes tipologias de produto fabricado. Deve ser efetuada uma análise detalhada das atuais operações, mapeando a sequência das atividades e as suas durações.
- Analisar criticamente as operações identificadas, aplicando o *Gemba Walk* para identificar as causas-raiz desses mesmos problemas.
- Definir um plano de melhorias com base nos problemas identificados, propondo e implementando ferramentas e procedimentos fundamentados no *Lean Manufacturing* tais como a metodologia 5S, sistemas *kanban*, gestão visual e *standard work* para aumentar a eficiência produtiva.
- Analisar as estratégias de planeamento produtivo implementadas e avaliar alternativas mais ajustadas à evolução do mercado e às reais necessidades da empresa em termos de gestão de recursos e gestão da produção.
- Criar, estudar e analisar indicadores de desempenho relacionados com as propostas definidas, fornecendo uma base quantitativa para avaliação dos impactos das melhorias.

### **1.3. Metodologia de investigação**

Pode definir-se investigação ou pesquisa como uma abordagem para descobrir, relacionar ou fundamentar hipóteses ou teorias de forma sistemática, aumentando assim o seu conhecimento (Saunders et al., 2019). Existem muitos tipos diferentes de pesquisa que derivam da natureza do problema, dos conceitos e teorias envolvidos e também do tipo de dados a serem recolhidos e dos métodos utilizados na análise (Walliman, 2001).

Este estudo, realizado numa indústria que procura aumentar a eficiência das suas operações através da implementação de ferramentas *Lean Manufacturing*, caracteriza-se do ponto de vista da abordagem de investigação como uma abordagem indutiva. A metodologia de investigação utilizada neste projeto é a *Action-Research*.

A metodologia *Action-Research* pode fornecer resultados particularmente interessantes. A sua principal característica é que se trata essencialmente de um procedimento de implementação “no local”, destinado principalmente a lidar com um problema específico e evidente para uma situação particular (Gibertoni et al., 2016).

A implementação da metodologia *Action-Research* implica a realização de monitorização e avaliação constantes, e as conclusões dos resultados são aplicadas imediatamente e acompanhadas de forma cíclica. Esta metodologia depende principalmente da observação e do desempenho. Esta é vista como uma forma prática de pesquisa, voltada para um problema e situação específicos e com pouco ou nenhum controlo sobre variáveis independentes, não podendo assim atender ao requisito científico de generalização (Walliman, 2001). A metodologia usada segue o ciclo representado na Figura 1.



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

O diagnóstico, o planeamento, a implementação de ações, a avaliação dos resultados obtidos com essas ações e a especificação de aprendizagem correspondem às cinco etapas inicialmente formuladas para a metodologia *Action-Research* (Coutinho et al., 2009). Todavia, no contexto deste trabalho foram consideradas as seis principais etapas aplicadas por Maestrini et al. (2016).

Esta abordagem inicia-se com a recolha de dados, que devem ser filtrados, tratados e analisados. Destas três etapas, resulta o plano de ações com vista a serem alcançadas melhorias. Por sua vez, implementam-se as ações e avaliam-se os seus respetivos resultados. A meta-etapa adicional é transversal às restantes etapas e corresponde ao processo de monitorização (Maestrini et al., 2016). A Tabela 1 caracteriza as principais etapas de implementação da *Action-Research*.

**Tabela 1** - Etapas da implementação da metodologia *Action-Research* (Maestrini et al., 2016).

| <b>Etapas</b>             | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Recolha de Dados</b>   | Envolve a recolha de dados por meio de observação direta das operações, entrevistas com membros da organização, relatórios técnicos, <i>software</i> de apoio à gestão e à produção.                                                                                                                                                                                     |
| <b>Filtragem de Dados</b> | Os dados recolhidos devem ser ordenados, caracterizados, classificados e devem ser eliminados os dados que possam enviesar os resultados da análise e que se deveram a causas aleatórias ou inesperadas. Envolve o reporte das informações recolhidas à administração da organização.                                                                                    |
| <b>Análise de Dados</b>   | A análise de dados é realizada de forma colaborativa com os gestores para orientar conjuntamente a tomada de decisão da equipa.                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Plano de ações</b>     | Com base na análise dos dados, é definido um conjunto de ações devidamente planificadas e sequenciadas, de forma a que os resultados esperados possam ser obtidos com a sua subsequente implementação. Nesta fase devem ser identificadas responsabilidades que são atribuídos aos membros da organização e devem ser efetuados planos temporais para as implementações. |
| <b>Implementação</b>      | O plano de ações definido é convertido num conjunto de ações práticas que, por norma, implicam a alocação de recursos humanos e materiais. Quem realiza o estudo deve fornecer suporte para a implementação efetiva da ação projetada, facilitando a mudança e promovendo o comprometimento por meio de mecanismos de reflexão dentro da organização.                    |
| <b>Avaliação</b>          | Envolve quantificar os impactos das ações implementadas, fomentar a criação de indicadores de desempenho ajustados à realidade da organização em estudo e fomentar a cultura de melhoria contínua por meio de diferentes mecanismos de aprendizagem.                                                                                                                     |

No contexto da presente dissertação, a recolha de dados para o diagnóstico dos principais problemas baseou-se no processo do *Gemba Walk*, ou seja, a observação direta dos processos e operações de trabalho no chão-de-fábrica, para compreender como o trabalho é realizado, comunicar com os colaboradores, ouvir as suas ideias e compreender os seus desafios e, sobretudo, para identificar ineficiências e desperdícios. Foram identificados desperdícios de materiais, falta de normalização de procedimentos e falta de gestão visual. Na fase de tratamento e análise dos dados, foram caracterizadas as operações produtivas e identificadas as que são de valor acrescentado. Foi analisada a produção em função da tipologia de produto e foram sistematizados os dados recolhidos em folhas de cálculo.

No sentido de identificar as causas destes problemas, foram usadas ferramentas *Lean* de diagnóstico como o caso do diagrama *Ishikawa* ou a matriz 5W2H para compreender as causas dos problemas e assim definir um plano de implementação de melhoria contínua. Além desta análise, foi efetuado o acompanhamento da evolução PCP da produção da empresa. Verificou-se que as mudanças de procura do mercado implicavam a revisão das estratégias de PCP, de forma a garantir a continuidade laboral da empresa. Implementadas as propostas de melhoria de organização da produção, gestão visual, sistemas *kanban*, criação de ferramentas de apoio à produção, foram analisados os resultados e, sempre que possível, quantificados os benefícios das implementações efetuadas.

#### **1.4. Estrutura do relatório**

O presente relatório encontra-se organizado em 6 capítulos. Após o capítulo introdutório, o segundo capítulo é dedicado ao enquadramento teórico que fundamenta todos os conceitos estudados para o desenvolvimento prático da dissertação. O terceiro capítulo diz respeito à apresentação da empresa. Neste capítulo é efetuada uma contextualização do grupo Vigent e das empresas da Metalgalva, nomeadamente, da unidade industrial onde a dissertação foi desenvolvida, a MTG6. No quarto capítulo, é efetuada a caracterização das operações que são realizadas ao longo do sistema produtivo, desde a receção de uma encomenda até à expedição para o cliente. Nesse mesmo capítulo é efetuado o levantamento dos principais problemas do sistema produtivo. No quinto capítulo são apresentadas as ações de melhoria propostas e implementadas, assim como a análise dos resultados. Por último, no sexto capítulo são apresentadas as conclusões finais e as propostas de trabalho futuro.

## 2. Enquadramento teórico

Neste capítulo é apresentado o enquadramento teórico de suporte à realização da presente dissertação. O capítulo é dividido em três principais secções. As duas primeiras secções correspondem à definição dos princípios *Lean Manufacturing* e das suas ferramentas, respetivamente. A terceira secção corresponde aos conceitos relacionados com a organização da produção, nomeadamente, as fases e estratégias do PCP.

### 2.1. *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* reúne um conjunto de princípios de melhoria que são aplicados para reduzir e eliminar o desperdício e as atividades sem valor agregado (Choomlucksana et al., 2015). Os benefícios da implementação *Lean* têm sido documentados e correspondem sobretudo à redução dos tempos de processamento, tempos de ciclo, tempos de configuração (*setup*) e *lead times* produtivos (Womack & Jones, 1996). A implementação da abordagem *Lean Manufacturing* também contribui para a melhoria da gestão de inventário, redução de defeitos e não conformidades. Assim, os benefícios dos *Lean Manufacturing* incluem aspetos quantitativos e qualitativos. Os benefícios quantitativos resultam da redução de tempos e custos, enquanto que os benefícios qualitativos incluem a melhoria da motivação dos colaboradores, uma comunicação eficaz, a satisfação no trabalho, a limpeza padronizada e a tomada de decisões em equipa (Bhamu & Sangwan, 2014).

#### 2.1.1. Evolução do *Lean Manufacturing*

Depois da segunda guerra mundial, Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, representantes da Toyota Motor Company®, desenvolveram o conceito de *Lean Manufacturing* associado ao TPS (Womack et al., 1990). O TPS é um sistema de produção baseado na eliminação dos desperdícios e na procura de métodos mais eficientes, reconhecendo que apenas uma fração do tempo total e esforço para fabricar um produto agrega valor para o cliente final (Melton, 2005). A Toyota passou assim a produzir automóveis com um menor inventário, menos defeitos, menos esforço humano e menor investimento (Bhamu & Sangwan, 2014).

O TPS assenta em dois pilares. O primeiro pilar é o *Jidoka*, que pode ser traduzido como “automatização com toque humano”. Este é baseado no princípio que os sistemas de produção devem ser interrompidos quando são detetadas anomalias para evitar o fabrico de produtos com defeito (Kehr & Proctor, 2017).

As anomalias produtivas incluem erros ou avarias de máquina ou equipamento, não conformidades no processo ou defeitos no produto. Quando estes problemas ocorrem, a máquina ou equipamento pode detetar o problema e parar automaticamente, ou o operador pode parar a linha. Isto elimina a obtenção de produtos que não cumprem com os requisitos de qualidade, ao mesmo tempo que torna possível incorporar controlo nos processos, evitando a repetição de falhas (Chiarini et al., 2018).

O segundo pilar do TPS é o JIT, baseado no conceito de sincronização dos processos de produção num fluxo contínuo, produzindo apenas o que é necessário, quando é necessário e na quantidade necessária (Czifra et al., 2019). Ou seja, operacionalmente, basta referir que JIT significa que cada processo deve ser abastecido com os itens necessários, nas quantidades certas, no tempo e local certo. A implementação de um sistema JIT permite a redução dos custos, a melhoria da qualidade, a diminuição dos níveis de *stock* e a redução do *lead time* produtivo (Pinto et al., 2018).

De acordo com Hofmann & Rüsç (2017), o JIT pode ser definido por três princípios: 1) fazer apenas o que o cliente necessita, quando necessita e na quantidade necessária; 2) não permite que os materiais e a informação fiquem retidos durante a produção; 3) desencadeia a produção ao ritmo a que os produtos são vendidos (*pull*).

Todavia, os mercados atuais são caracterizados pela customização da produção, o que leva a complexos sistemas de PCP, dados os enormes desafios que se colocam hoje em dia na gestão da produção. Nesse sentido, as organizações devem combinar as vantagens de sistemas de produção assentes no *Lean Manufacturing* com o uso de sistemas integrados de gestão (Dillinger et al., 2022). O sucesso do planeamento da produção e da gestão de recursos produtivos depende cada vez mais da digitalização da informação e da utilização de sistemas computacionais complexos que permitem o acesso à informação em tempo real e em qualquer departamento das empresas (Gotthardt et al., 2019; Mahmood et al., 2023).

### **2.1.2. Princípios do *Lean Manufacturing***

São cinco os princípios do *Lean Manufacturing*: 1) especificar valor; 2) alinhar as ações de criação de valor na melhor sequência (fluxo de valor); 3) otimizar os fluxos de operações; 4) conduzir essas operações sem interrupção (fluxo contínuo); e 5) realizá-las de forma melhorada, inovando sempre (aperfeiçoamento). Os princípios do *Lean Manufacturing* visam ser um antídoto para o desperdício (*muda*) (Amaro et al., 2021).

Assim, o ponto de partida crítico é o **valor**. O valor só pode ser definido pelo cliente final. E só é representativo quando é expresso em termos de um produto específico (um bem ou um serviço, e muitas vezes ambos) que atende às necessidades e requisitos do cliente a um preço específico e num momento específico (Womack & Jones, 1996).

A identificação do **fluxo de valor** é a identificação de todas as operações e atividades necessárias para produzir um produto específico, incluindo aquelas que não agregam valor. Essa visão de todo o processo é essencial para identificar desperdícios e, consequentemente, oportunidades de melhoria (Amaro et al., 2021).

Garantir o **fluxo contínuo** significa que todas as operações e atividades devem ser realizadas sem interrupções. Ou seja, se ocorrer uma interrupção do fluxo produtivo significa a geração de *muda*, devendo a causa dessa paragem ser analisada para se implementar uma ação e assim poder ser reduzida ou eliminada (Amaro et al., 2021).

Desta forma, pretende-se **otimizar o fluxo**, procurando sincronizar os meios de produção envolvidos na criação de valor para todas as partes.

A implementação do **sistema pull** significa produzir exatamente o que é necessário (produto certo e quantidade certa), quando for necessário (momento certo), para atender o pedido de um cliente. Ou seja, o cliente puxa a produção e evita a ocorrência de *Work-In-Process* (WIP) ao longo do sistema produtivo. Em termos mais simples, Womack & Jones (1996) referem que *pull* significa que ninguém a montante deve produzir um bem ou serviço até que o cliente a jusante o solicite.

A procura da **perfeição** significa o esforço contínuo para a completa eliminação de *muda*. Idealmente, apenas atividades que agregam valor devem existir no processo. Em suma, é uma jornada de melhoria contínua (Amaro et al., 2021).

Esses princípios são fundamentais para a eliminação do desperdício, sendo fáceis de identificar e devem ser o guia para todos os elementos de uma organização que se envolvem na transformação *Lean* (Hines et al., 2008). Existem vários elementos considerados essenciais para o sucesso do *Lean Manufacturing*. Entre elas estão a redução de tempos de *setup* de máquinas, redução de *stocks* e desperdícios, agilidade de fabricação, desenvolvimento de parcerias com fornecedores, desenvolvimento de programas de qualidade e melhoria contínua. A melhoria contínua é um princípio fundamental para as organizações comprometidas com a excelência dos seus processos, produtos e serviços (Pinto et al., 2018).

A melhoria contínua, muitas vezes associada ao *Kaizen*, implica uma transformação gradual e constante para aprimorar a eficiência e a eficácia. A palavra *Kaizen*, é originária do japonês e representa "Kai" (mudança) e "Zen" (bom) (Carnerud et al., 2018).

O verdadeiro significado do *Kaizen* é incentivar as pessoas a melhorar em todas as áreas de atuação e implementar essas ideias imediatamente no seu ambiente (não apenas no seu trabalho). Este é o ponto de alavancagem do *Kaizen*, uma vez que é um compromisso pessoal, onde todos têm recursos para implementar as suas propostas (McLoughlin & Miura, 2017). *Kaizen* é uma filosofia que implica aumentar a eficiência organizacional e realizar melhorias rápidas, simples e económicas. O seu objetivo passa por traduzir melhorias de forma contínua, identificando desperdícios no sistema. Os fatores mais importantes incluem analisar o real impacto das mudanças que as aplicações podem causar no processo produtivo. Estes podem incluir questões como motivar os colaboradores a implementar sugestões e formas de promover novas propostas para a melhoria do ambiente no contexto industrial (Antoniolli et al., 2017).

A melhoria contínua não se limita a setores específicos; é aplicável a qualquer organização, independentemente do tamanho ou da natureza das operações. Ela transcende fronteiras, desde a linha de produção industrial até à prestação de serviços e a gestão estratégica. Ao invés de uma estratégia única, é uma mentalidade que se infiltra em todos os aspetos da cultura organizacional (Bédek, 2016). A implementação eficaz da melhoria contínua requer o envolvimento de todos os membros da organização, desde a liderança até a base operacional. Os colaboradores são incentivados a identificar oportunidades de melhoria nos seus próprios domínios de atuação, e os sistemas de *feedback* são estabelecidos para incentivar a comunicação entre pessoas, departamentos e todas as partes interessadas (Berger, 1997).

### **2.1.3. Desperdícios do *Lean Manufacturing***

Como referido previamente, desperdício é tudo aquilo que não agrega valor ao cliente. Inicialmente, Shingo definiu sete desperdícios como parte do TPS (Hines et al., 2008). Os defeitos são um dos principais desperdícios. Estes correspondem aos produtos fora das especificações e que requerem recursos para serem corrigidos ou retrabalhados. A superprodução (*overproduction*) ocorre quando um produto ou componente é fabricado antes de ser solicitado ou exigido. Por sua vez, as esperas correspondem a tempos improdutivos enquanto colaboradores ou equipamentos aguardam materiais, gerando estados ociosos.



Os transportes excessivos e as movimentações desnecessárias de pessoas, equipamentos e materiais são dois tipos de desperdícios muito frequentes nas empresas e que representam custos que não são pagos pelos clientes. O excesso de processamento corresponde a produzir além do que é necessário, sendo o conceito oposto ao sistema *pull*. O inventário (*stock*) corresponde aos materiais que são armazenados durante um determinado período, podendo representar um custo de posse elevado (Oliveira et al., 2018).

Mais recentemente um oitavo desperdício relacionado com o não aproveitamento do talento humano passou também a ser considerado. Ao envolver os colaboradores, devem ser proporcionadas as oportunidades de formação e estes devem ser incluídos na melhoria de processos, fazendo uso das suas competências (Hicks, 2007). Os oito desperdícios do *Lean Manufacturing* são apresentados na Figura 2.



**Figura 2** - Os desperdícios (*muda*) do *Lean Manufacturing* (Hicks, 2007).

Identificar e eliminar o desperdício é fundamental para uma organização *Lean*. No entanto, por si só raramente é suficiente. Um melhor foco no cliente e nos ganhos de produtividade conduzem a operações que ajudam a expor mais desperdícios e problemas de qualidade no sistema. O combate sistemático aos desperdícios é também um combate sistemático aos fatores subjacentes à má qualidade e aos problemas fundamentais de gestão (Hines et al., 2008).

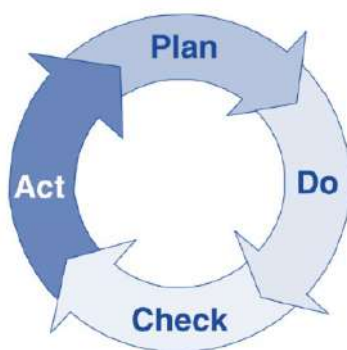
## 2.2. Ferramentas *Lean Manufacturing*

Nesta secção são apresentadas algumas das ferramentas associadas ao *Lean Manufacturing* e que deram suporte ao desenvolvimento prático da dissertação. Desta forma, são abordados o PDCA, o *standard work* e a gestão visual, a metodologia 5S, matriz SIPOC, o diagrama *Ishikawa*, a matriz 5W2H e a análise ABC.

### 2.2.1. Ciclo PDCA

O Ciclo Deming-Shewhart de melhoria contínua é um método de investigação e descoberta, levando a melhorias incrementais. Este ciclo tornou-se popularmente conhecido como ciclo PDCA (Bell, 2006). No livro “*Staying Lean*” de (Hines et al., 2008), são descritas as etapas do ciclo PDCA.

Na primeira etapa, **PLAN**, a estratégia é definida. A estratégia é sobre a definição do modo de atuação, decidir os objetivos e identificar o procedimento para a atingir. Estratégia também é obter o modelo organizacional certo e ter as pessoas certas para apoiá-lo. Após o planeamento segue-se a etapa da ação, **DO**. Este é o início da implementação da política a adotar e a ideia é cativar e envolver todos na execução das ações. A terceira etapa é avaliar o progresso, **CHECK**, onde o plano é monitorizado e os problemas levantados. Esta fase parece simples, mas é a fase que muitas vezes falha no planeamento tradicional. A etapa final corresponde à fase de ajuste, **ACT**. Esta é a etapa de resolução de problemas e o foco é manter o alinhamento com os objetivos, resolvendo os problemas que afetam o fluxo produtivo (Isniah et al., 2020). A Figura 3 representa, genericamente, o ciclo do PDCA.



**Figura 3** - Etapas de implementação do ciclo PDCA (Bell, 2006).

### 2.2.2. *Standard work* e gestão visual

Costa et al. (2014) define *standard work* como um conjunto de procedimentos de trabalho que visam estabelecer os melhores métodos e sequências de trabalho. O *standard work* é uma das ferramentas *Lean* mais poderosas e que pode ser usada para estabelecer as melhores e mais confiáveis práticas e sequências de trabalho para cada processo, máquina e colaborador. O *standard work* envolve o estudo detalhado e observação do trabalho. Os principais objetivos são minimizar a variação do processo entre os colaboradores, eliminar movimentos desnecessários ou tarefas sem valor agregado e produzir produtos de boa qualidade, com segurança e de forma económica (Halim et al., 2015).

O *standard work* inclui a especificação de uma rotina de trabalho que atenda às exigências do cliente, mantendo baixas quantidades de *stock* (Fazinga et al., 2019). Para isso é baseado em três conceitos importantes:

- 1) *Takt time* é o ritmo que o processo de produção deve seguir para satisfazer a procura do cliente e permitir a entrega no prazo (Halim et al., 2015). O cálculo do *takt time* é apresentado na equação (1).

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ Disponível\ para\ Produção}{Procura\ (produção\ desejada)} \quad (1)$$

- 2) *Standard Cycle Time* (CT) é o tempo de produção por unidade produzida, considerando os fatores de tolerância e que, por norma, se associa ao processo gargalo da produção (Halim et al., 2015). O cálculo do *standard CT* é obtido pela equação (2).

$$Standard\ CT = Tempo\ observado + Fatores\ de\ tolerância \quad (2)$$

- 3) O *Work Sequence* (WS) é a sequência de tarefas das etapas do processo para produzir uma peça (Halim et al., 2015). O WS utiliza inúmeras ferramentas de auxílio à sua implementação. Uma dessas ferramentas é o *Standard Work Combination Table* (SWCT). O SWCT é uma representação simples baseada em gráficos que mostra a sequência de trabalho de um colaborador e os tempos para concluir cada processo.

O SWCT demonstra a combinação de tempo envolvido no trabalho manual, tempo de movimentação e tempo de processamento da máquina para cada operação num conjunto de operações de produção (Mor et al., 2019). Por sua vez, Pinto et al. (2018) referem que há muitos benefícios que podem ser alcançados com o WS se este for usado adequadamente. Alguns benefícios importantes são:

- Criação de um ponto de referência para melhorar continuamente;
- Identificação do início e conclusão para cada processo;
- Controlo do processo e redução da variabilidade;
- Ritmo de trabalho adequado, evitando sobrecargas ou paragens;
- Melhorar a qualidade e flexibilidade;
- Promoção da estabilidade do processo (ou seja, resultados previsíveis e repetibilidade);

- Implementação de auditorias e resolução de problemas;
- Documentação do processo atual promovendo a preservação de *know-how* e experiência;
- Estruturação do trabalho dos colaboradores e formação de novos operadores;
- Redução de lesões e acidentes de trabalho;
- Criação de plataforma para aprendizagem individual e organizacional.

A gestão visual é uma ferramenta simples onde a linguagem utilizada é acessível e de fácil compreensão, permitindo a autonomia dos operadores (Costa et al., 2014). É um mecanismo que facilita e torna aparente os fatores relevantes à gestão da produção. A gestão visual deve proporcionar a todos os colaboradores, independente do cargo, as informações por meio de vários recursos ilustrativos (Ribeiro et al., 2019).

Por conseguinte, esta é uma ferramenta *Lean* que torna as informações importantes visíveis para todos, por meio de sinais visuais em vez de textos, o que facilita o entendimento para todos os envolvidos no projeto. A concepção destes elementos visuais deve facilitar a comunicação não verbal entre as partes interessadas, a fim de aumentar a eficiência, valor e clareza (Singh & Kumar, 2021).

A gestão *Lean* é uma das estratégias da gestão de operações mais bem-sucedidas na indústria. Gestão visual, trabalho em equipa e melhoria contínua são os três pilares na gestão *Lean* (Kurdve et al., 2019).

### 2.2.3. Metodologia 5S

A metodologia 5S é uma técnica de organização do local de trabalho, usada para organizar e estabelecer a disciplina do local de trabalho. Esta metodologia ajuda a melhorar a eficiência operacional e a eliminar os desperdícios (Singh & Kumar, 2021).

A designação 5S significa em japonês *seiri*, *seiton*, *seiso*, *seiketsu* e *shitsuke*, que são frequentemente traduzidos para o inglês como *sort*, *set in order*, *shine*, *standardize* e *sustain* (Pinto et al., 2018). A metodologia 5S faz mais do que simplesmente garantir que um local de trabalho seja arrumado e bem organizado, é uma ferramenta de gestão que envolve e capacita as pessoas, com cinco etapas tradicionais como apresentado na Tabela 2.

Alguns autores mencionam um sexto senso relacionado com segurança, como base para todos os programas de melhoria. A segurança é um princípio que deve ser sempre assegurado nas implementação das ações de melhoria contínua (Sá et al., 2021).

**Tabela 2** - Definição e características da metodologia 5S (Pinto et al., 2018).

| <b>Senso</b>        | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                              |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Sort</b>         | Refere-se à eliminação de materiais, ferramentas, equipamentos e acessórios desnecessários do local de trabalho. Esta etapa resulta em espaço livre, melhor fluxo de produtos e melhor comunicação.                                           |
| <b>Set in order</b> | Refere-se à disposição, colocação e sequência dos itens deixados após a etapa de “classificação”. Esta etapa contribui para a eliminação de inúmeros tipos de desperdícios, melhoria da qualidade e redução dos níveis de <i>stock</i> .      |
| <b>Shine</b>        | Está associada à limpeza do local de trabalho. Esta etapa é muito importante, contribuindo para aumentar a motivação individual na área de trabalho, criando um local de trabalho mais seguro, reduzindo defeitos e paragens de equipamentos. |
| <b>Standardise</b>  | Consiste na padronização do processo de manutenção das etapas anteriores, dedicando um curto período de tempo à limpeza, a fim de evitar excesso de <i>stock</i> e itens indesejados no local de trabalho.                                    |
| <b>Sustain</b>      | Para criar um hábito de melhoria contínua, esta etapa implementa procedimentos de auditoria frequentes em cada área em que o 5S é implementado.                                                                                               |

#### 2.2.4. Matriz SIPOC

A matriz SIPOC é uma ferramenta essencial utilizada em metodologias de gestão da qualidade e melhoria de processos, tais como o *Six Sigma* e o *Lean Manufacturing* (Meier et al., 2023). SIPOC é um acrónimo que representa os elementos fundamentais de um processo: *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Entradas), *Process* (Processo), *Outputs* (Saídas) e *Customers* (Clientes). Esta matriz oferece uma visão global do processo, facilitando a compreensão e a análise dos seus componentes principais, permitindo identificar áreas de melhoria (Uluskan, 2019). Desta forma, os elementos podem ser detalhados da seguinte forma:

*Suppliers* (Fornecedores): Os fornecedores são as entidades, internas ou externas, que fornecem os recursos necessários para a execução do processo. Estes recursos podem incluir materiais, informações ou serviços que são essenciais para o funcionamento do processo. A identificação precisa dos fornecedores permite entender melhor a cadeia de abastecimento e a interdependência entre diferentes partes do sistema.

*Inputs* (Entradas): As entradas são os recursos fornecidos pelos fornecedores que são necessários para iniciar e manter o processo. Estes podem incluir Matérias-Primas (MP), dados, energia, ou qualquer outro recurso que seja essencial para a operação do processo. A análise das entradas é crucial para assegurar que todos os recursos necessários estão disponíveis e em conformidade com os requisitos de qualidade.

*Process* (Processo): O processo refere-se ao conjunto das atividades ou etapas que transformam as entradas em saídas. Este elemento da matriz detalha o fluxo de trabalho, incluindo todas as operações, procedimentos e práticas que são executadas. A definição clara e precisa do processo é fundamental para identificar potenciais ineficiências e implementar melhorias.

*Outputs* (Saídas): As saídas são os produtos, serviços ou resultados gerados pelo processo. Estes devem atender às especificações e expectativas dos clientes. A avaliação das saídas permite verificar se o processo está a produzir os resultados desejados e a cumprir com os critérios de qualidade estabelecidos.

*Customers* (Clientes): Os clientes são os destinatários finais das saídas do processo. Podem ser clientes internos, como outros departamentos dentro da organização, ou externos, como consumidores ou outras empresas. Compreender as necessidades e expectativas dos clientes é essencial para garantir que o processo esteja alinhado com os objetivos de satisfação e qualidade.

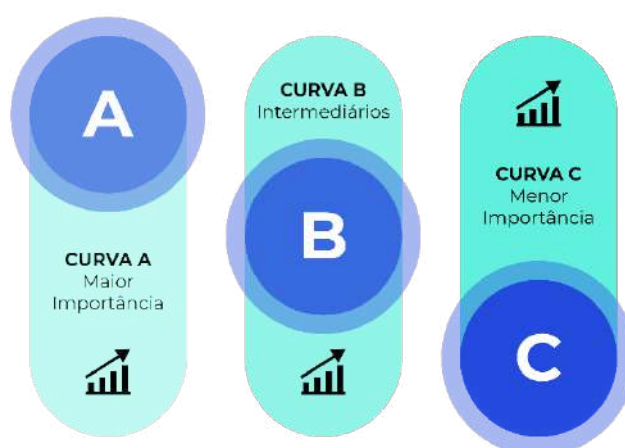
A implementação da matriz SIPOC oferece benefícios significativos para a gestão de processos (Meier et al., 2023):

- **Identificação de ineficiências:** Ajuda a identificar áreas de desperdício, gargalos e ineficiências, facilitando a implementação de melhorias direcionadas.
- **Comunicação eficaz:** Melhora a comunicação entre diferentes partes interessadas, fornecendo uma linguagem comum e uma visão partilhada do processo.
- **Alinhamento com a qualidade:** Assegura que todos os componentes do processo estão alinhados com os objetivos de qualidade e satisfação do cliente.
- **Simplificação da tomada de decisão:** Fornece uma base sólida para a tomada de decisão informada sobre as melhorias de processos e iniciativas de qualidade.

### 2.2.5. Análise ABC na gestão de inventário

A Análise ABC é uma técnica de gestão de inventário amplamente adotada e visa melhorar o controlo e a gestão dos recursos. Esta metodologia categoriza os itens de inventário em três grupos distintos com base na sua importância relativa ou valor. A classificação, tal como identificado pela Figura 4, é efetuada em três classes: A, B e C, permitindo às organizações direcionar os seus esforços e recursos de forma mais eficaz. O propósito desta abordagem é assegurar que a gestão dos itens mais relevantes seja realizada com maior rigor, ao passo que os itens menos relevantes recebem um controlo menos intensivo (Nallusamy et al., 2017).

A origem da Análise ABC é proveniente da regra de Pareto, formulada pelo economista italiano Vilfredo Pareto, no final do século XIX. A regra de Pareto, também conhecida como regra 80/20, afirma que cerca de 80% dos resultados são obtidos através de 20% das causas (Chen & Li, 2008). Aplicada à gestão de inventário, isso implica que uma pequena proporção dos itens (aproximadamente 20%) pode ser responsável pela maior parte do valor total (cerca de 80%). Esta relação sublinha a importância de priorizar a gestão dos itens mais valiosos e críticos.



**Figura 4** - Diferentes categorias da análise ABC (Musso, 2024).

**Classe A:** São os itens mais críticos e valiosos. Embora representem uma pequena percentagem do total de itens, estes itens correspondem a uma proporção significativa do valor do inventário ou resultado.

**Classe B:** Estes itens possuem uma importância intermédia e representam uma quantidade moderada tanto em termos de número de itens quanto ao seu valor.

**Classe C:** São os itens de menor importância. Apesar de constituírem a maior parte do inventário, estes itens representam uma menor percentagem do valor total.

Segundo Jichang (2014) a implementação da análise ABC requer um processo sistemático que envolve várias etapas:

- **Recolha de dados:** O primeiro passo é a recolha de dados relevantes sobre o inventário, incluindo o valor de consumo e a frequência de uso ou consumo de cada item. Estes dados são fundamentais para a realização de uma análise precisa.
- **Classificação dos itens:** Com base nos dados recolhidos, os itens são classificados nas categorias A, B e C. Este processo envolve o cálculo do valor total de consumo de cada item e a ordenação destes itens em ordem decrescente de valor. A classificação permite identificar quais os itens que devem receber mais atenção e quais podem ser geridos de forma menos intensiva.
- **Revisão e ajuste:** É necessário realizar uma revisão periódica da classificação dos itens e ajustar as estratégias de gestão conforme necessário. Mudanças no consumo ou no valor dos itens podem exigir alterações na classificação e na abordagem de gestão para assegurar a continuidade da eficiência e eficácia da gestão de inventário.

A Análise ABC oferece vários benefícios, incluindo uma gestão de inventário mais eficaz, a redução de custos e o foco nos itens críticos para garantir um melhor desempenho. A categorização permite que os recursos sejam alocados de forma mais eficiente, minimizando desperdícios e melhorando a eficácia operacional (Liu & Wu, 2014). A análise ABC tem implicações na gestão de consumíveis e na gestão de armazéns. Através da aplicação desta técnica, é possível melhorar a gestão dos consumíveis, controlando a utilização dos recursos e reduzindo o excesso de *stock* (Dhoka & Choudary, 2013).

#### **2.2.6. Diagrama *Ishikawa***

O diagrama *Ishikawa*, desenvolvido por Kaoru Ishikawa na década de 1940 (Wong et al., 2016), é uma ferramenta gráfica amplamente utilizada para identificar e analisar as causas de problemas de um processo. O diagrama *Ishikawa*, também conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de causa e efeito, constitui uma ferramenta de análise de problemas altamente eficaz e visual, que pode ser aplicada, independentemente do contexto ou do utilizador.

Assim, este modelo permite a identificação clara de como um determinado efeito é gerado por múltiplas causas raiz, justificando, assim, a designação "diagrama de causa e efeito".

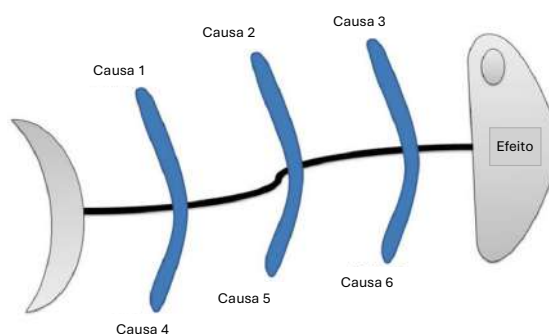


A sua aplicação facilita a concentração na análise das causas subjacentes a um problema, evitando a dispersão para o estudo de causas que possam não ser a real razão para os problemas (Poppendieck, 2011).

O principal objetivo do diagrama *Ishikawa* é identificar e analisar as causas de um problema específico e entender a relação entre essas causas e o problema central. Este diagrama é fundamental na análise de problemas e na identificação da solução de causas raiz, uma vez que proporciona uma visão clara e organizada dos fatores que contribuem para o efeito observado. Ao utilizar esta ferramenta, as organizações conseguem aprofundar o estudo das causas dos problemas, adotando uma abordagem mais estruturada para a sua resolução (Liliana, 2016).

A estrutura do diagrama *Ishikawa* apresenta-se na Figura 5. Como se observa, o diagrama assemelha-se à espinha de um peixe, onde o problema principal (efeito) é posicionado na "cabeça" do peixe, que se encontra no lado direito do diagrama. As causas potenciais são representadas por "espinhas" que se ramificam a partir da linha principal, cada uma correspondendo a diferentes categorias de causas.

Estas "espinhas" são organizadas de forma a ilustrar claramente a relação entre o problema e suas causas, proporcionando uma visão holística e compreensível da situação analisada.



**Figura 5** - Esquema do diagrama *Ishikawa* (Wong et al., 2016).

O diagrama *Ishikawa* frequentemente utiliza categorias principais para organizar as causas identificadas. As categorias identificadas por Dudbridge (2011) estão apresentadas na Tabela 3. Estas categorias funcionam como agrupamentos que facilitam a organização das causas potenciais e ajudam a sistematizar a análise, garantindo que todos os aspetos relevantes sejam considerados.

**Tabela 3** - Categorias utilizadas geralmente utilizadas em diagramas *Ishikawa* (Dudbridge, 2011).

| 4 M's            |             | 4 P's            |              | 4 S's               |              |
|------------------|-------------|------------------|--------------|---------------------|--------------|
| <i>Methods</i>   | Métodos     | <i>Place</i>     | Local        | <i>Surroundings</i> | Envolvência  |
| <i>Machines</i>  | Máquinas    | <i>Procedure</i> | Procedimento | <i>Suppliers</i>    | Fornecedores |
| <i>Materials</i> | Materiais   | <i>People</i>    | Pessoas      | <i>Systems</i>      | Sistemas     |
| <i>Manpower</i>  | Mão-de-obra | <i>Policies</i>  | Políticas    | <i>Skills</i>       | Habilidades  |

A construção diagrama *Ishikawa* pode ser abordada de forma estruturada, seguindo um guia, passo-a-passo que inclui:

- **Definição do problema:** O primeiro passo é especificar claramente o problema ou efeito que está a ser analisado.
- **Identificação das categorias principais:** Devem ser listadas e categorizadas as principais áreas que podem contribuir para o problema. Estas categorias são representadas como "espinhas" principais no diagrama.
- **Identificação das causas:** Detalhar as causas específicas dentro de cada categoria principal é o passo subsequente.
- **Análise e discussão:** Finalmente, cada causa identificada deve ser explorada e discutida, identificando como contribui para a análise do problema. Esta análise pode levar à identificação de causas raiz e ao desenvolvimento de soluções apropriadas.

Este diagrama tem sido aplicado em diversos contextos, nomeadamente, em ambientes industriais. A ferramenta pode ser utilizada para identificar falhas no processo produtivo. A ferramenta proporciona uma visualização estruturada das causas e efeitos, facilitando a comunicação e o entendimento entre os membros da equipa. Ao identificar as causas raiz, o diagrama contribui para a solução de problemas de forma mais eficaz e direta. A análise das causas contribui para a melhoria contínua dos processos, permitindo a eliminação de desperdícios (Liliana, 2016).

#### 2.2.7. Matriz 5W2H

A Matriz 5W2H é uma ferramenta de gestão amplamente utilizada para a organização e análise de problemas e soluções dentro de processos empresariais. Esta ferramenta, que se destaca no contexto do *Lean Manufacturing* e da melhoria contínua, facilita a compreensão e a estruturação de ações necessárias para resolver problemas de forma eficaz (Neves et al., 2018).

A Matriz 5W2H é composta por sete perguntas fundamentais que se dividem em duas categorias principais, conforme apresentado na Tabela 4.

**Tabela 4** - Perguntas da formulação da matriz 5W2H.

|            |                  |         |                                                                                                     |
|------------|------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>5 W</b> | <i>What?</i>     | O quê?  | A pergunta sobre o motivo revela a razão pela qual a ação ou solução é necessária.                  |
|            | <i>Why?</i>      | Porquê? | Esta questão visa definir claramente o que precisa ser efetuado ou qual o problema a ser resolvido. |
|            | <i>When?</i>     | Quando? | Aqui, estabelece-se o prazo ou cronograma para a implementação da solução ou ação.                  |
|            | <i>Where?</i>    | Onde?   | Esta pergunta identifica o local ou a área onde a ação será executada.                              |
|            | <i>Who?</i>      | Quem?   | Determina quem é responsável pela execução da ação ou implementação da solução.                     |
| <b>2 H</b> | <i>How?</i>      | Como?   | Descreve os passos ou o método a ser seguido para implementar a ação ou solucionar o problema.      |
|            | <i>How Much?</i> | Quanto? | Avalia os recursos necessários, como custo e tempo, para a implementação.                           |

No contexto do *Lean Manufacturing*, a Matriz 5W2H desempenha um papel importante na análise e estruturação dos processos de melhoria contínua. O *Lean Manufacturing* é uma filosofia que visa eliminar desperdícios, e a matriz 5W2H apoia este objetivo de várias formas (Seth et al., 2017):

- **Identificação de problemas:** Através da questão "*What*", a ferramenta permite a definição clara dos problemas ou áreas que necessitam de melhorias, orientando as ações corretivas.
- **Compreensão das causas:** A questão "*Why*" é fundamental para identificar as causas raízes dos problemas, permitindo que as ações de melhoria sejam alinhadas com as necessidades reais e as causas subjacentes.
- **Planeamento e organização:** As perguntas "*When*" e "*Where*" garantem que o planeamento e a implementação das ações sejam realizados de forma adequada e nos locais apropriados, evitando atrasos e erros.
- **Atribuição de responsabilidades:** Através da questão "*Who*", a matriz assegura que as responsabilidades sejam claramente definidas, facilitando a execução das ações e melhorando a coordenação entre os membros da equipa.
- **Divisão do processo:** "*How*" proporciona um plano de ação detalhado, enquanto "*How Much*" ajuda na avaliação e alocação dos recursos necessários, evitando desperdícios e promovendo a eficiência.

## 2.3. Níveis de implementação e estratégias do PCP

O PCP é fundamental para a eficiência operacional nas empresas, uma vez que garante que os recursos de produção são disponibilizados e utilizados atempadamente e de forma eficaz para atender à procura por parte dos clientes. A implementação do PCP pode ser dividida em três principais níveis hierárquicos de implementação e diferentes estratégias.

### 2.3.1. Níveis de implementação do PCP

O PCP tem como principal objetivo o cumprimento dos planos produtivos (Ávila et al., 2022). O PCP tem em consideração a hierarquia das decisões a tomar. Existem três níveis de tomada de decisão (Chen et al., 2023), são eles o nível operacional, o nível tático e o nível estratégico (Figura 6).



**Figura 6** - Hierarquia dos tipos de planeamento operacional, tático e estratégico.

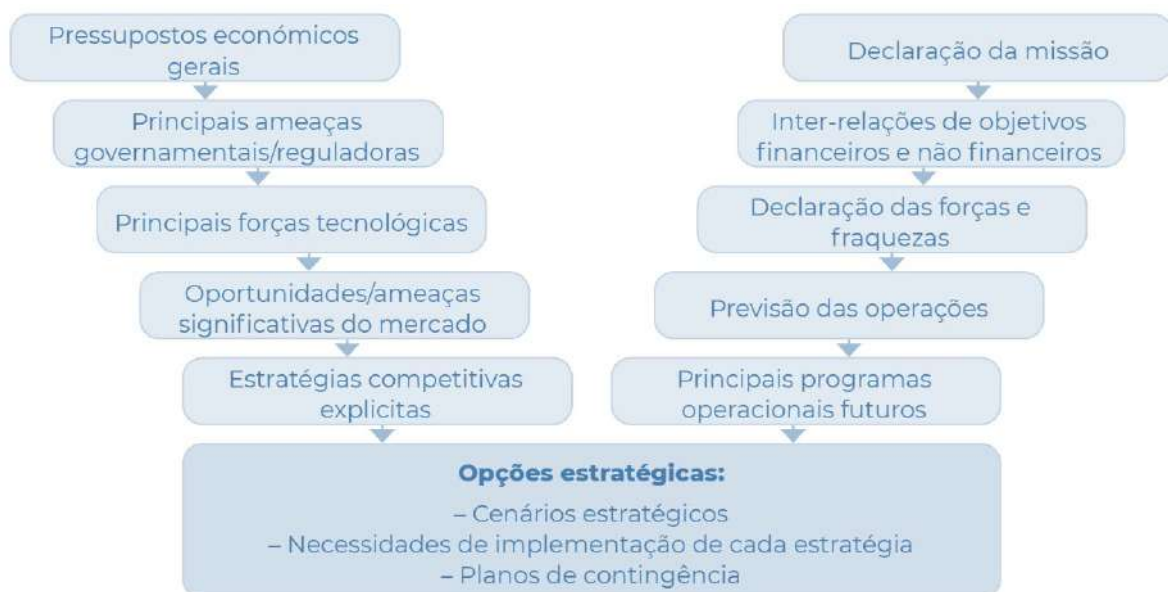
O **planeamento operacional** é fundamental para a gestão da produção, focando nas atividades quotidianas e de curto prazo. O objetivo é garantir que recursos como mão-de-obra, MP e equipamentos sejam usados de forma eficiente para atingir metas estabelecidas ao nível estratégico e tático (Jeon & Kim, 2016). Este planeamento inclui a programação das tarefas, a atribuição de responsabilidades e a calendarização das atividades. Deve também ser flexível para lidar com imprevistos, como falhas de equipamento ou alterações na procura, frequentemente envolvendo planos de contingência para minimizar impactos negativos (Kasper et al., 2024).

O **planeamento tático** traduz as diretrizes estratégicas nas ações a médio prazo (Chen et al., 2023). Este nível de planeamento organiza recursos e define etapas para alcançar as metas do plano estratégico. Inclui o desenvolvimento de planos para áreas funcionais como marketing, produção e finanças, alinhando-as com os objetivos globais da empresa.

O planeamento tático é caracterizado pela sua orientação para o médio prazo e pela necessidade de adaptação às mudanças do mercado e do ambiente empresarial. Exige coordenação eficaz entre departamentos e flexibilidade para ajustar estratégias em resposta a novas condições (Díaz-Madroño et al., 2014).

O **planeamento estratégico** é vital para definir e alcançar os objetivos de longo prazo de uma organização. Este processo começa com uma análise abrangente do ambiente interno e externo, identificando pontos fortes, fraquezas, oportunidades e ameaças. Com base nesta análise, a empresa define a sua missão, visão e objetivos estratégicos, estabelecendo um caminho para sustentar o crescimento e manter a competitividade (Wiendahl et al., 2015). O Planeamento Estratégico envolve a formulação de estratégias específicas e planos detalhados para a sua implementação, incluindo a alocação de recursos e a definição de responsabilidades. A revisão contínua e a adaptação às mudanças do ambiente de negócios são essenciais para garantir a eficácia do plano (Olhager, 2013).

Ávila et al. (2022) apresenta um modelo (Figura 7) que representa uma abordagem geral do planeamento estratégico que força as administrações e os analistas das empresas a repensarem as suas decisões estratégicas. O planeamento estratégico tem implicações a longo prazo, tendo sempre presente o contingente atual da organização, o seu meio ambiente, as suas capacidades atuais e futuras. Este modelo permite uma tomada de decisão sustentada, que, por muito ambiciosa que seja, nunca deve comprometer o bem-estar da organização no futuro.



**Figura 7** - Modelo de escolha para o planeamento estratégico (Ávila et al., 2022).

### **Planeamento Agregado da Produção (PAP)**

O PAP visa equilibrar a capacidade produtiva com a procura prevista num horizonte de médio prazo, geralmente de seis meses a um ano. Este planeamento envolve a previsão da procura, a definição de estratégias para ajustar a capacidade produtiva e a consideração dos custos de produção e inventário (Cheraghalikhani et al., 2019). Os principais objetivos do PAP passam por ajustar a capacidade de produção à procura prevista num determinado horizonte de planeamento, definir os níveis de *stock* nivelados com as necessidades de procura e garantir o cumprimento dos prazos de entrega definidos por parte dos clientes (Ávila et al., 2022).

### **Plano Mestre de Produção (PMP)**

O PMP detalha a produção necessária com base nas previsões de vendas e pedidos, especificando quanto produzir, quando produzir e o que produzir. Desenvolvido para um horizonte temporal de médio prazo, o PMP assegura que a produção atende à procura sem gerar excesso de *stock* ou problemas de rotura. O PMP integra a gestão de inventário e a capacidade produtiva, alinhando esforços de diferentes departamentos e ajustando-se a variações na procura e problemas operacionais. O acompanhamento contínuo e ajustes periódicos são fundamentais para manter a produção alinhada com as necessidades e desafios do mercado (Olhager, 2013).

### **Programação de Necessidades de Materiais (MRP)**

O MRP é um sistema que garante a disponibilidade de materiais para a produção no momento certo e em quantidades adequadas. Baseia-se em três componentes principais: a lista de materiais (*Bill of Materials* (BOM)), PMP e o inventário atual. O MRP calcula as necessidades de materiais e define quando e quanto produzir, evitando escassez e excesso de inventário. É particularmente útil em ambientes de produção complexos e melhora a coordenação entre áreas como compras e logística, embora a precisão dos dados seja crucial para evitar problemas (Noori et al., 2008).

### **Planeamento das Necessidades de Capacidade (CRP)**

O CRP assegura que os recursos produtivos estejam disponíveis para cumprir a programação de produção sem sobrecargas ou subutilizações. Começa com a avaliação da capacidade disponível e compara-a com as necessidades identificadas pelo PMP e o MRP.

O CRP identifica desequilíbrios e recomenda ações para resolver lacunas, como a contratação de pessoal ou a aquisição de equipamentos. Integra-se com outros sistemas de gestão para garantir uma coordenação eficaz e otimizar a capacidade produtiva.

### **Planeamento dos Recursos de Produção (MRP II)**

O MRP II amplia o conceito do MRP, integrando a gestão de materiais, mão-de-obra e equipamentos. Permite criar planos detalhados que alinham a disponibilidade de recursos com a procura, ajustando a capacidade produtiva e monitorizando custos. O MRP II promove a colaboração entre departamentos, como vendas e finanças, melhorando a precisão do planeamento e a capacidade de resposta a mudanças no ambiente de produção. Este sistema é essencial para uma gestão integrada e eficiente dos recursos produtivos.

#### **2.3.2. Estratégias de Planeamento Agregado de Produção**

Segundo Ávila et al. (2022) para o PCP é possível considerar dois grandes grupos de estratégias. O primeiro grupo são estratégias de nivelamento que são focadas numa produção constante ao longo do tempo. O segundo grande grupo de estratégias são as estratégias adaptativas, que tal como o próprio nome indica, visam uma produção que se adapta continuamente à procura ao longo do tempo. As estratégias de nivelamento podem ser organizadas em duas variantes (Ávila et al., 2022):

1. **Nivelamento da mão-de-obra pela procura média:** Ajusta o número de trabalhadores de acordo com a procura média, mantendo uma força de trabalho estável.
2. **Nivelamento da mão-de-obra com trabalho extraordinário:** Mantém a força de trabalho nivelada pela procura média, utilizando horas extraordinárias para gerir picos de procura.

As estratégias adaptativas incluem três variantes (Ávila et al., 2022):

1. **Contratação e dispensa dinâmica:** Ajusta rapidamente o número de trabalhadores conforme as variações da procura.
2. **Produção variável:** Altera a produção de acordo com a procura atual.
3. **Excesso permanente de capacidade:** Mantém uma capacidade de produção acima da procura média para responder a picos de procura.

Assim sendo, é possível caracterizar diferentes variantes cada tipo de estratégia:

### **Nivelamento da mão-de-obra pela procura média a uma produção constante**

Esta estratégia que também pode ser denominada por *Heijunka*, é uma técnica utilizada para suavizar as flutuações na produção e garantir uma carga de trabalho uniforme ao longo do tempo. Esta estratégia visa distribuir a produção de forma equilibrada, evitando variações, e melhorando a eficiência geral. O *Heijunka* permite que uma empresa mantenha um ritmo constante de produção, reduzindo o desperdício e os custos associados a variações bruscas na linha de produção (Pinto et al., 2018). É caracterizada por baixos custos em recursos da produção, custos de *stock* elevados e custos associados a incumprimentos com prazos de entrega.

### **Nivelamento da mão-de-obra com trabalho extraordinário**

Esta estratégia é muito semelhante ao nivelamento da mão-de-obra pela procura média. De uma forma geral, a produção é realizada de uma forma constante calculada através da procura média (McLoughlin & Miura, 2017). No entanto, e para reagir a picos de procura muito superiores à procura média, em determinados momentos recorre da subcontratação ou trabalho extraordinário. Esta estratégia continua a ter custos de *stock* elevados e também custos adicionais de subcontratação e/ou trabalho extraordinário (Ávila et al., 2022).

### **Adaptação à procura por contratação e dispensa dinâmica de mão-de-obra**

Refere-se a uma estratégia onde a empresa ajusta o número de trabalhadores de forma ágil e flexível, contratando ou dispensando pessoal conforme as variações da procura. Esta estratégia é caracterizada por elevados custos de admissão e dispensa de colaboradores, baixos custos associados a *stock* e improváveis atrasos nas entregas e, portanto, baixos custos de incumprimento (Stevenson et al., 2005). Esta abordagem *Make-To-Order* (MTO) está frequentemente associada ao sistema JIT e ao conceito de *pull*, onde a produção é puxada pela procura real (Pinto et al., 2018).

### **Adaptação à procura por produção variável**

Consiste em manter o volume de mão-de-obra constante, mas ajustar os níveis de produção conforme as flutuações da procura (McLoughlin & Miura, 2017). Nesta abordagem, a empresa aumenta ou reduz a quantidade de produtos fabricados em resposta direta às mudanças na procura do mercado.



É uma estratégia caracterizada por moderados custos de recursos de produção, moderados custos de posse de *stock* e pela possibilidade de ocorrência de custos relativos a incumprimentos nas entregas (Ávila et al., 2022).

#### **Adaptação à procura com excesso permanente de capacidade**

Envolve a manutenção de uma capacidade de produção superior ao valor máximo requerido no período de análise. Esta abordagem *Make-To-Stock* (MTS) permite que a empresa responda rapidamente a aumentos inesperados na procura sem a necessidade de contratar novos colaboradores ou investir em novos equipamentos (Biswas & Baral, 2021). Apesar de poder gerar custos adicionais devido à subutilização dos recursos em períodos de baixa procura, esta estratégia garante flexibilidade e a capacidade de atender a picos de procura de forma eficaz, no entanto recorre em elevados custos de *stock*.

### 3. Contextualização e apresentação da empresa

Neste capítulo é efetuada a caracterização do grupo empresarial à qual a Metalogalva pertence, o grupo Vigent, bem como a unidade industrial onde a presente dissertação foi desenvolvida. É efetuada uma contextualização da história, a sua organização, as áreas de intervenção e os produtos fabricados.

#### 3.1. Grupo Vigent

O Grupo Vigent é um grupo empresarial de capital português com operações distribuídas por mais de 15 países. Resulta da evolução da visão estabelecida e levada à prática pela sua antecessora Metalcon SGPS, a *holding* industrial que agregou as participações sociais de um conjunto de empresas bem-sucedidas, algumas com mais de 50 anos de atividade.

As operações das empresas deste grupo resultam de investimentos e parcerias em áreas de negócio tão distintas como a engenharia e proteção de aço (ou seja, aplicação de tratamentos superficiais), a indústria e comércio de produtos do mar, empresas de capital de risco, ou ainda o desenvolvimento e a gestão de ativos imobiliários. O organograma do grupo Vigent é apresentado na Figura 8. Na engenharia e proteção de aço, as empresas do grupo Vigent apresentam-se como os líderes de mercado nacional, oferecendo soluções de iluminação pública e outras infraestruturas ligadas a setores como o de transporte de energia, telecomunicações, vias rodoviárias e ferroviárias, entre outras.

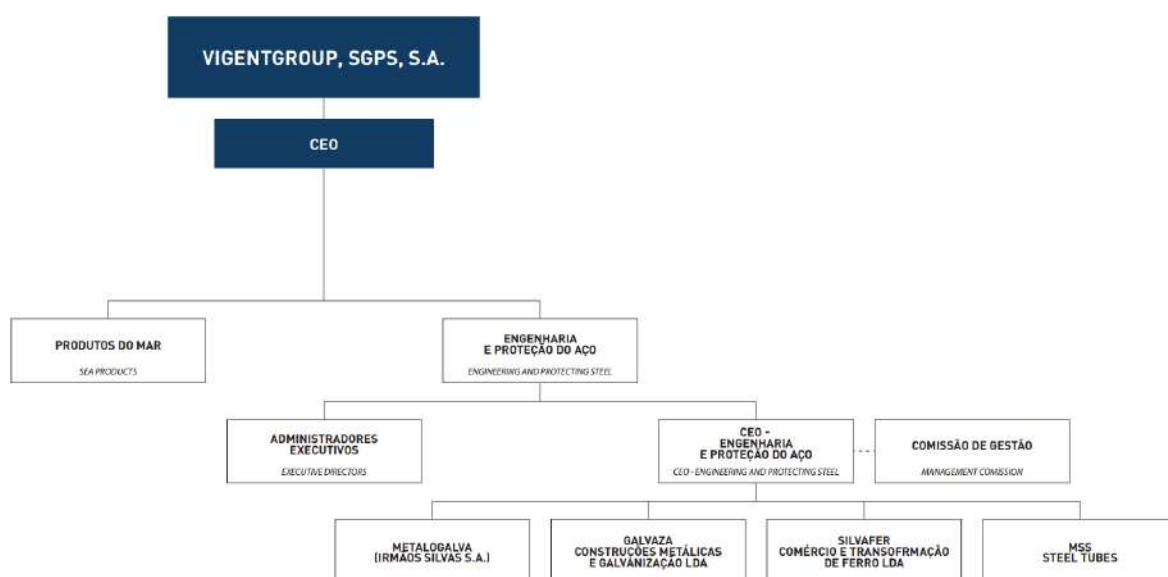


Figura 8 - Organograma do grupo Vigent (Grupo Vigent, 2024).

Atualmente, o grupo Vigent conta com mais de 2 240 colaboradores a nível global e regista, ano após ano, um crescimento da sua atividade. Em 2022, o grupo obteve um volume de negócios global superior a 775 milhões de euros. Mais de 75% de toda a atividade do grupo é gerada para o mercado externo, com exportação para mais de 45 países (Figura 9).



**Figura 9** - Localização mundial do grupo Vigent (Grupo Vigent, 2024).

## 3.2. Metalgalva

Nesta secção apresenta-se a empresa Metalgalva, as suas unidades produtivas e as respetivas áreas de atuação.

### 3.2.1. Unidades industriais

A Metalgalva - Irmãos Silvas, S.A. é a mais antiga empresa do Grupo Vigent. Esta empresa possui 21 unidades industriais e conta com 1 700 colaboradores. Nove destas unidades estão localizadas em Portugal, tendo ao serviço mais de 600 colaboradores.

A origem da Metalgalva remonta a 1971, quando dois irmãos sócios-fundadores, Sr. Adelino Santos Silva e Sr. Joaquim Santos Silva, criaram uma primeira empresa que viria a ter uma grande implantação nacional e internacional, assente numa dinâmica de crescimento e desenvolvimento.

Desde a sua fundação, a Metalgalva tem mostrado uma capacidade notável de adaptação e expansão. Em 2001, foi criado o grupo Vigent, marcando o início de um processo de diversificação e crescimento. Dois anos depois, em 2003, foi fundada a Galvaza, seguida da criação da Silvafer em 2004. Estas novas empresas permitiram ao grupo aumentar a sua capacidade produtiva e alargar a sua oferta de produtos e serviços.

A expansão internacional começou a ganhar forma em 2012 com a inauguração da Metalogalva em França. Esta etapa foi crucial para o grupo, permitindo-lhe entrar num mercado Europeu exigente e competitivo. No ano seguinte, em 2013, foi criada a METAL PRO, fortalecendo ainda mais a presença internacional do grupo desta vez no continente africano.

Em 2015, a Metalogalva continuou a sua expansão com a abertura de filiais na Alemanha, Itália e Reino Unido, consolidando a sua presença no mercado Europeu. A inovação e a capacidade de adaptação do grupo continuaram a ser evidentes com a criação da Metalogalva LAC em 2016 e a expansão para o Brasil em 2017, com a criação da Metalogalva BRASIL. Estas iniciativas demonstraram o compromisso do grupo em explorar novos mercados e adaptar-se às especificidades de diferentes regiões.

Em 2018, o grupo deu mais um passo significativo na sua trajetória de crescimento com a fundação da MSS Steel Tubes, AL-BABTAIN Metalogalva Solar e SOLID TRADE. Estas novas empresas permitiram ao grupo diversificar ainda mais a sua oferta e entrar em novos segmentos de mercado, mais concretamente o mercado de estruturas metálicas para o setor das energias renováveis.

A inovação tecnológica foi uma prioridade em 2019 com o lançamento da SMARTLAMPPOST, um projeto que combinou a experiência do grupo em soluções metálicas com as mais recentes tecnologias de iluminação inteligente.

A aquisição da PETITJEAN em 2020 foi mais um marco importante, permitindo ao grupo fortalecer a sua posição no mercado de estruturas metálicas. No ano seguinte, em 2021, foi criada a EURO POLES Lighting, seguida pela formação da Tecpoles, expandindo ainda mais a presença do grupo no setor da iluminação pública.

Em 2023, o grupo continuou a sua expansão internacional com a criação da MSS Steel Tubes USA e da Electrofer em Portugal, consolidando a sua presença no mercado Norte-americano e em Portugal.

Por fim, em 2024, o grupo manteve a sua trajetória de crescimento e inovação com a aquisição da Contec e da Fábrikat. Estas novas empresas representam o compromisso contínuo do grupo com a inovação e a diversificação, assegurando a sua posição de liderança no setor industrial a nível global. A Figura 10 mostra a evolução das empresas da Metalogalva ao longo do tempo.



**Figura 10** - Evolução das empresas da Metalgalva ao longo do tempo (Metalgalva, 2024).

A Metalgalva tem evoluído notoriamente ao longo do tempo, apostando na exportação e internalização. A aquisição e participação em empresas estratégicas a nível internacional fez com que o volume de negócios crescesse e o grupo se tornasse cada vez mais reconhecido globalmente. A Figura 11 identifica a localização das unidades produtivas espalhadas pelo mundo.



**Figura 11** - Empresas da Metalgalva a nível internacional (Metalgalva, 2024).

### **3.2.2. Áreas de atuação**

A Metalgalva fabrica um conjunto de produtos para áreas e mercados distintos:

#### **Energia**

A Metalgalva tem um elevado conhecimento no dimensionamento e produção de estruturas metálicas para as linhas de transporte e distribuição de energia elétrica. Na sua atividade tem-se destacado como principal fornecedor dos operadores portugueses (Redes Energéticas Nacionais (REN)/ Energias de Portugal (EDP)), bem como na participação em diversos projetos internacionais (Figura 12).

#### **Renováveis**

As estruturas desenvolvidas pela Metalgalva no domínio das energias renováveis são o corolário de 45 anos de desenvolvimento de estruturas metálicas. Suportado por um competente departamento de Engenharia, cada estrutura é desenvolvida de acordo com os requisitos do cliente, bem como as normas exigidas pelas entidades onde o projeto vai ser realizado. Desta forma, é garantida a apresentação da melhor solução técnico-comercial ajustada aos requisitos do cliente (Figura 12).

#### **Colunas de Iluminação**

A Metalgalva fabrica colunas para iluminação pública (vias rodoviárias, jardins públicos) e colunas para iluminação em altura (estádios de futebol, recintos desportivos polivalentes, aeroportos, instalações portuárias, parques de estacionamento, estações rodoviárias e ferroviárias). A empresa aposta na normalização dos projetos, diversidade de soluções e padrões de qualidade elevados (Figura 12).

#### **Telecomunicações**

A Metalgalva possui mais de duas décadas de experiência no projeto e fabrico de torres de telecomunicações. Ao longo dos anos orientou os seus métodos de fabrico para responder às necessidades do mercado quer a nível de capacidade produtiva, quer a nível do desenvolvimento de novas soluções técnicas (Figura 12).



**Figura 12** - Âmbitos de atuação da empresa na área das telecomunicações e energia (Metalgalva, 2024).

### Rodovias

A empresa oferece uma solução global para o fornecimento de equipamentos rodoviários, que vão desde guardas de segurança simples ou duplos, guardas para obras de arte, guardas de proteção para motociclos, guarda-corpos, até pórticos para suporte de sinalização e acessórios (Figura 13).

### Ferrovias

A Metalgalva atua neste domínio como fornecedor dos principais instaladores de infraestruturas ferroviárias, disponibilizando postes para suporte de catenárias, pórticos e barreiras de proteção de acesso às catenárias nas travessias superiores, colunas para suporte de equipamento de sinalização e circuitos fechados de televisão (CCTV) (Figura 13).



**Figura 13** - Âmbitos de atuação da empresa na área das infraestruturas e fabrico de tubos de aço (Metalgalva, 2024).



## Galvanização

A Metalogalva está dotada de uma moderna unidade de galvanização por imersão a quente, incluindo galvanização com centrifugação, onde, para além de galvanizar os produtos de fabrico próprio, presta também serviços de galvanização para outras empresas externas, podendo processar peças com dimensão até 12 400 x 1 750 x 2 000 mm.

## Pintura

A Metalgalva possui uma unidade totalmente automatizada com processo de pintura eletrostática que permite a obtenção de um revestimento de peças metálicas com polímeros termoendurecíveis . De acordo com os requisitos pretendidos, disponibilizam-se diferentes esquemas de pintura para graus diferentes de durabilidade, diferentes categorias de corrosão e a espessura de revestimento pretendida, numa gama de cores alargada.

### 3.3. Unidade industrial MTG6

A MTG6, construída no ano de 2019, apresenta-se como uma unidade de produção estratégica para o grupo Vigent. As instalações da MTG6 estão divididas em dois espaços distintos como mostra a vista aérea da Figura 14. A área delimitada a azul representa os pavilhões 1, 2 e 3, que correspondem aos espaços destinados ao armazenamento de MP, transformação do produto (produção) e parte do armazenamento do produto. A área delimitada a laranja representa essencialmente áreas de armazenamento de produto já transformado, composta por um pavilhão coberto e por um amplo espaço de armazenamento exterior.



**Figura 14 - Vista aérea das instalações MTG6.**



A MTG6 é responsável pela produção de tubos metálicos que suportam painéis fotovoltaicos. O processo produtivo baseia-se na furação dos tubos mediante dimensões e especificações definidas pelos clientes. Existem quatro tipos de tubos em produção na MTG6, o tubo de secção transversal circular de 127 mm de diâmetro, o tubo de secção quadrangular de dimensão 120 x 120 mm, o tubo de secção transversal circular de 60 mm de diâmetro e o tubo de secção octogonal de 140 mm (Tabela 5). Estes tubos podem variar em critérios como a espessura e o comprimento, de acordo com os requisitos dos clientes.

**Tabela 5** - Informação geral dos produtos produzidos na MTG6.

| <b>Tipo de secção</b> | <b>Dimensão da secção transversal</b> | <b>Designação</b>                | <b>Código de produto</b> |
|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|
| <b>Circular</b>       | 127 mm                                | Tubo circular de diâmetro 127 mm | TB D127                  |
| <b>Circular</b>       | 60 mm                                 | Tubo circular de diâmetro 60 mm  | TB D60                   |
| <b>Quadrangular</b>   | 120 mm                                | Tubo quadrado 120 x120 mm        | TB SQ120                 |
| <b>Octogonal</b>      | 140 mm                                | Tubo octogonal 140 mm            | TB OCTO140               |

A MTG6 possui uma área total de cerca de 20 000 metros quadrados, sendo que cerca de 8 000 metros quadrados representam espaços cobertos destinados, na sua maioria, a processos de produção e armazenamento. A Figura 15 mostra os diferentes tipos de tubo produzido nas respetivas zonas de armazenamento.



**Figura 15** - Tipos de tubo produzidos na MTG6 em armazém.

## 4. Análise crítica da unidade industrial MTG6

Neste capítulo é apresentada a descrição das operações da unidade industrial MTG6 e são identificados os principais problemas produtivos.

### 4.1. Descrição das operações produtivas

O processo produtivo na MTG6 começa com a receção de tubos de diferentes especificações: dois tipos de tubo de secção transversal circular (TB D60, TB D127), um tubo de secção transversal quadrangular (TB SQ120) e um tipo de tubo de secção transversal octagonal (TB OCTO140) do fornecedor MSS Steel Tubes.

Esses tubos são então submetidos aos processos de transformação em células ou linhas de produção na fase de processamento. O tubo TBD60 é processado na célula do balancé. O tubo TB D127 é processado nas linhas de produção com a designação TTV4, TT7 e TT9. Os tubos TB SQ120 e TB OCTO140 são processados na célula de punções SteelPro.

Após o processamento, os tubos são agrupados, embalados e marcados, prontos para expedição. No caso dos tubos TB D127, os *packs* são sempre expedidos em quantidades de 27 tubos, com a exceção dos tubos que são colocados em estruturas metálicas específicas para transporte por via marítima. Finalmente, os *packs* de tubos são enviados aos clientes, garantindo a qualidade e a rastreabilidade dos produtos. A Figura 16 apresenta o fluxo geral das operações da unidade industrial em estudo, destacando o fluxo de materiais desde os fornecedores até aos clientes finais, aplicando a matriz SIPOC.

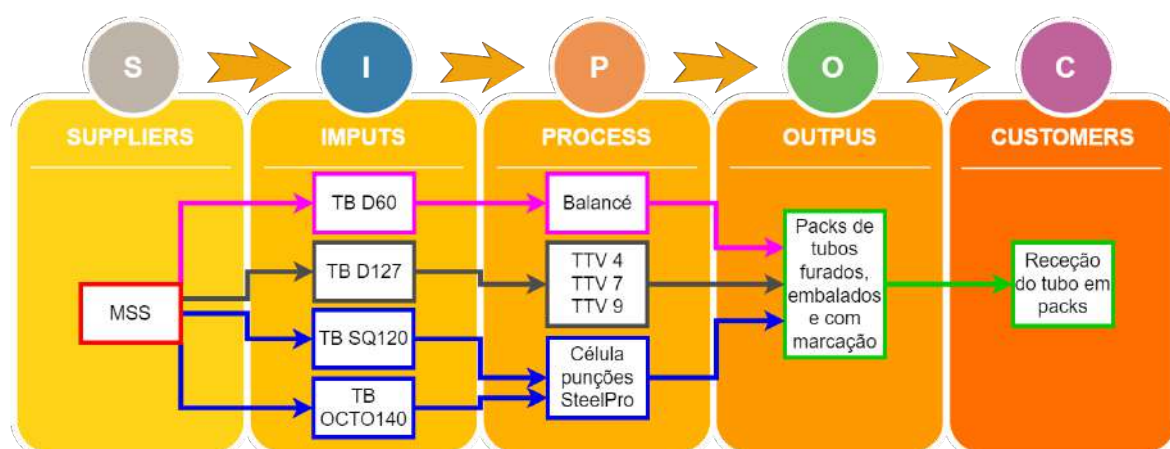


Figura 16 - Matriz SIPOC, visão geral do processo e fluxo da MTG6.

O processo é assim desencadeado com a receção de MP, seguindo-se o conjunto de operações de processamento do tubo que permitem atribuir as características de valor acrescentado aos diferentes tipos de tubo e as operações de embalagem, armazenamento e expedição. Importa ainda referir que existe um conjunto de operações de suporte à produção.

#### **4.1.1. Receção de MP**

No processo produtivo da MTG6, a MP utilizada consiste nos tubos de aço produzidos por outra unidade do grupo, a MSS Steel Tubes, estrategicamente localizada nas proximidades dos pavilhões da MTG6.

A MP é fornecida pela MSS Steel Tubes embalada em *packs* de 24 tubos, existindo duas formas de transferir os tubos entre as instalações da MSS Steel Tubes e da MTG6. Para atender às necessidades da linha de produção instalada no Pavilhão 3 (linha TTV9), os tubos são transferidos entre o pavilhão da MSS Steel Tubes e o Pavilhão 3 da MTG6 por meio de uma plataforma. Estes tubos recebidos através da plataforma, são depois manuseados internamente com o auxílio de pontes rolantes. Por sua vez, os atados de tubos podem ser empilhados em duas localizações distintas destinadas para pilhas de MP neste Pavilhão 3.

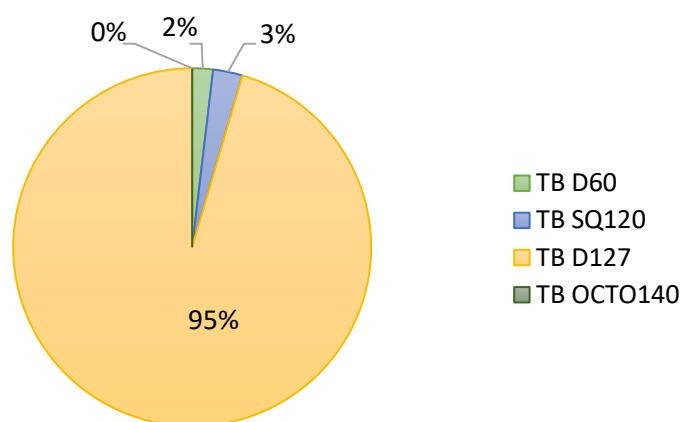
Para suprir as necessidades das linhas de produção instaladas nos Pavilhões 1 e 2 (linha TTV4 e linha TTV7, respetivamente), os *packs* de tubos de MP são transportados do fornecedor MSS Steel Tubes para o Pavilhão 1 por camião. Os camiões deslocam-se até aos cais de descarga, onde, com o auxílio de pontes rolantes, os atados são descarregados e empilhados da mesma forma. Neste pavilhão, há espaço para 4 pilhas de MP, visto que são necessárias para armazenar o *stock* de MP para suprir a produção das duas linhas.

#### **4.1.2. Processamento das diferentes tipologias de tubo**

A operação principal da MTG6 passa por transformar tubos de aço simples em tubos funcionais prontos a serem instalados em parques de produção de energia fotovoltaica.

No caso dos tubos TB D127, os quais correspondem a 95% da produção da unidade industrial MTG6, os processos de conformação de uma das extremidades do tubo e o processo de furação são os processos de valor acrescentado responsáveis pela transformação da MP em Produto Acabado (PA). Para os tubos TB D60, os quais representam 2% da produção da unidade industrial MTG6 e para os tubos TB SQ120 que representam 3%, a única transformação a que estão sujeitos é a furação através de punções nas extremidades dos tubos.

Importa salientar que a produção de tubo OCTO 140 é muito esporádica, não sendo expressivas as quantidades produzidas (percentagem relativa de 0%). A Figura 17 apresenta a distribuição relativa da produção da unidade MTG6, por tipologia de tubo do ano de 2023.



**Figura 17** - Representação relativa da produção por tipologia de tubo, dados históricos de 2023.

### **Produção de tubos TB D60, TB SQ120 e TB OCTO140**

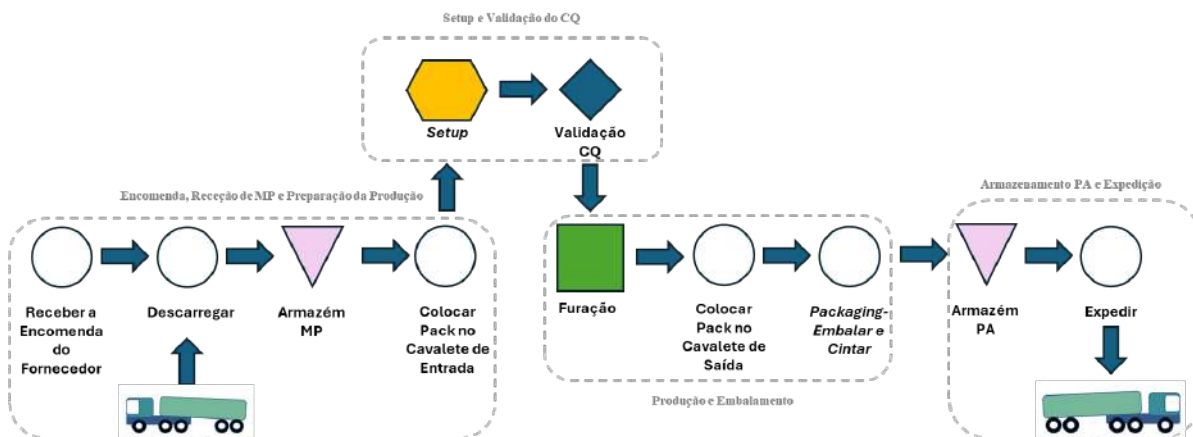
A produção de tubos TB D60, TB SQ120 e TB OCTO140 dá-se em duas células distintas. A produção do tubo TB D60 é efetuada numa célula que incorpora uma prensa mecânica (balancé), que é responsável pela furação dos tubos. Por outro lado, a furação dos tubos TB SQ120 e TB OCTO140 é realizada numa célula de furação hidráulica de punções (SteelPro). Mesmo sendo células diferentes o processo de produção é igual.

De uma forma geral, o processo inicia-se com uma ordem de encomenda, segue-se a descarga do material que chega por camião ao armazém de MP.

Quando é programada a produção, um primeiro *pack* de tubos é colocado no cavalete de entrada, é realizado o *setup*, e, caso necessário, é solicitada intervenção do Controlo da Qualidade (CQ) para validação de todas as medidas e cotas. Se o primeiro tubo estiver conforme é validado o *setup* e a produção é iniciada. O primeiro processo de produção é a furação. Assim que a furação individual de cada tubo estiver concluída, estes são colocados nos cavaletes de saída até formarem *packs* de tubo que posteriormente são cintados e embalados. Por fim, estes *packs* são colocados no armazém de PA até que exista ordem de expedição.

A sequência deste processo pode ser analisada na Figura 18. O fluxograma agrupa as atividades já descritas em quatro principais fases produtivas, identificando as operações, movimentações, armazenagens, *setups* e controlos, de acordo com a simbologia *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) (Bertolini et al., 2006).

A primeira fase do processo produtivo corresponde ao processamento da encomenda, descarga e armazenamento de MP; a segunda fase corresponde ao *setup* e validação pelo CQ; a terceira fase corresponde à produção e embalagem; e por fim, a quarta etapa, diz respeito ao armazenamento de PA e respetiva expedição.



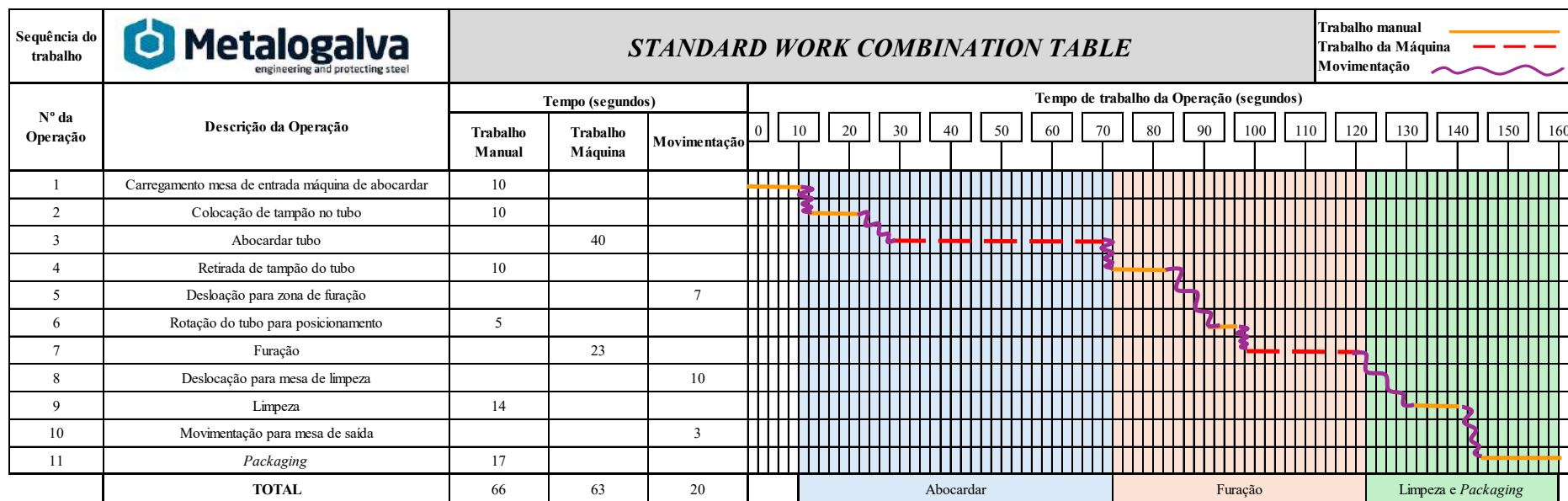
**Figura 18** - Fluxograma produção dos tubos TB D60, TB SQ120 e TB OCTO140.

### **Produção de tubos TB D127**

Como referido, na MTG6, a produção do tubo TB D127 é realizada em três linhas de produção deste tubo (TTV4, TTV7 e TTV9). O processo produtivo de uma forma geral é exatamente o mesmo para as três linhas. Este processo contempla 11 operações desde a receção da MP até à saída do PA. No caso específico da produção do tubo TB D127, o processo contempla três operações distintas. A operação de abocardar inclui todas as atividades ligadas à conformação do topo do tubo onde é reduzido o diâmetro para permitir o encaixe dos tubos nas linhas de montagem. Só depois o tubo segue para a furação, operação que contempla todas as atividades necessárias para obter todas as furações nos tubos e que permitem a montagem de painéis fotovoltaicos. Depois de conformado e furado, o tubo é limpo e reencaminhado para a zona de *packaging*, onde os *packs* dos tubos são formados, cintados e são pintados segundo o código de cores estipulado pelos clientes.

Na Tabela 6 pode ser analisado o tempo correspondente a cada operação, a sequência das operações desde o início até ao fim do processo de produção de uma unidade de tubo TB D127, assim como a distinção entre o tipo de operação (trabalho manual, máquina e movimentação). Cada tubo demora 149 segundos (2,5 minutos) a ser produzido, sendo que as atividades correspondentes ao trabalho manual representam 44,3% do tempo de produção. As atividades de trabalho de máquina correspondem a 42,3% e os tempos de movimentação representam apenas 13,4% do tempo de ciclo produtivo.

Tabela 6 - SWCT do processo de produção TB D127.



#### **4.1.3. Operações de embalagem, armazenamento e expedição**

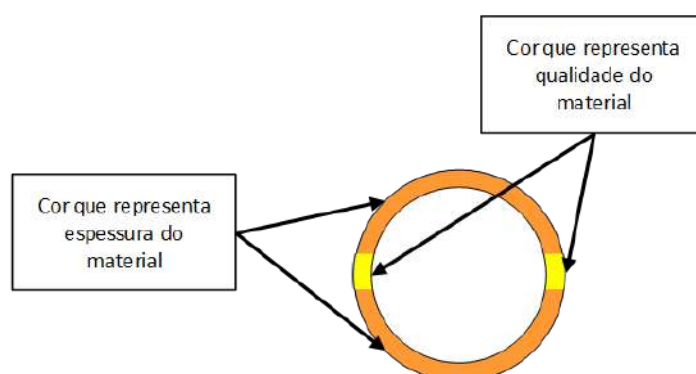
Após o processamento dos tubos, estes são embalados e armazenados até ao momento de expedição para o cliente. No caso específico do tubo TB D127, estes são colocados em forma de hexágono em *packs* de 27 unidades e presos com cintas plásticas que são tencionadas de forma a manter o seu formato em todos os momentos de transporte e movimentação por via terrestre. Depois de serem formados, os *packs* são armazenados em pilhas cruzadas até à expedição.

A expedição por sua vez é realizada num dos quatro pontos de carregamento disponíveis (cais de carga). Aí os camiões a serem carregados têm de possuir reboques com abertura superior e lateral. Os *packs* de tubos são transportados das pilhas até aos camiões com o auxílio de pontes rolantes. O camião é cintado de forma a garantir que a carga esteja bem-acondicionada. A capacidade de carga de cada camião é ditada pelo peso dos tubos, visto que o critério para definir a quantidade total de tubos que é transportada por cada camião é o peso, que varia com a espessura e comprimento dos tubos.

Quando o transporte dos tubos é efetuado por via marítima em contentores, os tubos são colocados em estruturas metálicas de expedição e a dimensão de cada *pack* pode variar tendo em conta o limite de capacidade de cada estrutura e o limite de carga do próprio contentor. Estes fatores são influenciados diretamente pelo peso dos tubos. O armazenamento destes tubos nestas estruturas metálicas é efetuado no parque exterior. A expedição deste tipo de estruturas, ao contrário dos *packs* de 27 unidades destinados ao mercado Europeu, não necessita do auxílio de pontes rolantes que se encontram no interior dos pavilhões. O processo de expedição em contentores marítimos resulta do trabalho conjunto de dois empilhadores, um empilhador lateral (Combilift) e um empilhador frontal tradicional. O processo começa com o empilhador lateral a levantar a estrutura, insere a estrutura que tem rodas na base do interior do contentor. Posteriormente o empilhador frontal levanta a ponta da estrutura que está fora do contentor e empurra toda a estrutura para dentro dos contentores. Por fim, as estruturas com os tubos são devidamente presas com cintas às paredes dos contentores e o contentor pode ser selado.

Em ambos casos, para estruturas ou para *packs* de 27 unidades, todos os tubos são sujeitos à aplicação de zinco a frio nos topos dos tubos como forma de proteção contra corrosões. Posteriormente, o topo do tubo do lado abocardado (conformação de um topo do tubo para dar encaixe em linha) é configurado com as cores definidas pelo cliente que derivam de fatores como a espessura do tubo e a qualidade da chapa que lhe deu origem.

Desta forma, é efetuada uma marcação do topo dos tubos com duas cores distintas: uma cor representa a espessura do material do tubo e uma segunda cor representa a qualidade do tubo, conforme representado na Figura 19.



**Figura 19** - Explicação e ilustração da marcação por cores do topo dos tubos.

No total existem 9 cores de *spray* diferentes que podem ser colocadas no topo do tubo, sendo que, em primeiro lugar, todo o topo do tubo é pintado com a cor que identifica a espessura do tubo e, só depois, são feitas duas pequenas marcas com outra cor que identifica a qualidade da chapa que dá origem ao tubo. A Tabela 7 apresenta o resumo das diferentes combinações de cores que podem ser pintadas nos topos dos tubos, tendo em consideração a qualidade e a espessura de cada tubo.

**Tabela 7** - Combinações de cores dos topos dos tubos em função da qualidade e a espessura.

| Cor                                                   | Espessura do Tubo                 | Qualidade |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Roxo                                                  | 2,2 mm para abocardado de 119 mm  | 50 ksi    |
|                                                       |                                   | 60 ksi    |
|                                                       |                                   | 67 ksi    |
| Laranja                                               | 2,2mm para abocardado de 120,6 mm | 50 ksi    |
|                                                       |                                   | 60 ksi    |
|                                                       |                                   | 67 ksi    |
| Preto                                                 | 2,5 mm                            | 50 ksi    |
|                                                       |                                   | 60 ksi    |
|                                                       |                                   | 67 ksi    |
| Cinza galvanizado<br>(sem cor, só <i>spray</i> zinco) | 3,0 mm                            | 50 ksi    |
|                                                       |                                   | 60 ksi    |
|                                                       |                                   | 67 ksi    |
| Rosa                                                  | 3,5 mm                            | 50 ksi    |
|                                                       |                                   | 60 ksi    |
|                                                       |                                   | 67 ksi    |
| Verde                                                 | 4,0 mm                            | 50 ksi    |
|                                                       |                                   | 60 ksi    |
|                                                       |                                   | 67 ksi    |



A chapa que dá origem à produção dos tubos que são furados na MTG6 pode ter três tipos de qualidade diferentes, 50 ksi, 60 ksi e de 67 ksi. O parâmetro corresponde à unidade de medida da resistência à tração da chapa de aço, medida em mil libras por polegada quadrada, isto é, *kilo-pounds per square inch* (ksi).

#### **4.1.4. Operações de suporte à produção**

Na MTG6, as operações de apoio à produção abrangem três atividades principais: afiação de brocas, corte de tubos para reutilização e montagem de estruturas de suporte à expedição.

##### **Afiamento de brocas**

A furação nas três linhas de produção de tubos TB D127 é realizada utilizando brocas específicas para aço. Na MTG6, utilizam-se duas medidas de brocas: 14,9 mm e 16,9 mm. Quando novas, estas brocas podem perfurar cerca de 5 000 furos, o que equivale a uma média de 5 000 tubos produzidos. Após o processo de afiação, essas brocas podem perfurar em média 2 000 furos. Este processo de afiação pode ser repetido até três vezes, aumentando significativamente a vida útil destes consumíveis. As brocas são afiadas na bancada da Figura 20.



**Figura 20** - Bancada de afiamento das brocas.

##### **Montagem de estruturas de expedição**

A montagem das estruturas de suporte à expedição ocorre durante o carregamento dos tubos para transporte marítimo. Estas estruturas facilitam o processo de carga dos contentores marítimos, tornando-o mais eficiente.

Cada estrutura é composta pelos seguintes componentes: rodas, bases sem rodas, bases com rodas, cantoneiras, calhas, travamentos, parafusos, anilhas e varão roscado. A Figura 21 mostra as estruturas com embalagem de tubos finalizados, as estruturas de bases com rodas e as estruturas de bases sem rodas.



**Figura 21** - Estruturas com embalagem de tubos finalizados (esquerda), estruturas de bases com rodas (centro) e estruturas de bases sem rodas (direita).

### **Corte de tubos**

O corte de tubos é realizado por uma máquina específica (Figura 22), neste caso, um serrote de fita, que devido às suas dimensões consegue cortar transversalmente um *pack* de 24 tubos de uma só vez. As encomendas de MP ao fornecedor MSS Steel Tubes são efetuadas de acordo com as espessuras de chapa, e cada encomenda contém tubos com vários comprimentos correspondentes a essas espessuras.



**Figura 22** - Serrote usado para corte de tubos.

O fornecedor, ao calcular as necessidades de chapa para produzir os tubos, reserva 5% para desperdícios. Assim, após a produção do pedido completo, o fornecedor utiliza a restante MP da bobine para produzir tubos excedentes do comprimento mais longo. Posteriormente, na MTG6, em casos de sucata ou falta de MP por qualquer motivo, os tubos excedentes são cortados no serrote para os comprimentos necessários, permitindo completar as ordens de produção.

### **Controle da qualidade**

O CQ é realizado frequentemente ao longo da produção. Com a existência de uma produção contínua de tubo TBD127, existem 3 postos de CQ para cada uma das linhas de produção deste tubo. A Figura 23 mostra o posto de trabalho onde se realiza o CQ.



**Figura 23** - Posto de trabalho onde se realiza o CQ.

O CQ destaca-se como um importante processo auxiliar. É responsável por garantir que toda a produção se encontra a ser produzida corretamente fazendo o controlo dimensional e visual do produto.

Para além do controlo contínuo ao longo da produção, é realizado CQ sempre que existe um *setup* para mudança de produto. O CQ necessita de validar esse *setup*, conferindo se todas as dimensões e cotas se encontram dentro de tolerância. Para cada referência de tubo é efetuado um controlo rigoroso seguindo uma Instrução de Trabalho (IT), onde são delineados todos os pontos de avaliação da conformidade do produto.

Esta IT contém informações em relações a cada cota de medição, assim como valores máximos e mínimos permitidos. Se alguma cota se encontrar fora do valor de tolerância o departamento de produção é alertado e a máquina é sujeita a ajustes até cumprir com os requisitos da IT. Só depois de ser retirada uma amostra conforme é que se dá a validação do *setup* e a produção contínua dessa referência de tubo pode ser iniciada.

## 4.2. Identificação e análise crítica de problemas

Nesta secção são apresentados e analisados os principais problemas da unidade industrial MTG6. Estes problemas são sobretudo divididos em problemas operacionais relacionados com a falta de organização, falta de meios de apoio à produção, deficiências a nível de gestão visual e normalização de procedimentos. Durante o desenvolvimento da dissertação, foi verificada uma mudança da estratégia de PCP como resultado das alterações do mercado, tendo sido efetuada uma análise dos problemas resultantes neste âmbito.

### 4.2.1. Falta de gestão visual na gestão de resíduos

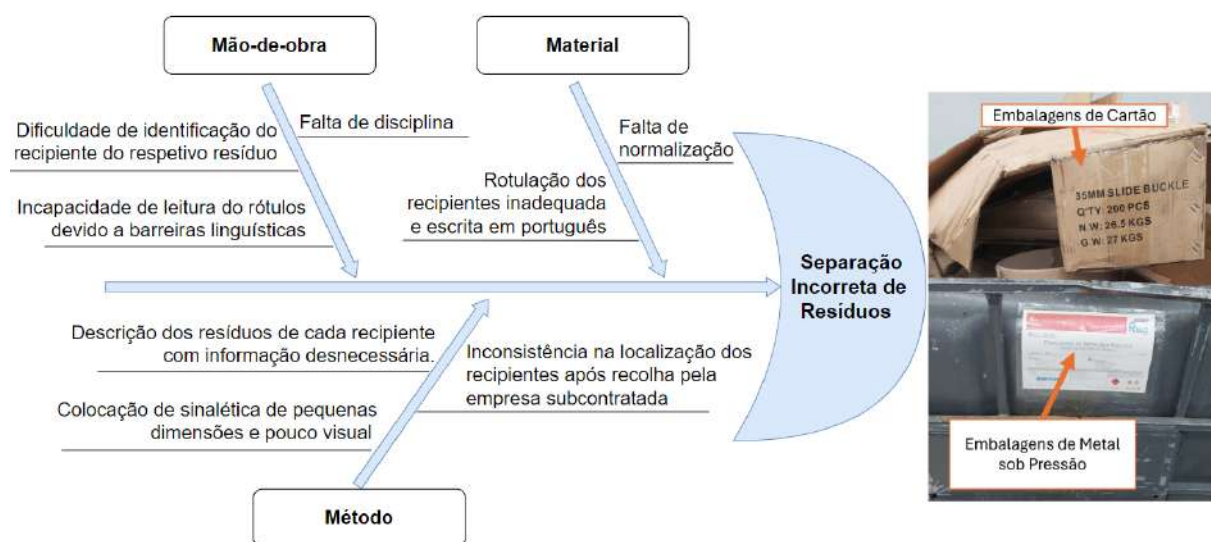
Na eficiência diária de uma indústria, a falta de gestão visual afeta o desempenho dos processos e a produtividade. A falta de representações visuais claras, dificulta que os colaboradores compreendam rapidamente o estado atual das operações e tomem decisões informadas em tempo real. Durante a realização do *Gemba Walk*, foi possível identificar diversos problemas que se relacionam com a falta ou inadequada gestão visual.

Todos os processos de fabrico realizados na MTG6 produzem diferentes tipos de resíduos. Os resíduos são colocados em recipientes, internamente denominados de cubas, e são recolhidos periodicamente todas as quartas-feiras de cada semana. A Tabela 8 apresenta a quantidade de recipiente existentes nas instalações da MTG6 e a descrição dos resíduos que devem ser colocados em cada uma delas.

**Tabela 8** - Quantidade de cubas (recipientes) de cada tipologia de resíduo

| Descrição                                                            | Quantidade |
|----------------------------------------------------------------------|------------|
| Absorventes, materiais filtrantes, panos e equipamentos contaminados | 4          |
| Embalagens de papel e cartão                                         | 4          |
| Embalagens de metal sob pressão                                      | 1          |
| Plástico de filme misto                                              | 3          |

Estes recipientes estão identificados com um autocolante redigido em português, que é colocado pela empresa que recolhe os resíduos. Este autocolante contém a descrição textual da tipologia de resíduos que pode conter. No entanto, as barreiras linguísticas e a falta de uma caracterização visual dos resíduos em cada um dos recipientes impedem que os colaboradores, maioritariamente de nacionalidade Indiana, compreendam a descrição da tipologia de resíduos. Como consequência, os colaboradores colocam qualquer tipo de resíduo nos recipientes de forma indiferenciada. Assim, é frequente encontrar recipientes com resíduos incorretos. Outro fator que contribui para esta incorreta e frequente separação dos resíduos é a inconsistência da localização dos recipientes após a recolha por parte da empresa externa subcontratada. Quando esvaziados, os contentores podem ser repostos por uma sequência ou ordem diferente. Na Figura 24 é apresentada a aplicação do diagrama *Ishikawa* para a identificação das causas da incorreta separação de resíduos.



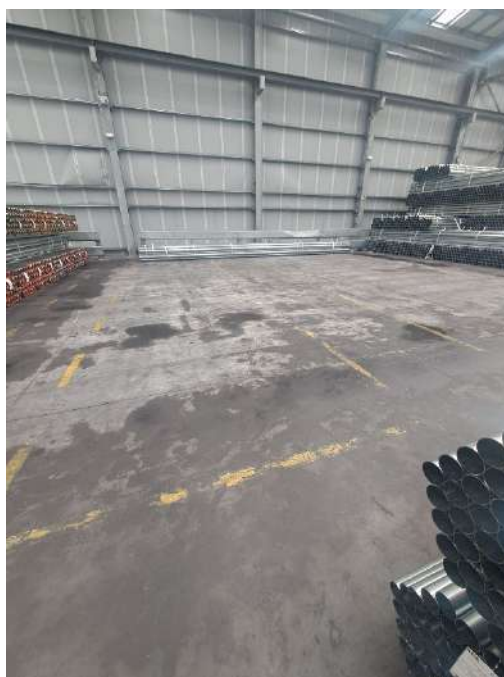
**Figura 24** - Aplicação do diagrama *Ishikawa* para a identificação das causas do problema de separação de resíduos.

#### 4.2.2. Falta de marcação de áreas produtivas no pavimento

Na MTG6, um problema notório estava relacionado com o desgaste das marcações das diferentes áreas produtivas no pavimento em todo o *layout* fabril. As linhas de marcação que delimitavam as áreas de armazenamento das pilhas de tubo, as áreas produtivas e os corredores de passagem estavam tão desgastadas que já não eram visíveis. Este desgaste das marcações criava uma situação de incerteza e confusão no ambiente de trabalho. Os colaboradores tinham dificuldades em discernir claramente as áreas destinadas a diferentes fins, levando a possíveis conflitos de espaço e comprometendo a segurança nas operações.



Além disso, a falta de marcações claras afetava a eficiência operacional, uma vez que os trabalhadores não conseguiam identificar facilmente as áreas de armazenamento, as rotas de passagem e as zonas de produção. Isso resultava em atrasos no transporte de materiais, dificuldade na movimentação de equipamentos e potencial interferência no fluxo de trabalho. A Figura 25 mostra a falta de marcação dos limites das áreas no pavimento do *layout* fabril.



**Figura 25** - Falta de marcação dos limites das áreas no pavimento no *layout* fabril.

A deterioração das marcações no *layout* fabril representava não apenas um problema de gestão visual, mas também uma questão prática de segurança e que exigia uma solução imediata. Era crucial restaurar as marcações de forma a garantir uma organização adequada do espaço, promover a segurança no ambiente de trabalho e melhorar a eficiência das operações.

#### **4.2.3. Falta de organização dos consumíveis e de bancadas de apoio**

Tal como referido na secção 4.1.3., o processo de embalagem requer a alocação de determinados consumíveis junto do posto de embalagem. Materiais como os *sprays* de zinco que protegem as zonas de corte dos tubos contra corrosões ou *sprays* das diversas cores que permitem a identificação da tipologia do tubo e as características de espessura e qualidade da chapa, têm de estar acessíveis e dispostos de forma organizada para os colaboradores usarem assim que necessário.

Um dos problemas encontrados nesta secção passava pela desarrumação das bancadas de apoio, bancadas essas que eram improvisadas. As bancadas eram pouco funcionais, sem locais para colocar as latas de *spray* que caíam frequentemente da bancada. Além de causar um prejuízo material causam tempos perdidos de constante arrumação.

A utilização de diversas cores consoante a espessura e a qualidade da chapa era revelador de uma desorganização do posicionamento das próprias latas de *spray* em cima da bancada. Muitas vezes como as latas eram colocadas sem tampa o operador pegava em qualquer lata de *spray* da bancada. Se essa lata correspondesse à cor certa, então não existiam problemas e o colaborador continuava o trabalho. Quando esse colaborador pegava numa lata e não era a cor certa a aplicar no topo do tubo, então o colaborador consumia tempo a procurar a lata correta em cima da bancada.

Neste processo, uma vez que as latas sem tampa não tinham qualquer indicação de cor, o colaborador pintava uma qualquer superfície para verificar qual a cor da lata até encontrar a cor certa. Este procedimento para além de ser um desperdício de tempo representava também um desperdício de material, dada a tinta gasta no processo de tentativa e erro efetuado pelo colaborador. Outro dos problemas passava pela presença de latas cheias e vazias no mesmo local, ou seja, em cima da bancada. A Figura 26 ilustra a desorganização da bancada de colocação das latas de *spray* e a desorganização geral deste posto de trabalho no embalamento.

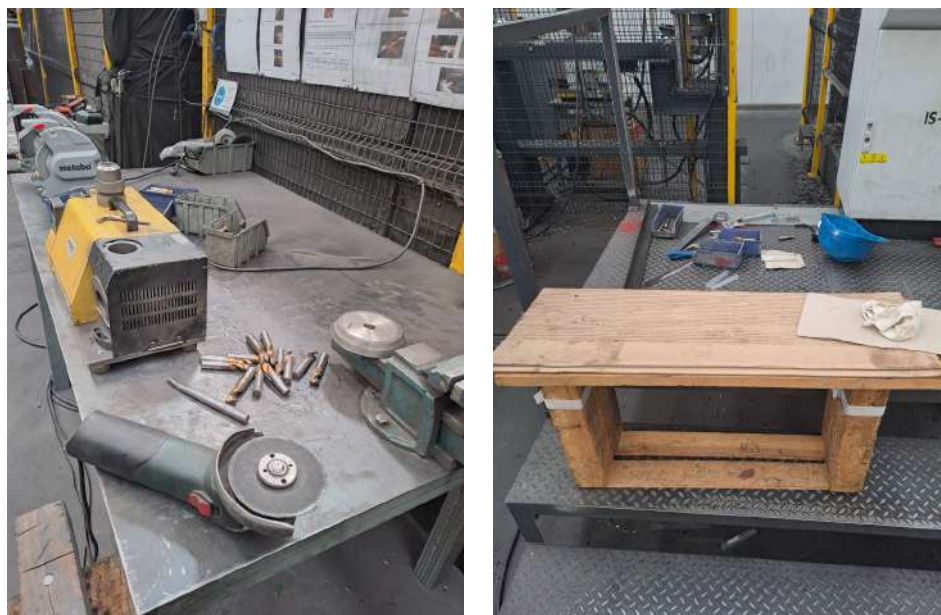


**Figura 26** - Desorganização geral das bancadas de apoio à produção e embalamento dos tubos.

#### **4.2.4. Falta de organização do posto de afiamento de brocas**

Um ponto de mudança identificado passava pela necessidade de organizar a zona de afiação das brocas. Todas as brocas quando desgastadas passam por dois processos. O primeiro corresponde a cortar a ponta da broca para retirar toda a parte danificada. O segundo e último processo passa por alinhar a broca na máquina e afiar a ponta da broca. Esta zona encontrava-se muitas vezes desorganizada com brocas com a ponta cortada, umas por afiar e outras já afiadas, mas misturadas e espalhadas em cima da bancada de trabalho (Figura 27). Esta desorganização também se verificava junto da máquina de afiar, onde as brocas se encontravam também todas misturadas.

Este problema levava a que, em algumas situações, não existissem brocas afiadas prontas a utilizar ou que fosse necessário procurar as brocas para colocar na máquina a trabalhar, o que resultava em tempos de paragem de produção por não ter material de substituição no momento.



**Figura 27** - Desorganização da bancada de afiamento de brocas (à esquerda) e junto às máquinas de furar (à direita), com brocas espalhadas em ambos os casos.

#### **4.2.5. Falta de organização do armazém dos consumíveis**

Na empresa MTG6, enfrentava-se um problema significativo relacionado com a organização dos consumíveis. A colocação dos materiais consumíveis nas prateleiras das estantes não correspondia à legenda/etiquetagem indicativa dos produtos nesses locais, provocando dificuldade na localização dos itens necessários para as operações diárias.



Esta falta de correspondência entre a disposição física dos consumíveis e as etiquetas identificadoras criava um ambiente de trabalho desorganizado e ineficiente. Os colaboradores eram frequentemente obrigados a desperdiçar tempo a procurar por itens específicos, resultando em atrasos nas tarefas e potencialmente afetando a produtividade geral da empresa. Além disso, a desordem nas prateleiras dificultava o controlo do inventário e a gestão de *stock*, levando a possíveis erros no reabastecimento de materiais e, conseqüentemente, ao risco de interrupções nas operações devido à falta de materiais essenciais. A Figura 28 evidencia o estado de desorganização do armazém de consumíveis da MTG6.



**Figura 28** - Armazém de consumíveis desorganizado com colocação de materiais amontoados e sem identificação.

#### **4.2.6. Dificuldade de gestão de *stocks* de consumíveis**

Na indústria, a gestão de *stocks* assume um papel vital para o sucesso operacional e financeiro das empresas. Uma gestão eficaz dos *stocks* permite equilibrar as existências e a procura desses mesmos consumíveis, garantindo que os produtos certos estejam disponíveis no momento certo e em quantidade adequada.

Tal como descrito na secção 4.1.3., para o processo de expedição é necessário preparar estruturas metálicas quando a expedição se processa para contentores marítimos. Essas estruturas metálicas são compostas por várias peças que são produzidas noutras unidades industriais da Metalgalva e que são transportadas para a MTG6 para a montagem dessas estruturas metálicas de expedição. Um dos problemas associados a esses componentes relaciona-se com a sua proveniência, uma vez que podem ser fornecidos à MTG6 por diversas unidades. Este aspeto promove a dificuldade de gestão do *stock* desses componentes.

Esses componentes eram armazenados sem critério de organização definido, colocados em paletes no parque exterior de materiais. Quando eram descarregados não era realizado nenhuma espécie de validação do material que acabava de chegar. Por outro lado, quando se realizava o levantamento desse material para a montagem das estruturas, também não se realizava um registo e um controlo eficaz nem das quantidades nem dos consumos de cada um dos componentes.

Desta forma, um dos graves problemas resultantes da falta de controlo passava pela existência de certos componentes em excesso e de outros componentes com *stocks* muito reduzidos. À data de início da realização da dissertação, o procedimento implementado para controlo do *stock* desses componentes passava por solicitar a um colaborador que realizasse um inventário pontual. Esse inventário tratava-se de uma contagem de todos os componentes das estruturas metálicas em *stock*, de modo a perceber aqueles mais críticos, para proceder a uma nova encomenda. Essa contagem exigia que um colaborador dedicasse cerca de uma hora do turno de trabalho, de dois em dois dias.

No decorrer da atividade quotidiana da MTG6, eram necessários consumíveis como *sprays*, sistemas de embalagem (hevilas<sup>1</sup> e cintas), entre outros. Assim, tanto no momento de receção desses materiais como no momento da sua requisição para responder à necessidade de consumo, não era realizado nenhum registo ou controlo. Essa falta de controlo levava, em algumas situações, a roturas de *stocks* momentâneas que eram combatidas com pedidos urgentes a outros fornecedores com um prazo de entrega mais baixo, mas com custo de compra superior. Este problema de organização dos consumíveis representava não apenas um desafio operacional, mas também um obstáculo para a eficiência e a rentabilidade da empresa. Era necessário implementar medidas corretivas para reorganizar as prateleiras de acordo com a identificação dos produtos, garantindo uma melhor organização, facilitando o acesso aos materiais necessários para as operações.

#### **4.2.7. Dificuldade no registo e controlo da produção**

Na MTG6, apenas existia um sistema de *kanban* de produção e de expedição. Os *kanban* de produção, cuja última revisão datava de 4 de junho de 2016, encontravam-se desatualizados.

---

<sup>1</sup> Hevilhas são pequenas peças metálicas que permitem manter as cintas de plástico tensionadas.

Estes continham campos de preenchimento que, embora fossem relevantes para o controlo diário, não refletiam todas as necessidades atuais da empresa. Havia também campos desnecessários que complicavam a sua utilização. Esta situação conduzia a um controlo de produção e de inventário menos eficiente e a uma dificuldade acrescida na monitorização de parâmetros cruciais para a melhoria contínua dos processos.

Na Tabela 9, é apresentado de forma detalhada os campos de preenchimento existentes, a sua descrição, a necessidade de cada campo e o motivo da decisão sobre a sua inclusão ou exclusão nos *kanban* atualizados.

**Tabela 9** - Campos de preenchimento em avaliação dos sistemas *kanban*.

| <b>Campo</b>             | <b>Descrição</b>                           | <b>Necessário?</b> | <b>Motivo de Decisão</b>                                |
|--------------------------|--------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------|
| <b>Equipa</b>            | Número da equipa                           | Sim                | Comparar a produtividade entre equipas                  |
| <b>Máquina</b>           | Máquina que produziu                       | Sim                | Comparar a produtividade entre máquinas                 |
| <b>Data</b>              | Data do dia de produção                    | Sim                | Importante para registar o dia de produção              |
| <b>Horário</b>           | Horário do turno                           | Sim                | Importante para registar o horário/turno                |
| <b>OV</b>                | Ordem de Venda                             | Não                | Não é do conhecimento do operador o número da OV        |
| <b>OF</b>                | Ordem de Fabrico                           | Não                | Não é do conhecimento do operador o número da OF        |
| <b>PN</b>                | <i>Part number</i> (PN) do tubo a produzir | Sim                | Importante para saber o tipo de tubo produzido          |
| <b>Quantidade</b>        | Quantidade de cada PN produzido            | Sim                | Importante para saber a quantidade de cada PN produzido |
| <b>Duração</b>           | Tempo de produção de cada PN               | Não                | Não era preenchido pelos operadores                     |
| <b>Motivo da Paragem</b> | Motivo de paragens                         | Sim                | Importante saber o motivo das paragens                  |
| <b>Início</b>            | Início da paragem                          | Não                | Não era preenchido pelos operadores                     |
| <b>Fim</b>               | Fim da paragem                             | Não                | Não era preenchido pelos operadores                     |
| <b>Duração</b>           | Duração da paragem                         | Sim                | Importante para saber ao tempo de paragem               |
| <b>Resolvido</b>         | Estado de resolução da paragem             | Não                | Não era preenchido pelos operadores                     |
| <b>Tubos produzidos</b>  | Tubos produzidos                           | Sim                | Saber a quantidade total produzida                      |
| <b>Horas trabalhadas</b> | Horas totais de trabalho.                  | Sim                | Importante para saber as horas trabalhadas              |

Para resolver os problemas identificados, era necessário atualizar os *kanban* de produção, eliminando os campos desnecessários e incorporando aqueles que são realmente cruciais para a gestão eficiente da produção.

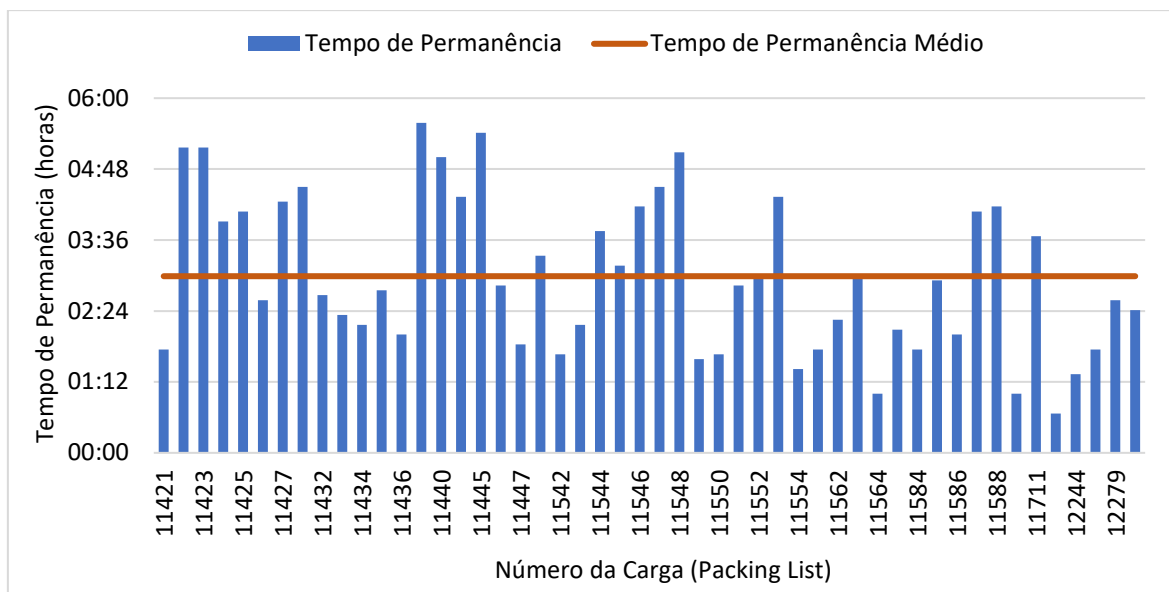
Desta forma, a empresa pode melhorar o controlo de produção, a monitorização da eficiência das equipas e das máquinas, a gestão das paragens de produção e a monitorização de indicadores de desempenho. A implementação de *kanban* atualizados permite um melhor fluxo de informações, promovendo a eficiência operacional e contribuindo para a melhoria contínua dos processos produtivos.

#### **4.2.8. Congestionamento do cais de carga**

Um dos pontos em que era necessário uma melhoria operacional tratava-se do processo de expedição. Até finais do ano de 2023 grande parte da produção destinava-se aos Estados Unidos da América, e por isso, as cargas saíam em contentores que eram carregados em cerca de 20 minutos. Ao longo de um dia era perfeitamente normal eram carregados cerca de 20 a 30 contentores. No entanto, eram carregados também camiões convencionais que tinham como destino países Europeus. Fazendo uma análise dos tempos desde que os camiões chegavam às instalações até partirem com a carga, verificou-se que os tempos de carregamento eram muito elevados (em média superiores a duas horas).

Um dos problemas mais evidentes que levavam a estes atrasos prolongados prendia-se com o facto de não existir um planeamento da localização dos produtos quando saíam da produção. Na maioria das vezes, eram produzidos e eram colocados todos os *packs* de tubo numa única pilha no pavilhão de expedição. Apesar de existirem 4 possíveis pontos de carga, só 1 ou 2 é que estariam a ser utilizados. Outra razão prende-se com a mistura de material nas pilhas de tubos das encomendas que deveriam ser carregadas com os tubos de outras encomendas com uma data de expedição posterior. Este era um grave problema que fazia com fosse necessário remover *packs* que estariam no topo da pilha para conseguir movimentar os *packs* que eram efetivamente necessários proceder com o carregamento.

É possível verificar pela Figura 29 os dados históricos correspondentes à diferença entre a hora de saída e de entrada de cada camião (tempo de permanência) com destino clientes Europeus na MTG6, entre setembro e dezembro de 2023. O tempo de permanência dos camiões é muito variável, calculando-se um tempo médio de permanência de cerca de 3 horas, um valor muito elevado e que frequentemente resultava em penalizações de atraso de carga. Estes valores podem ser parcialmente explicados com a existência de outras tipologias de cargas nos mesmo dias, no caso contentores. No entanto, de uma forma geral as cargas para a Europa representavam longos períodos de carregamento e congestionamento do cais de carga, o que era revelador de um problema de organização e planeamento de cargas.



**Figura 29** - Tempo de permanência dos caminhões no cais de carga.

A necessidade de apostar no mercado Europeu a partir do ano 2024 tornou-se uma preocupação constante. Assim sendo, o processo de expedição para caminhões convencionais tinha de ser melhorado, tornando-o mais eficiente, e gerindo melhor os recursos existentes, nomeadamente os cais de carga de modo a diminuir os tempos de carregamento.

#### 4.2.9. Ineficiências de organização dos *layouts* dos pavilhões produtivos

Atualmente, o pavilhão 3 é basicamente usado para a alocação de um posto de trabalho relativo ao CQ, colocação de duas pilhas de MP, colocação de duas pilhas de PA, uma linha de produção de tubo TB D127 e uma célula de produção de tubo TB SQ120. A localização relativa destas zonas produtivas pode ser consultada na Figura 30.

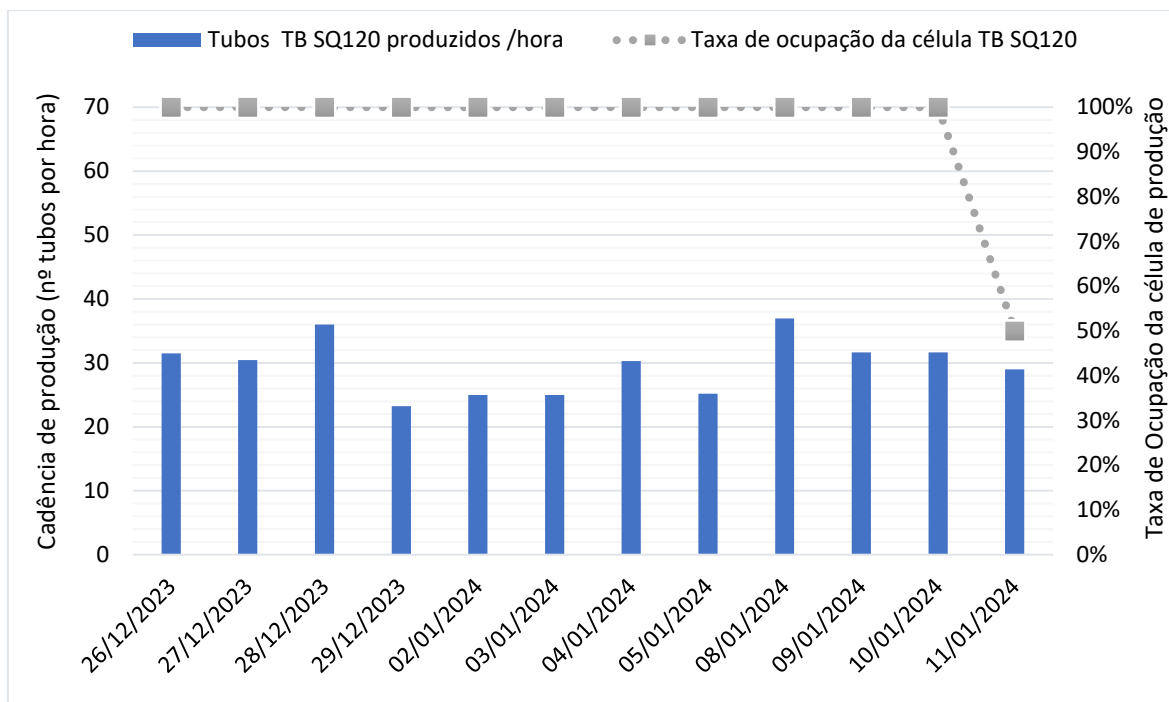
As quebras de performance produtiva na célula de produção de tubo quadrado TB SQ120 verificavam-se quando a linha de produção TTV9 de tubo TB D127 estava a trabalhar em simultâneo. No pavilhão 3 só existem duas pontes rolantes, e quando a linha de produção TTV9 está a trabalhar uma ponte é usada para colocar os *packs* de tubo de MP no início da linha de produção e a outra ponte rolante é necessária para movimentar os *packs* dos tubos desde a saída da máquina até à pilha de armazenamento. Esta situação resultava em tempos de inatividade na célula de produção de tubo quadrado TB SQ120, uma vez que os colaboradores tinham de esperar que uma das pontes rolantes ficasse disponível para poderem movimentar os *packs* de tubo TB SQ120.



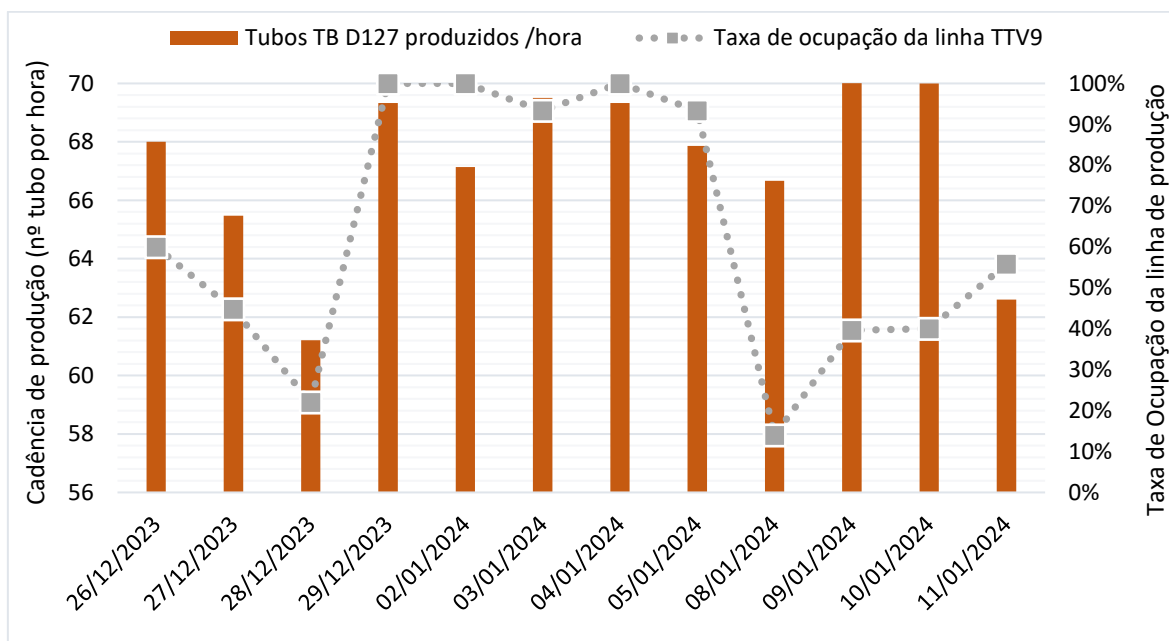
**Figura 30** - Visualização da localização relativa da linha de produção de tubo TB D127 e da célula de produção TB SQ120.

No sentido de analisar estas perdas produtivas na célula de produção de tubo TB SQ120 e na linha de produção TTV9 onde é produzido o tubo TB D127, foram analisados entre o dia 26 de dezembro de 2023 e 11 de janeiro de 2024, as quantidades de tubo produzido e as horas de disponibilidade para a produção. Importa salientar que a célula de produção do tubo TB SQ120, labora dois turnos de 8 horas de tempo útil, enquanto a linha de produção TTV9 labora dois turnos de 7,5 horas úteis. Com estes dados, foram calculadas as respectivas cadências produtivas e as taxas de ocupação da célula e da linha de produção respectivas (divisão do tempo de permanência da equipa na máquina pelo tempo total de laboração de um turno), conforme apresentado no Apêndice 1.

Na Figura 31 apresenta-se, para cada dia de registo, a produção de tubos quadrados por hora varia entre a produção de 23 e 37 tubos, o que nos 12 dias observados corresponde a uma média de 30 tubos TB SQ120 produzidos por hora. Por sua vez, na Figura 32 apresenta-se, para cada dia de registo, a produção de tubos TB D127 por hora que varia entre a produção de 61 e 70 tubos. Nos 12 dias observados, a produção corresponde a uma média de 67 tubos TB D127 produzidos por hora. Por exemplo, no dia 29/12/2023, a taxa de ocupação da linha TTV9 atingiu 100%, mas a célula de produção de TB SQ120 apenas produziu 23 tubos por hora, a menor produtividade registada. Em contrapartida, nos dias 28/12/2023 e 08/01/2024, onde a taxa de ocupação da linha TTV9 foi de 22% e 14%, respetivamente, a produção de tubos TB SQ120 por hora foi expressivamente maior, com 36 e 37 tubos por hora. Estes dados evidenciam a influência na produção da laboração simultânea da linha de fabrico de TB D127 e da célula de fabrico de TB SQ120.



**Figura 31** - Cadência de produção e taxa de ocupação da célula de produção de tubo TB SQ120.

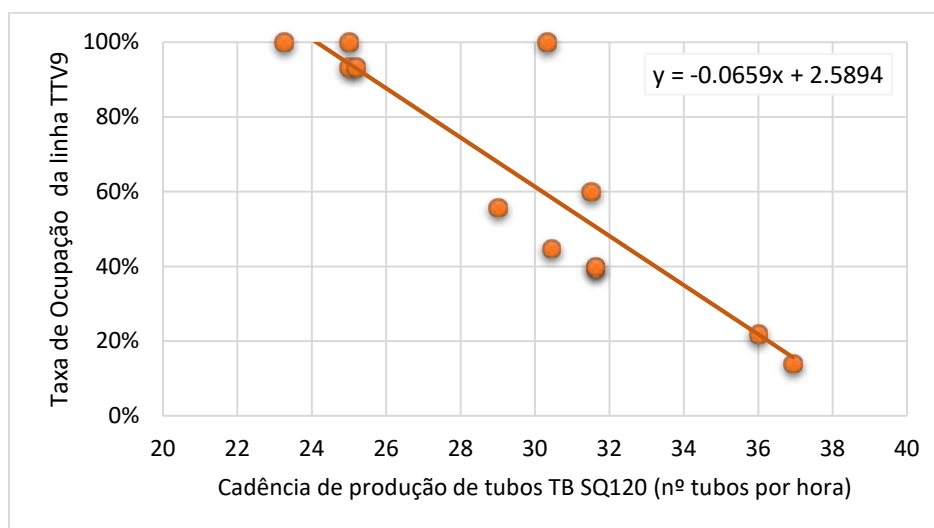


**Figura 32** - Cadência de produção e taxa de ocupação da linha de produção de tubo TB D127.

Ou seja, nos dias em que a taxa de ocupação da linha TTV9 dos tubos TB D127 atinge valores próximos de 100%, a produção de tubos TB SQ120 por hora é menor, situando-se entre 23 e 25 tubos por hora. Por outro lado, quando a taxa de ocupação da linha TTV9 é reduzida, por exemplo, para valores inferiores a 40%, a produtividade da célula de tubos TB SQ120 aumenta substancialmente, alcançando valores entre 32 e 37 tubos por hora.

Esta análise comprova a hipótese de que a disponibilidade limitada das pontes rolantes no pavilhão 3, devido à utilização simultânea pela linha de produção de tubos TB D127, impacta negativamente a eficiência da célula de produção de tubos TB SQ120. A necessidade de compartilhar as pontes rolantes causa tempos de inatividade na célula de tubos TB SQ120, resultando numa menor produção horária.

Esta correlação negativa (Figura 33) indica que, à medida que a taxa de ocupação da linha TTV9 aumenta, a produtividade da célula de produção de tubos TB SQ120 diminui (coeficiente de *Pearson* é igual a -0,89).



**Figura 33** - Análise da relação entre a taxa de ocupação da linha TTV9 e a cadência de produção do tubo TB SQ120.

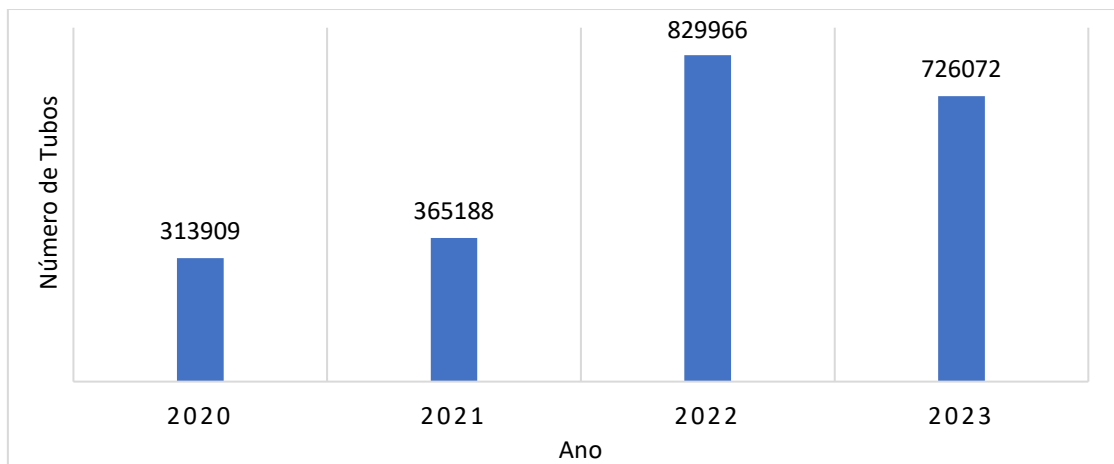
#### 4.2.10. Dificuldades do PCP operacional da empresa

Desde a construção e entrada em operação da MTG6 que a sua produção é centrada na furação de tubo TB D127. A atenção crescente para o grave problema das alterações climáticas proporcionou uma oportunidade para a Metalgalva apostar na produção de estruturas fotovoltaicas e se estabelecer como um grande *player* mundial no fabrico destas estruturas.

A produção na MTG6 sofreu um crescimento ao longo dos anos. Entre 2020 e 2021 registou-se um aumento de produção de tubos TB D127 de 16,3%. Esse crescimento foi ainda mais evidente em 2022 depois da aquisição de mais duas linhas de produção, atingindo um valor de produção *record* de, aproximadamente, 830 000 unidades. Ou seja, a produção mais do que duplicou, representando um aumento produtivo de 2,27 vezes relativamente à produção de 2021.



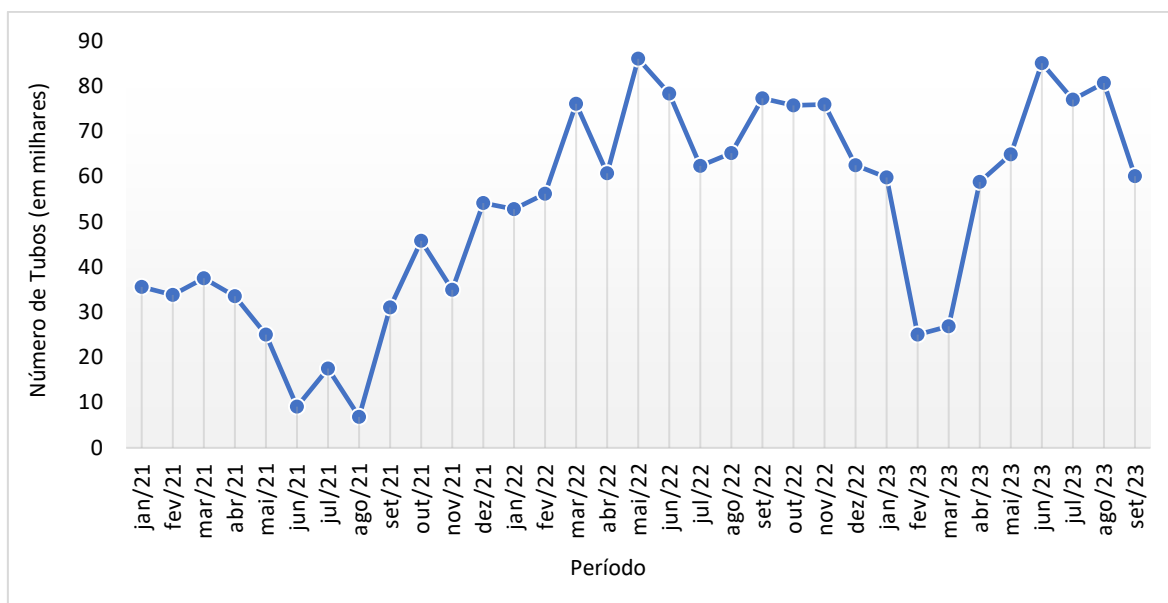
Em 2023 essa produção não foi tão elevada e este acontecimento prende-se com a diminuição da procura no último trimestre de 2023, conforme apresentado na Figura 34. Esta variação condiciona e dificulta o PCP da empresa, exigindo um esforço elevado na determinação e alocação de recursos produtivos.



**Figura 34** - Análise da quantidade de tubos produzidas por ano entre 2020 e 2023.

Um dos grandes problemas da produção em massa passa pela variabilidade da sua produção. Com variabilidade na produção decisões têm de ser tomadas de forma a diluir os efeitos das reduções e aumentos repentinos das necessidades do cliente.

Consultando o histórico da produção até ao início de setembro de 2023, momento em que se iniciou a análise nesta unidade industrial, é perceptível uma grande variabilidade de pedidos por parte do cliente e consequente variabilidade na produção (Figura 35).



**Figura 35** - Variação mensal das quantidades de tubo produzido (em milhares de tubos).

Em fevereiro de 2023 o Grupo Vigent adquiriu uma unidade industrial nos Estados Unidos da América com o intuito de transferir progressivamente até ao final desse ano toda a produção de tubo TB D127 que era produzida na MTG6 para essa nova unidade industrial, de modo a reduzir os custos logísticos associados ao transporte marítimo.

Assim sendo, a partir de 2024 a estratégia de produção da MTG6 passou a ser direcionada para produzir quase exclusivamente para o mercado Europeu. De forma a ocupar alguma da capacidade instalada da MTG6, apostou-se na produção de outros tipos de tubos, nomeadamente na furação de tubo TB D60, tubo TB SQ120 e mais recentemente na furação de tubo octogonal (TB OCTO140).

Mais recentemente, em fevereiro de 2024, a triagem, separação e embalamento de postes treliçados de alta-tensão passou a ser realizada na MTG6. O processo de fabrico das cantoneiras, montantes e chapas (componentes dos postes) é realizada na unidade 3 da Metalogalva (MTG3), sendo posteriormente enviados para a galvanização até que chegam à MTG6 para embalamento e expedição.

## 5. Propostas de melhoria e análise de resultados

Neste capítulo apresentam-se as propostas e os principais resultados do plano de melhoria contínua e de criação de ferramentas de apoio ao PCP da empresa MTG6.

### 5.1. Definição do plano de melhorias com a matriz 5W2H

No capítulo 4 deste relatório, foi realizada uma análise detalhada dos principais problemas enfrentados pela empresa, os quais impactavam negativamente na eficiência operacional e na satisfação das necessidades dos clientes.

Para responder a esses desafios, neste capítulo são propostas diversas ações estratégicas voltadas para a correção dos problemas e a melhoria dos processos da empresa. Essas soluções incluem a aplicação de ferramentas *Lean Manufacturing* como a normalização de procedimentos, a implementação da metodologia 5S, gestão visual e sistemas *kanban*.

As duas primeiras propostas baseiam-se na criação de ferramentas de gestão visual, ou seja, na aplicação de cartazes identificativos, na requalificação do parque de resíduos e na aplicação de linhas de marcação no pavimento para diferenciação das tipologias de resíduos. A terceira proposta corresponde à criação de três novas bancadas de apoio ao embalamento de tubos aplicando tanto os princípios de gestão visual como de organização da metodologia 5S. Na produção, mediante a verificação de paragens produtivas ou elevados tempos de procura dos consumíveis foram revistos os *kanban* de produção já existentes e foram criados *kanbans* e sistema de registo e controlo de peças para as estruturas metálicas de embalamento dos tubos. Ainda na ótica de organização, propõe-se a organização dos consumíveis do armazém. Ainda a nível organizacional, é proposta a reformulação de *layouts* produtivos, com especial foco para a criação de um *layout* para separação, embalamento e expedição de postes treliçados. A nível estratégico, propõe-se a criação de ferramentas de apoio à produção e a análise de diferentes estratégias de planeamento agregado para facilitar o PCP da MTG6.

A Tabela 10 apresenta a matriz 5W2H que sintetiza as propostas de melhoria descritas neste capítulo, detalhando a sua implementação, a justificação para as diferentes implementações, a responsabilidade da sua implementação e o local da empresa em que estas são implementadas.

**Tabela 10** - Plano de ações de melhoria segundo a técnica 5W2H.

| <i>What</i>                                                                 | <i>Why</i>                                                                                                                              | <i>Where</i>                          | <i>When</i>                  | <i>Who</i>                                                          | <i>How</i>                                                                                                                                                                                                             | <i>How much</i> |
|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Aplicação de gestão visual e requalificação do parque de resíduos.</b>   | Separação incorreta dos resíduos.                                                                                                       | Parque de resíduos                    | Outubro de 2023              | Departamento melhoria contínua, manutenção e engenheiro de produção | Criação de painéis visuais com códigos de cores e instruções de utilização. Marcação visual no pavimento.                                                                                                              | N.d.            |
| <b>Marcação das linhas de delimitação de zonas no pavimento.</b>            | Criar mais elementos de gestão visual. Atualizar marcação das linhas de delimitação de áreas, reduzir o risco de acidentes de trabalho. | Pavilhão 1, 2 e 3                     | A partir de novembro de 2023 | Departamento de manutenção e engenheiro de produção                 | Realizar uma análise das áreas necessárias à produção e às zonas de colocação de recipientes de resíduos. Os corredores de movimentação também devem ser marcados.                                                     | N.d.            |
| <b>Criação de três novas bancadas de apoio à produção e ao embalamento.</b> | Necessidade de maior organização nas bancadas, com locais próprios para as latas de <i>sprays</i> de tinta.                             | Zona de embalamento dos tubos         | A partir de novembro de 2023 | Departamento de produção e de manutenção e engenheiro de produção   | Projetar as bancadas em Solidworks®, cortar das chapas e tubos de suporte e soldadura de todas as peças.                                                                                                               | N.d.            |
| <b>Organização e posicionamento dos consumíveis no armazém.</b>             | Os consumíveis não tinham identificação e os materiais não estavam identificados nem tinha uma localização própria                      | Armazém de materiais e de consumíveis | Janeiro de 2024              | Engenheiro de produção                                              | Implementação dos princípios de organização da metodologia 5S, efetuando a seleção, ordenação limpeza e padronização de localização dos componentes nas prateleiras do armazém. Criação de etiquetas de identificação. | N.d.            |
| <b>Reformulação do sistema de <i>kanban</i> de produção.</b>                | Campos de preenchimento desatualizados, suscetível a erros de preenchimento.                                                            | Produção nas máquinas de furação      | A partir de janeiro de 2024  | Engenheiro de produção                                              | Analisar campos necessários para preenchimento da produção diária, eliminando os desnecessários e criando novos campos de registo. Formação dos chefes de equipa para o preenchimento adequado do <i>kanban</i> .      | N.d.            |

| <i>What</i>                                                                                                                                    | <i>Why</i>                                                                                                                                                                                                                        | <i>Where</i>                                                       | <i>When</i>                       | <i>Who</i>                                                                                                        | <i>How</i>                                                                                                                                                                                                                          | <i>How much</i> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Criação de <i>kanban</i> e de sistema de registo e controlo de peças para montagem de estruturas.</b>                                       | Necessidade de gestão eficaz do controlo de <i>stocks</i> de peças para estruturas.                                                                                                                                               | Zona de montagem de estruturas de expedição                        | A partir de 10 de janeiro de 2024 | <i>Kanban</i> preenchidos pelos colaboradores e registos em sistema da responsabilidade do engenheiro de produção | Preenchimento diário do número de estruturas montadas e registo no sistema informático do PCP da empresa (digitalização da informação).                                                                                             | N.d.            |
| <b>Reformulação de <i>layouts</i> nos pavilhões produtivos</b>                                                                                 | Necessidade de melhorar a identificação das zonas de produção e de melhorar a gestão dos recursos produtivos partilhados                                                                                                          | Pavilhão 1, 2 e 3                                                  | A partir de fevereiro de 2024     | Engenheiro de produção                                                                                            | Reorganizar as diferentes zonas produtivas, assegurando a existência de corredores de passagem e a partilha das pontes rolantes entre a células de produção de tubo quadrado e a linha de produção TTV9.                            | N.d.            |
| <b>Criação de <i>layout</i> para separação, embalagem e expedição de postes</b>                                                                | Evitar espaços desaproveitados, reduzir erros de separação de peças, reduzir deslocações desnecessárias de mercadoria e das pessoas.                                                                                              | Parte Sul Pavilhão Logístico                                       | A partir de fevereiro de 2024     | Engenheiro de produção e chefe de Equipa                                                                          | Definir e identificar todas as atividades de modo a otimizar o espaço por zona de atividade, e criar fluxo eficiente desde a receção de material até à expedição                                                                    | N.d.            |
| <b>Registo diário de consumo de produtos do armazém.</b>                                                                                       | Evitar roturas de <i>stock</i> de consumíveis. Manter <i>stock</i> controlado.                                                                                                                                                    | Armazém                                                            | A partir de janeiro de 2024       | Engenheiro de produção e chefes de equipa                                                                         | Registar diariamente num ficheiro de controlo as entradas e saídas de consumíveis do armazém, e definir <i>stock</i> mínimo de segurança para evitar roturas.                                                                       | N.d.            |
| <b>Criação de uma estratégia adaptativa de contratação e dispensa de colaboradores, tendo por base o estudo de diversas abordagens do PCP.</b> | Para evitar custos associados à sobreprodução, <i>stocks</i> elevados e mão de obra excessiva durante épocas de baixa procura e evitar o não cumprimento de prazos de entrega e falta de mão de obra em épocas de elevada procura | Sistema informático utilizando folha de cálculo em Microsoft Excel | A partir de fevereiro de 2024     | Engenheiro de produção                                                                                            | Criar um ficheiro em Microsoft Excel que, mediante a procura num período futuro, consiga prever cenários do ponto de vista do impacto económico, e que forneça uma planificação relativa à contratação e dispensa de colaboradores. | N.d.            |

“n.d. – não disponível”

## 5.2. Aplicação de gestão visual na separação dos resíduos

A gestão de resíduos era um grave problema que tinha de ser solucionado na MTG6. Para a resolução do problema foram idealizados, numa primeira fase, uns cartazes que eram fixados a cada um dos recipientes e que continham as informações úteis, tais como, o tipo de resíduo a colocar em cada recipiente, acompanhado com imagens ilustrativas dos resíduos a colocar Figura 36.



**Figura 36** - Registos fotográficos da implementação dos cartazes informativos.

Um dos problemas que se levantou com esta solução foi a evidente perceção de que os cartazes eram pequenos e a informação era claramente difícil de visualizar. Outro fator que contribuía para classificar esta como uma solução não definitiva prendia-se com o facto de estes cartazes estarem presos aos recipientes com um suporte que era preso com uma cavilha. Todas as semanas, quando havia recolha dos resíduos, era suposto a empresa de recolha externa retirar os cartazes que estavam colocados nos recipientes, substituir os recipientes e, por fim, colocar novamente os cartazes nos recipientes corretos.

O que se veio a verificar é que esses cartazes eram danificados ou perdidos constantemente. Outro problema era que os elementos dessa empresa externa nem sempre colocavam os recipientes nos locais corretos.

Tendo em consideração os problemas encontrados após a primeira solução, foi repensada uma segunda solução que tinha como principal diferença a aplicação de uns postes fixos onde seriam colocados uns cartazes de maior dimensão. Estes cartazes de maior dimensão são de fácil leitura por todos os colaboradores. Todos os cartazes têm um código de cor que define o tipo de resíduo que cada recipiente contém:

Papel e cartão – Cor azul;

Absorventes contaminados – Cor verde;

Plásticos – Cor laranja;

Latas de *spray* – Cor cinzenta;

Além disso, os novos cartazes indicavam em 3 línguas diferentes o tipo de resíduo a colocar no respetivo recipiente. A título exemplificativo, a Figura 37 mostra o cartaz final identificativo das latas de *spray* para colocação nos recipientes de resíduos. Os restantes cartazes são apresentados no Apêndice 2.


**Metalogalva**

Ficha de Resíduo

IS FR 20

☒ **IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO:**

LATAS SPRAYS

☒ **INFORMAÇÃO AMBIENTAL:**

DESIGNAÇÃO: EMBALAGENS SOB PRESSÃO (DE AEROSSÓIS)

CÓDIGO LER: 15 01 11 (\*)      OPERAÇÃO DE RECICLAGEM / ELIMINAÇÃO: D15

GESTOR DO RESÍDUO: RDUZ, LDA

INFORMAÇÕES PARA O TRANSPORTE RODOVIÁRIO:

UN 3077, RESÍDUO, MATÉRIA PERIGOSA DO PUNTO DE VISTA DO AMBIENTE, SÓLIDA, NSA, 9, III (E)




☒ **INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA:**

IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS:

PERIGOSO PARA O AMBIENTE

NOCIVO

PRECAUÇÕES:

COLOQUE APENAS O RESÍDUO EM QUESTÃO (LATAS DE SPRAY)

AS EMBALAGENS TÊM QUE ESTAR COMPLETAMENTE VAZIAS.

NÃO PODE EXCEDER O REBORDO DO EQUIPAMENTO

EM CASO DE DÚVIDA CONTACTAR O DEPARTAMENTO DE AMBIENTE E SEGURANÇA

MEDIDAS DE PROTEÇÃO:






SPRAY CANS

ਸਪਰੇਅ ਕੈਨ

**Figura 37** - Cartaz final identificativo de latas de *spray* para colocação nos recipientes.



Esse código de cor estende-se à marcação que foi feita no pavimento, de modo que a empresa subcontratada realize a troca dos recipientes e os coloque nos locais corretos. A Figura 38 mostra as novas marcações no pavimento a delinear as zonas de colocação dos recipientes de resíduos. Como se pode constatar, estas marcações seguem o código de cores dos tipos de resíduos previamente descrito.



**Figura 38** - Novas marcações no pavimento a delinear as zonas de colocação dos recipientes de resíduos.

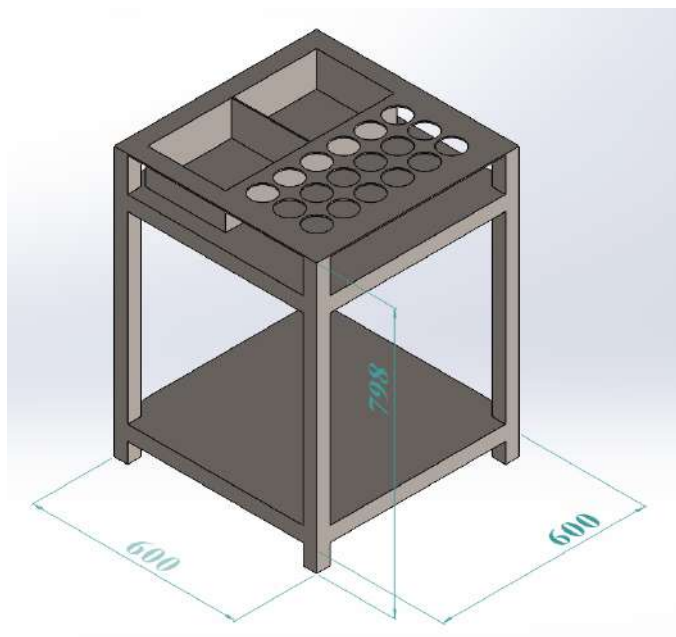
### **5.3. Criação de bancadas de apoio ao processo de embalamento de tubos**

Um dos problemas destacados na secção 4.2.3 estava relacionado com a inexistência de bancadas de apoio organizadas, que servissem de suporte à produção e ao processo de embalamento do tubo. Para solucionar este problema, foram projetadas três novas bancadas para cada uma das linhas de produção de tubos TB D127 presentes na MTG6. A projeção destas bancadas foi realizada no *software* SolidWorks®.

As bancadas são constituídas por dois tipos de materiais: tubos metálicos, utilizados para as pernas e suportes das chapas, e chapas utilizadas para os tampos. A Figura 39 apresenta a proposta de bancada de apoio ao processo de embalamento dos tubos desenvolvida em SolidWorks®. Os desenhos técnicos são apresentados no Apêndice 3. As dimensões das bancadas foram definidas tendo em conta aspetos ergonómicos. De acordo com Pinto (2019), para o trabalho em pé, a altura da bancada não devem exceder os 100 cm, altura ideal de trabalho com as mãos no caso de indivíduos do sexo masculino.



A introdução destas bancadas visa, entre outros benefícios, uma melhor organização das latas de *spray*, que são consumíveis essenciais no cotidiano da unidade industrial. Assim, a disposição das latas na bancada foi cuidadosamente planejada para estabelecer um padrão, onde cada orifício da chapa superior acolheria uma cor específica de *spray*. A prateleira inferior foi designada para armazenar caixas vazias que posteriormente seriam colocadas nos recipientes de separação de resíduos.



**Figura 39** - Proposta de bancada de apoio ao processo de embalagem dos tubos (dimensões em milímetros).

Foi necessário definir o posicionamento das latas segundo as cores, sendo que as cores utilizadas com maior frequência possuem mais locais de armazenamento na bancada.

A bancada tem capacidade para 18 latas e existem 9 cores disponíveis. Para determinar as cores de maior necessidade, foi analisado o histórico de produção, especificamente do ano de 2023, o que permitiu compreender o consumo de cada cor de *spray* com base na sua durabilidade. Uma lata de *spray* azul, amarelo ou vermelho é responsável pela marcação de 500 tubos, uma vez que apenas é necessária uma pequena marcação que corresponde à qualidade da chapa. O zinco, por necessitar de ser aplicado em ambas as extremidades do tubo no diâmetro total do mesmo, tem uma durabilidade de 110 tubos por lata de *spray*. As restantes cores apresentam uma durabilidade de 250 tubos por lata de *spray*.

Esta análise é apresentada na Tabela 11, onde se mostra a aplicação da análise ABC das diferentes cores de *spray* para organização da bancada de apoio. Foi considerada a durabilidade das latas de *spray* de cada cor e assim classificar cada cor de acordo com o seu grau de importância, baseado na classificação ABC. A cor utilizada com maior frequência é o *spray* cinza, que corresponde à aplicação de zinco a frio e deve ser aplicado nas duas extremidades de todos os tubos produzidos, sendo reservados para esta cor 5 dos 18 espaços disponíveis.

**Tabela 11** - Análise dos consumos e aplicação da análise ABC das diferentes cores de *spray* para organização da bancada de apoio.

| Cor             | Produção 2023<br>(nº de tubos) | Durabilidade<br>do <i>spray</i><br>(nº de tubos) | Consumo 2023<br>(nº latas) | %<br>Acumulada | Classificação |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|----------------|---------------|
| <b>Zinco</b>    | 726 074                        | 110                                              | 6 601                      | 66%            | A             |
| <b>Preto</b>    | 252 858                        | 250                                              | 1 011                      | 76%            | A             |
| <b>Azul</b>     | 476 163                        | 550                                              | 866                        | 84%            | B             |
| <b>Laranja</b>  | 143 204                        | 250                                              | 573                        | 90%            | B             |
| <b>Vermelho</b> | 186 355                        | 550                                              | 339                        | 93%            | B             |
| <b>Lilás</b>    | 71 602                         | 250                                              | 286                        | 96%            | C             |
| <b>Rosa</b>     | 38 530                         | 250                                              | 154                        | 98%            | C             |
| <b>Amarelo</b>  | 63 556                         | 550                                              | 116                        | 99%            | C             |
| <b>Verde</b>    | 25 024                         | 250                                              | 100                        | 100%           | C             |

Do lado direito da Figura 40 encontram-se três cores distintas: amarelo, azul e vermelho, que representam a qualidade do material. Como a durabilidade das latas destas cores é de 550 tubos por lata e a produção média é de 530 tubos por turno, isso representa um reabastecimento de uma lata por turno, caso sejam produzidas várias ordens de fabrico com a mesma cor representativa da qualidade do material.

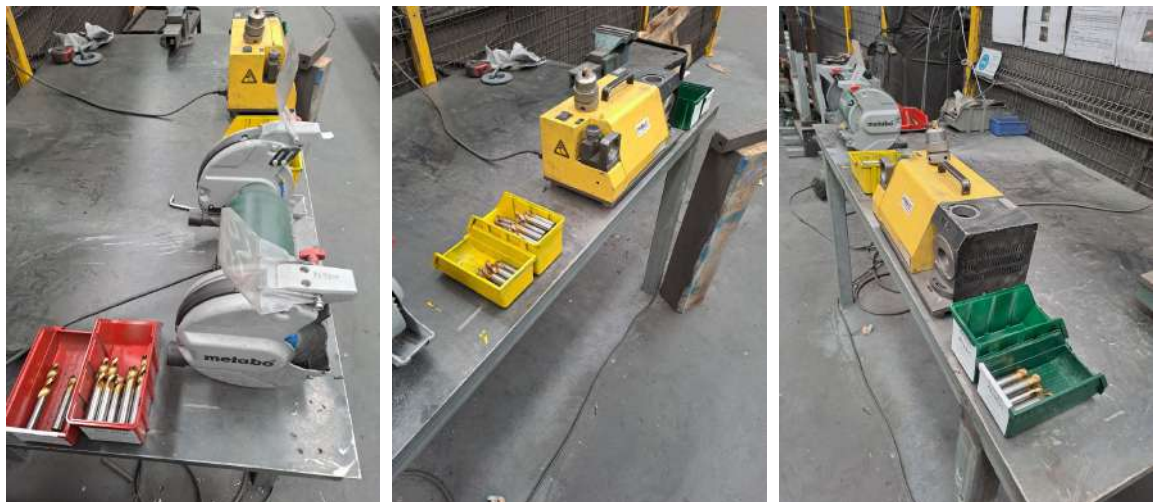
Por sua vez, as restantes cores, que indicam a espessura e o abocardamento do material, são distribuídas ao longo da bancada com capacidade para duas latas de *spray*. Esta configuração baseia-se na durabilidade média de cada uma das cores que representam a espessura do material, que é de 250 tubos por lata. Como cada equipa produz cerca de 530 tubos por turno, uma revisão nos primeiros 10 minutos das latas de *spray* no início do turno é suficiente para garantir a produção sem paragens ao longo do turno.



**Figura 40** - Configuração da colocação das latas de *spray* em cada uma das bancadas projetadas.

#### 5.4. Criação de métodos de identificação visual do estado das brocas

A desorganização da área de afiamento das brocas foi identificada como um dos principais problemas a resolver para a implementação de ferramentas de melhoria contínua. Uma gestão visual eficaz do estado das brocas permite reduzir os tempos de análise e melhorar a organização dos espaços produtivos. Quando desgastadas, as brocas devem ser cortadas na ponta e, posteriormente, afiadas. A Figura 41 apresenta a implementação da organização da bancada de afiamento de brocas.



**Figura 41** - Implementação da organização da bancada de afiamento de brocas.

Assim, como hipótese de resolução deste problema, foram idealizadas pequenas caixas que identificam os tipos de brocas e a fase em que se encontram no processo de afiamento através de um código de cores.

As caixas vermelhas são destinadas às brocas retiradas das máquinas por estarem desgastadas e necessitarem de afiamento. As caixas amarelas servem para as brocas que já passaram pelo primeiro processo de corte da ponta. Por fim, as caixas verdes são para as brocas totalmente afiadas.

Essas caixas foram colocadas junto das máquinas para que, sempre que uma broca fosse trocada, uma caixa verde fosse retirada e a broca desgastada colocada numa caixa vermelha. Periodicamente, o líder de equipa passou a ser responsável pela recolha das caixas com brocas danificadas e pela reposição com caixas de brocas afiadas. Além disso, foram colocadas etiquetas identificativas como mostra a Figura 42.



**Figura 42** - Caixas de colocação de brocas aplicando a gestão visual: caixa verde para brocas afiadas e caixa vermelha para colocação de brocas por afiar.

## 5.5. Organização e posicionamento dos consumíveis no armazém

Um dos problemas levantados correspondia à organização dos diversos consumíveis no armazém. Para a implementação desta proposta foram considerados os princípios da metodologia 5S. Nesse sentido foi efetuada a identificação dos materiais a serem armazenados, descartando os resíduos e lixo, foram ordenados limpos e depois definidas as localizações mais apropriadas para os diferentes itens.

Assim, foram colocados nas prateleiras mais acessíveis dos armazéns todos os consumíveis com maior uso. Este é o caso dos *sprays*, que são utilizados diariamente, estes foram posicionados e organizados nas prateleiras de mais fácil acesso (prateleiras do meio) e a disponibilização das diferentes cores foi efetuada segundo a análise dos consumos de latas apresentada na análise ABC da secção 5.3. Este critério permite o reabastecimento das latas de forma mais rápida e eficiente.

Para facilitar ainda mais a gestão e utilização dos consumíveis, todas as prateleiras foram identificadas com etiquetas contendo informações detalhadas sobre os materiais que nelas devem constar. Estas etiquetas foram redigidas em três idiomas: Inglês, Português e Punjabi. Tal medida foi implementada para garantir que a barreira linguística não fosse um entrave na realização do *picking* de consumíveis por parte de qualquer colaborador, independentemente da língua. A organização dos consumíveis nas prateleiras do armazém é apresentada na Figura 43. Além da reorganização do armazém, foi criado um ficheiro de controlo diário das entradas e saídas de consumíveis do armazém para evitar roturas.



**Figura 43** - Organização dos consumíveis nas prateleiras do armazém.

Esta reorganização no armazém proporcionou benefícios. Em primeiro lugar, o acesso facilitado aos consumíveis mais utilizados reduziu o tempo gasto pelos colaboradores na procura e reabastecimento dos materiais necessários, aumentando assim a eficiência operacional. Em segundo lugar, a identificação trilingue das prateleiras assegurou uma comunicação clara e precisa, diminuindo a ocorrência de erros na seleção dos consumíveis.

## **5.6. Implementação de sistemas *kanban***

A existência de sistemas *kanban* é fundamental para a eficiência operacional e controlo de inventário na empresa. Este sistema visual de sinalização permite a reposição precisa de materiais e produtos, evitando excessos ou faltas de *stock*. Com os *kanban*, é possível garantir um fluxo contínuo de produção e minimizar desperdícios, melhorando a resposta às variações na procura e aumentando a eficiência global dos processos. Além disso, facilita a comunicação, promovendo um ambiente de trabalho mais organizado e ágil.

### 5.6.1. Reformulação do sistema *kanban* de produção

Assim sendo, foram idealizados novos sistemas *kanban* de produção (Figura 44) contendo todas as informações redigidas em língua inglesa para melhor o entendimento de todos os colaboradores no preenchimento dos cartões. Estes novos cartões *kanban* continham as informações gerais de registo como número da equipa, data, número de funcionários e o horário e novas informações para análise da produção tais como o PN, modelo, quantidade de tubos, número de tubos para a sucata, a máquina em que trabalhou, a descrição das paragens e o respetivo tempo de paragens.

**NEXTRACKER PRODUCTION**  
Produção Nextracker

**NO. OF EMPLOYEES**  
Nº de Funcionários

**DATE:**  
Data:

**TEAM NO:**  
Equipa Nº:

**SCHEDULE:**  
Horário:

| PN<br>Part Number | Model<br>Modelo | Qty Tubes<br>Qty Tubos | Waste<br>Sucata | Machine<br>Máquina | Stop Description<br>Descrição das Paragens | Duration<br>Duração |
|-------------------|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------|--------------------------------------------|---------------------|
|                   |                 |                        |                 |                    |                                            |                     |
|                   |                 |                        |                 |                    |                                            |                     |
|                   |                 |                        |                 |                    |                                            |                     |
|                   |                 |                        |                 |                    |                                            |                     |
|                   |                 |                        |                 |                    |                                            |                     |

**Employees Numbers:**  
Número dos funcionários

**PRODUCED TUBES**  
Tubos Produzidos

**WORKED HOURS**  
Horas Trabalhadas

TPL 122 DATA REV: 23-10-2023

**Figura 44** - *Kanban* de produção reformulado e com a informação em inglês.

### 5.6.2. Novo sistema *kanban* de peças de montagem de estruturas

Para a montagem de estruturas de expedição foram elaborados novos sistemas *kanban* (Figura 45), visto que não existia qualquer controlo da quantidade e do tipo de estruturas que eram montadas por dia. Na zona de montagem de estruturas eram montados dois tipos de estruturas. As estruturas com rodas e estruturas sem rodas. Este *kanban* continha informações como o horário de execução, número de colaboradores afetos à montagem das estruturas, quantidade de estruturas com rodas e sem rodas montadas.



Este *kanban* permitia realizar um controlo da cadência de montagem de cada estrutura, perceber as necessidades de peças de montagem e evitar roturas de *stock* de estruturas necessárias à expedição.



**KANBAN**

**STRUCTURES ASSEMBLY**  
Montagem de Estruturas

**DATE:** - -  
Data:

**NO. OF EMPLOYEES**   
Nº de Funcionários

|                                                         | Schedule:<br><small>Horário:</small> | No. of Structure With Wheels<br><small>Estruturas com Rodas</small> | No. Structure Without Wheels<br><small>Estruturas sem Rodas</small> |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Morning Shift</b><br><small>Turno da Manhã</small>   | -                                    |                                                                     |                                                                     |
| <b>Afternoon Shift</b><br><small>Turno da Tarde</small> | -                                    |                                                                     |                                                                     |
| <b>Night Shift</b><br><small>Turno da Noite</small>     | -                                    |                                                                     |                                                                     |
| <b>Total</b>                                            |                                      |                                                                     |                                                                     |

**Employees Numbers:**  
Número dos funcionários

TPL 198 DATA REV: 23-10-2023

**Figura 45 - Kanban de montagem de estruturas com a informação em inglês.**

## 5.7. Organização e melhoria da gestão operacional das infraestruturas

### 5.7.1. Reformulação de *layouts* nos pavilhões produtivos

Os pavilhões produtivos, nomeadamente, o pavilhão 1 e o pavilhão 2 são aqueles que merecem uma especial atenção para melhorar a identificação das zonas de produção, corredores de passagem e de armazenamento.

Com a reformulação do *layout* é possível introduzir novos corredores de circulação, eliminar os corredores atrás das pilhas de MP que nunca eram utilizados pois continham as pilhas de tubo a gerar obstrução. A Tabela 12 lista as principais alterações propostas para os *layouts* produtivos e as respetivas justificações.

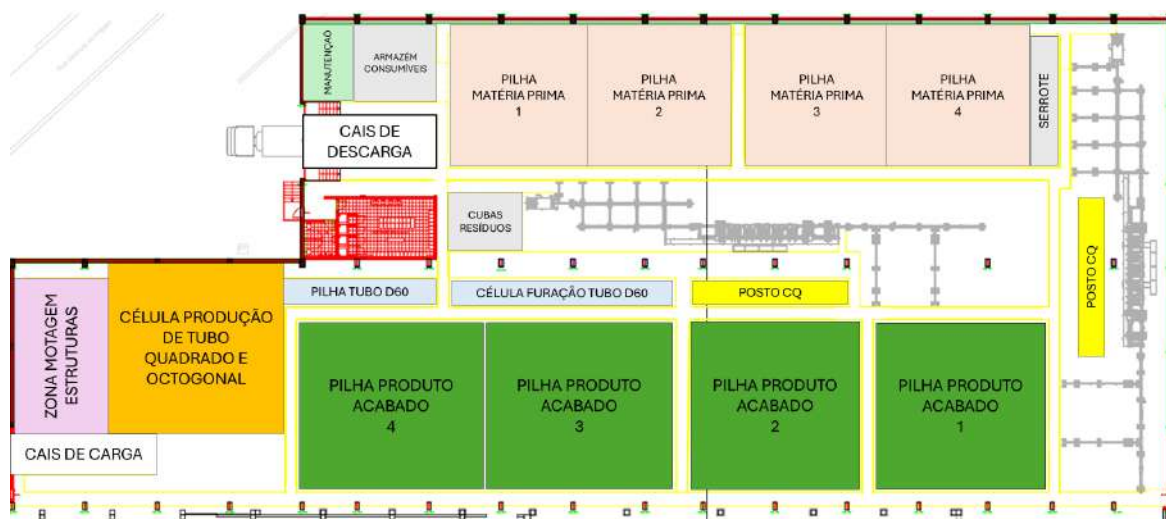
**Tabela 12** - Listagem das alterações aos *layouts* dos pavilhões produtivos.

| Localização              | Alteração                                                        | Justificação                                                                     |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Pavilhão 1</b>        | Remoção de corredores de passagem                                | São corredores que se encontravam atrás das pilhas de MP no pavilhão 1           |
| <b>Pavilhão 1</b>        | Marcação das áreas das pilhas de MP                              | Delimitar as áreas de colocação de tubo                                          |
| <b>Pavilhão 2</b>        | Marcação da área de produção de tubo TB D60                      | Necessidade de delimitar essa área para não ficar obstruída com outros materiais |
| <b>Pavilhão 2</b>        | Marcação das áreas das pilhas de PA                              | Delimitar as áreas de colocação de tubo                                          |
| <b>Pavilhão 2</b>        | Marcação das áreas de MP e PA do TB D60                          | Delimitar as áreas de colocação de tubo                                          |
| <b>Pavilhão 2</b>        | Marcação de uma nova área para produção do TB SQ120 e TB OCTO140 | Potencial aumento da produção                                                    |
| <b>Pavilhão 3</b>        | Marcação das áreas das pilhas de PA                              | Delimitar as áreas de colocação de tubo                                          |
| <b>Pavilhão 3</b>        | Marcação das áreas das pilhas de MP                              | Delimitar as áreas de colocação de tubo                                          |
| <b>Pavilhão 1, 2 e 3</b> | Repintar todas as linhas que não sofreram alteração              | Tinta bastante danificada e pouco visível                                        |

Outra grande mudança no *layout* proposto passa pela alocação de um espaço no pavilhão 2 reservado à produção de tubo octogonal e de tubo quadrado. Esta mudança implica a transferência da linha de furação que atualmente se encontra no pavilhão 3 para o pavilhão 2.

No pavilhão 2 existe três pontes rolantes, sendo que essas pontes rolantes apenas estão alocadas à movimentação dos *packs* de PA no fim das duas linhas de produção (TTV4 e TTV7) para uma das quatro pilhas de produto acabado. A retirada dos *packs* de PA das duas linhas de produção pode ser realizada, intervaladamente, com uma única ponte rolante. Outra ponte rolante pode ser alocada à movimentação de carga de camiões que pode ser feita no pavilhão 2. A ponte rolante que sobra, e que normalmente se encontra parada por não ter atividade para ela, pode ser mais útil com a passagem da célula de produção do pavilhão 3 para o pavilhão 2. A proposta de reorganização do *layout* do pavilhão 2 é apresentada Figura 46.





**Figura 46** - Proposta de reorganização do *layout* do pavilhão 2 da MTG6.

Com a reformulação dos *layouts* produtivos, foi estimado que passaria a ser possível produzir 30 tubos TB SQ120 por hora e 72 tubos TB D127 por hora. Para estas cadências de produção desejadas, foi possível efetuar uma simulação dos ganhos potenciais, resultantes da melhor gestão da produção do tubo quadrado TB SQ120 e tubo redondo TB D127 proporcionada pela reformulação dos *layouts* produtivos. Para esta simulação, foi assumido o mesmo número de horas uteis disponíveis à produção do período de recolha de dados. As considerações desta análise estão apresentadas no Apêndice 4.

A análise dos potenciais ganhos do tubo TB SQ120 é apresentada na Tabela 13. Com a reformulação dos *layouts* produtivos e a potencial redução do tempo de inatividade da célula de produção do tubo TB SQ120, estima-se que se poderiam ter produzido mais 610 tubos desse tipo, ou seja, a simulação identifica que seria possível produzir mais 3 tubos por hora de produção. Desta forma, o ganho potencial representaria um aumento de 10,13% da produção do tubo TB SQ120.

**Tabela 13** - Análise dos potenciais ganhos de produção do tubo TB SQ120 com a reformulação dos *layouts* produtivos.

| Parâmetro                                        | Produção real<br>(dados recolhidos) | Produção expectável<br>(simulação) |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Tempo útil de produção (horas trabalhadas)       | 184                                 | 184                                |
| Quantidade média de tubo produzido por hora      | 30                                  | 33                                 |
| Potencial aumento de tubos adicionais produzidos | 610 tubos                           |                                    |
| Potencial aumento da produção por hora           | 3,32 tubos por hora                 |                                    |
| Potencial aumento da produção                    | 10,13%                              |                                    |

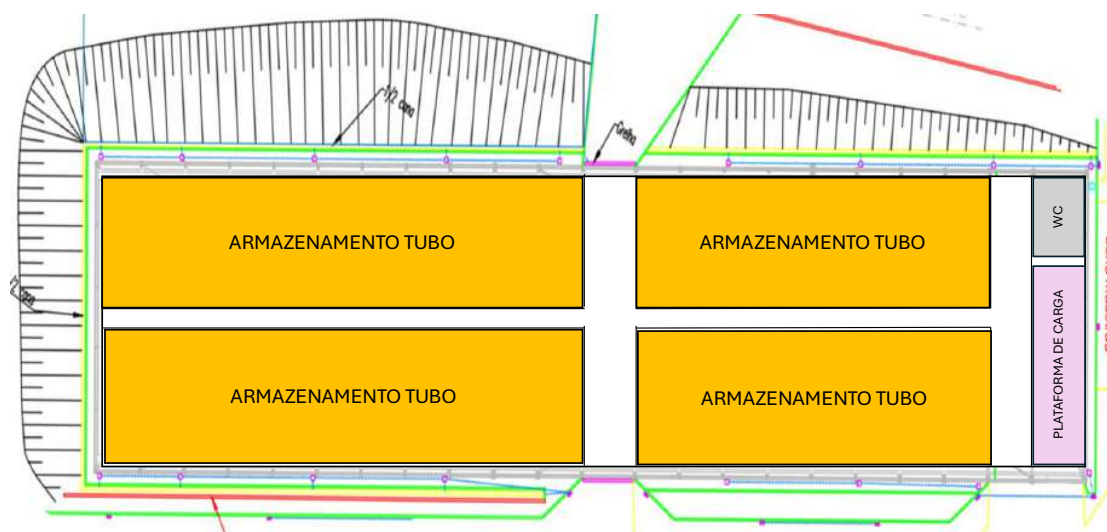
A mesma análise foi efetuada para a linha de produção TTV9 (Tabela 14), onde são produzidos os tubos TB D127. Neste caso estima-se que se poderiam ter produzido mais 475 tubos TB D127, o que representaria um aumento de 6,58% da produção.

**Tabela 14** - Análise dos potenciais ganhos de produção do tubo TB D127 com a reformulação dos layouts produtivos.

| Parâmetro                                        | Produção real<br>(dados recolhidos) | Produção expectável<br>(simulação) |
|--------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| Tempo útil de produção (horas trabalhadas)       | 114,4                               | 114,4                              |
| Quantidade média de tubo produzido por hora      | 67                                  | 72                                 |
| Potencial aumento de tubos adicionais produzidos | 475 tubos                           |                                    |
| Potencial aumento da produção por hora           | 4,15 tubos por hora                 |                                    |
| Potencial aumento da produção                    | 6,58%                               |                                    |

### 5.7.2. Criação de zona de triagem e embalamento de postes treliçados

Tal como evidenciado no ponto 4.2.10, uma das grandes mudanças estratégicas prendeu-se com a redução da produção de tubo TB D127. Essa redução levou a uma decisão estratégica por parte da administração do grupo Metalgalva, em que parte do embalamento e expedição de postes treliçados de alta tensão, que até ao momento eram produzidos, triados, embalados e expedidos a 100% na unidade 3 da Metalgalva (MTG3), passaria a ser realizado a partir de 2024 na MTG6. A triagem e embalamento destes postes na MTG6 passavam assim a ser realizados no pavilhão de armazenamento que foi construído em 2022 e que era composto por quatro zonas principais de armazenamento com uma capacidade máxima de cerca de 40.000 tubos, conforme apresentado na Figura 47.

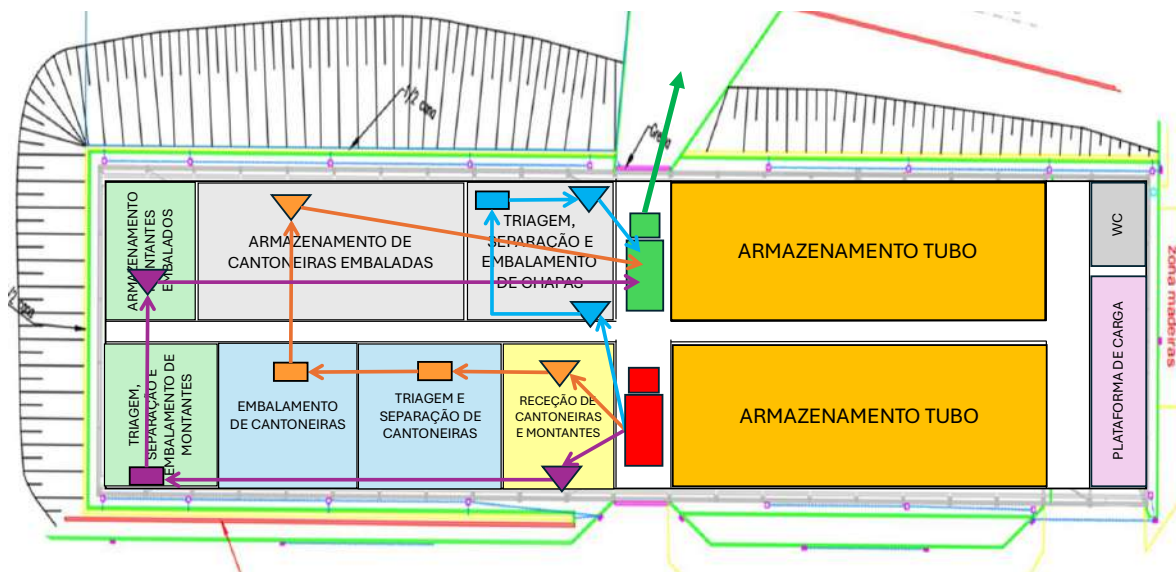


**Figura 47** - Layout do armazém da MTG6 antes da criação da zona de triagem e embalamento.

Assim sendo, no início de 2024 foi necessário repensar um novo *layout* para este pavilhão (Figura 48), que teria de ter em consideração os seguintes pontos:

- Redução da capacidade de armazenamento para cerca de 17000 tubos TB D127.
- Garantir capacidade de carga dos tubos TB D127, ou seja, ter sempre pelo menos um dos dois cais de carga sempre disponível
- Na área dedicada aos postes treliçados, definir um fluxo eficiente para cada tipo de produto (montantes, chapas e cantoneiras) e para cada tipo de atividade (receção, triagem, embalagem e armazenamento).

Todos os componentes chegam ao pavilhão por meio de transporte por camião que recolhe o material na galvanização e que o descarrega numa primeira zona denominada na Figura 48 como receção de cantoneiras e que seguem o fluxo assinalado a laranja. Nesse local, também são descarregados os montantes, sendo que esses materiais seguem o fluxo delineado a cor roxa correspondente à triagem, separação e embalagem. As chapas são descarregadas numa zona que se chama de triagem, separação e embalagem de chapas, seguindo o fluxo a azul.



**Figura 48 - Layout** proposto para a criação da zona de triagem e embalagem no pavilhão logístico da MTG6.

As cantoneiras depois de serem rececionadas são triadas, é feita uma lista de verificação por lote/referência e posteriormente colocam-se separadas em cestas metálicas de forma a serem separadas em frações correspondentes de cada tipo de poste. Assim que estiverem todas separadas e triadas começam a ser embaladas por frações.

O embalamento corresponde a colocar todas as cantoneiras de determinada fração num grande *pack* e enfaixar tudo com cintas de plástico de modo a garantir a estabilidade nos vários transportes até ao local de montagem no terreno do cliente. Por último, as frações de cantoneiras embaladas passam por uma zona de armazenamento antes de serem carregadas para expedição. Estas operações de receção, triagem, embalamento e armazenamento neste pavilhão da MTG6 são ilustradas na Figura 49.



**Figura 49** - Operações de receção, triagem, embalamento e armazenamento das cantoneiras no pavilhão da MTG6 reconvertido.

Os montantes seguem um percurso muito parecido com as cantoneiras sendo que devido à sua dimensão têm de ser movimentados com o auxílio de pontes rolantes. Assim, quando estes são recolhidos na zona de receção, passam diretamente para uma zona onde se realiza a triagem, separação e o embalamento (Figura 50). Depois passam para uma zona de armazenamento só para montantes até serem carregados para o cliente final.



**Figura 50** - Operações de receção, triagem, embalamento e armazenamento dos montantes no pavilhão logístico da MTG6.



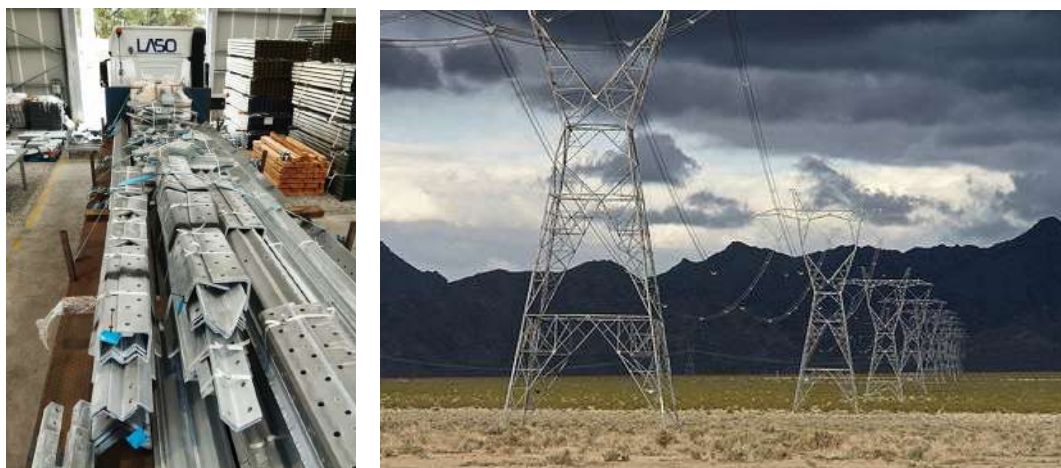
Por último as chapas seguem um caminho totalmente diferente das cantoneiras e montantes. Estas são rececionadas, triadas, separadas e embaladas numa mesma zona. Geralmente todos os materiais de chapa chegam da galvanização em paletes, o que permite armazenar no espaço exterior ao pavilhão. São transportadas com um empilhador para o interior do pavilhão, para se proceder à triagem e embalagem por frações.

Quando as chapas em frações estão a ser organizadas, existem duas formas de embalagem, uma é a colocação dessas chapas em paletes, outra é a colocação de arame galvanizado a envolver todas as chapas de determinada fração, como ilustrado na Figura 51. Essas frações podem ser carregadas diretamente para o camião ou então podem ser armazenadas no exterior do pavilhão logístico e depois serem carregadas para o camião com o empilhador.



**Figura 51** - Operações de triagem, embalagem e armazenamento das chapas no pavilhão da MTG6 reconvertido (esquerda) e zona de armazenamento das frações de chapa no exterior do pavilhão (direita).

Quando as frações dos montantes, cantoneiras e chapas de determinada encomenda de poste treliçado estiverem todas embaladas e prontas para expedir, estas são carregadas até um limite máximo de 30 toneladas por camião. Dependendo do tamanho do poste, cada camião ponderará carregar um poste completo ou apenas uma parte, podendo conter montantes, cantoneiras, chapas e parafusaria necessária para montagem de um poste treliçado pelo cliente. A Figura 52 mostra o carregamento do camião e ilustra o produto, poste elétrico.



**Figura 52** - Carregamento do camião (esquerda) e imagem do poste elétrico produto (direita).

## **5.8. Desenvolvimento de ferramentas de apoio ao PCP**

Nesta secção é apresentado o desenvolvimento de ferramentas desenvolvidas na sequência das propostas de melhoria contínua e que são usadas para apoiar o PCP da MTG6. Essas ferramentas incluem a implementação de ferramentas para digitalização da informação que possa ser usada para registo e gestão de inventário. Por fim, dadas as alterações da estratégia de produção da empresa, são avaliadas diferentes estratégias de planeamento agregado.

### **5.8.1. Implementação de procedimentos de registo e gestão de inventário**

A gestão de inventário era um dos principais problemas a ser abordado com o plano de melhoria contínua. Durante o período em que grande parte da produção era exportada para os EUA através de contentores marítimos e estruturas de expedição, a gestão eficiente de todas as peças e componentes dessas estruturas tornou-se crucial. A necessidade de evitar roturas de *stock* e os custos associados a atrasos nas entregas exigia uma abordagem sistemática.

#### **Controlo de componentes e acessórios da montagem de estruturas metálicas**

Para responder a este desafio, foi desenvolvido um ficheiro de controlo que, com base no número de estruturas assembled na zona de montagem, reportado através dos sistemas *kanban* de estruturas criados, permite calcular indicadores, tais como os dias restantes até à rotura e o número de peças em *stock*.

A folha de cálculo desenvolvida em Microsoft Excel está dividida em duas tabelas distintas que, juntas, fornecem uma visão abrangente e detalhada do estado do inventário. São identificadas as necessidades semanais de cada componente, os níveis de controlo e o *stock* de segurança. Adicionalmente, a folha de cálculo estima os dias de cobertura de *stock*, considerando o *stock* de segurança e as entregas necessárias para manter um nível adequado de inventário.

A ferramenta é apresentada na Tabela 15 e contém os seguintes campos:

- **Componente:** Lista dos componentes necessários para as estruturas, tais como rodas, bases, travamentos, cantoneiras, calhas, porcas, anilhas, varão roscado, parafusos, entre outros.
- **Quantidade por Contentor:** Número de componentes necessários por contentor.
- **Necessidades semanais:** Quantidade semanal de cada componente necessária para manter a produção.
- **Quantidade de controlo:** Valor resultante da divisão do *stock* atual pelo número de componentes por contentor.
- **Stock de segurança:** *Stock* mínimo necessário para evitar roturas.
- **Cobertura do stock:** Estimativa do número de dias de operação restantes antes do *stock* atingir o nível de segurança.
- **Entregas necessárias:** Quantidade de componentes que precisam ser entregues para manter os níveis de *stock* dentro dos limites de segurança.

A tabela de estatísticas diárias de componentes fornece uma visão detalhada do *stock* diário de cada componente (Apêndice 5), bem como da produção diária de estruturas com e sem rodas. É preenchida com base em duas colunas, conforme indicado pelo *kanban* diário implementado na secção 5.6.2.:

- **Data:** Data específica do registo.
- **Componentes:** Nível de *stock* diário para cada componente.
- **Dias de stock mínimo:** Número de dias em que o *stock* é considerado seguro para evitar roturas.
- **Componentes em stock:** Quantidade de cada componente disponível no *stock*.
- **Contentores em stock:** Quantidade de contentores disponíveis no *stock*.
- **Estruturas por dia:** Número de estruturas produzidas por dia, divididas em estruturas com rodas e sem rodas.

Com a capacidade de prever a cobertura do *stock* e identificar as necessidades de entrega, foi possível tomar medidas preventivas alertando os vários fornecedores da necessidade de reposição de material. Além disso, a estimativa das necessidades semanais e do *stock* disponível permite um planeamento de produção mais eficaz, assegurando que todos os componentes necessários estão disponíveis para a realização das operações. A folha de cálculo permite assim uma gestão precisa do inventário, ajudando a manter níveis ótimos de *stock* e a minimizar os custos associados a excessos ou faltas de componentes.

**Tabela 15** - Folha de cálculo em Microsoft Excel para controlo de inventário.

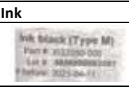
| Componente das estruturas               | Rodas         | Base<br>s/ rodas | Base<br>c/ rodas | Travamento    | Cantoneiras      | Calhas<br>MTG5 |
|-----------------------------------------|---------------|------------------|------------------|---------------|------------------|----------------|
| <b>Quantidade por contentor</b>         | <b>4</b>      | <b>2</b>         | <b>2</b>         | <b>8</b>      | <b>8</b>         | <b>8</b>       |
| Necessidades semanais                   | 420           | 210              | 210              | 840           | 840              | 840            |
| <b>Quantidade de controlo</b>           | <b>170,0</b>  | <b>155,0</b>     | <b>255,0</b>     | <b>448,4</b>  | <b>260,8</b>     | <b>381,8</b>   |
| <i>Stock</i> Segurança                  | 260           | 100              | 300              | 2747          | 1246             | 2214           |
| <b>Cobertura de <i>stock</i> (dias)</b> | <b>4,3</b>    | <b>3,3</b>       | <b>10,0</b>      | <b>22,9</b>   | <b>10,4</b>      | <b>18,5</b>    |
| Entregas necessárias                    | 160           | 110              | 0                | 0             | 0                | 0              |
| Acessórios de montagem                  | Porcas<br>M20 | Anilhas<br>M20   | Varão<br>Roscado | Porcas<br>M12 | Parafusos<br>M12 | Anilhas<br>M12 |
| <b>Quantidade por contentor</b>         | <b>8</b>      | <b>4</b>         | <b>2</b>         | <b>72</b>     | <b>72</b>        | <b>72</b>      |
| Necessidades semanais                   | 840           | 420              | 210              | 7560          | 7560             | 7560           |
| <b>Quantidade de controlo</b>           | <b>3348,9</b> | <b>1584,0</b>    | <b>103,5</b>     | <b>244,3</b>  | <b>352,9</b>     | <b>304,1</b>   |
| <i>Stock</i> Segurança                  | 25951         | 5916             | -3               | 10033         | 17851            | 14336          |
| <b>Cobertura de <i>stock</i> (dias)</b> | <b>216,3</b>  | <b>98,6</b>      | <b>- 0,1</b>     | <b>9,3</b>    | <b>16,5</b>      | <b>13,3</b>    |
| Entregas necessárias                    | 0             | 0                | 213              | 0             | 0                | 0              |

### **Controlo de inventário dos consumíveis no armazém**

Outra área que foi sujeita à implementação de um sistema de controlo de inventário foi o armazém de consumíveis. Para o normal funcionamento da produção é necessário um controlo rigoroso de todos os consumíveis utilizados. Para isso foi idealizada uma folha de registo em Microsoft Excel de todos os consumíveis gastos em cada turno, conforme apresentado na Figura 53. Essa folha era preenchida pelos chefes de equipa, eram os únicos a ter acesso ao armazém de consumíveis. A folha de registo completa pode ser consultada no Apêndice 6.



Data:

|                                                                                                                           |                                         |                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Hevilhas P/ cinta de Tecido</b><br>   | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Hevilhas P/ cinta de Plástico</b><br> | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Químico Etq. Pequena</b><br>        | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Brocas Diam. 14.9mm</b><br>           | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Brocas Diam. 16.9mm</b><br>           | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Etiqueta grande</b><br>             | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Solvente</b><br>                      | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Solvente Domino</b><br>               | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Etiqueta pequena</b><br>            | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Ink</b><br>                           | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Ink Domino</b><br>                    | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Químico Etq. Grande</b><br>         | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Pedra Afilar brocas</b><br>           | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Laminas Escareadoras</b><br>          | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Punho Escareador</b><br>            | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Liq Limpeza Domino</b><br>            | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Liq Limpeza</b><br>                   | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Zinco</b><br>                 | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Preto</b><br>                   | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Rosa</b><br>                    | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Azul</b><br>                  | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Vermelho</b><br>               | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Amarelo</b><br>                | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Laranja</b><br>              | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Lilas</b><br>                 | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |
| <b>Spray Verde</b><br>                 | <b>Turno</b><br>Manhã<br>Tarde<br>Noite | <b>Quantidade</b><br><br><br> |

**Figura 53** - Folha de registo dos consumíveis do armazém gastos em cada turno.

Posteriormente essa folha de registo é partilhada com o chefe de equipa que passa a registar o consumo e a receção de todos os consumíveis num ficheiro de controlo. Com esse ficheiro é possível verificar o *stock* atualizado de cada item. Além disso permite ter uma noção de quando encomendar e manter sempre *stock* acima de um *stock* de segurança.

### 5.8.2. Estudo de estratégias alternativas de planeamento agregado

Um dos problemas discutidos no capítulo 4 prende-se com a variação das quantidades de produção. Esta variabilidade prende-se com o facto de o número de alocações semanais ser inconstante dada a variação da procura e concretização de encomendas. Assim, surgiu a necessidade de ser criado uma ferramenta de rápida análise para serem tomadas decisões fundamentadas no que toca ao planeamento da produção, de forma a nivelar a produção com as necessidades dos clientes. Nesse sentido, é apresentado o estudo e as diferentes considerações efetuadas para avaliação de diferentes alternativas de planeamento agregado.

Para a elaboração dessa ferramenta e estudo, foram recolhidos dados relacionados com os fatores de custo da empresa a ter em consideração na análise. A Tabela 16 apresenta as considerações e custos para análise das estratégias de PCP. Os dados são provenientes de informações internas da empresa.

**Tabela 16** - Considerações e custos para análise das estratégias de PCP.

| Parâmetro                                                        | Valor           |
|------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Custo homem-hora                                                 | 4,73 €          |
| Custo posse por unidade ( <i>stock</i> menor de 15 000 unidades) | 0,040 €         |
| Custo posse por unidade ( <i>stock</i> maior de 15 000 unidades) | 0,008 €         |
| Custo de adiamento por unidade                                   | 0,40 €          |
| <i>Stock</i> atual                                               | 10 000 unidades |
| <i>Stock</i> máximo                                              | 60 000 unidades |

A capacidade de produção da MTG6 depende diretamente do número de equipas a trabalhar. Cada equipa produz em média 2 500 tubos. Os custos da mão-de-obra são apresentados na Tabela 17, de acordo com o número de equipas necessárias.

**Tabela 17** - Estimativa dos custos de mão-de-obra em função do número de equipas de produção.

| Capacidade semanal de produção | Número de equipas | Número total de colaboradores | Custo por semana | Custo de turno | Horas extra | Custo de mão-de-obra por semana |
|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|----------------|-------------|---------------------------------|
| <b>2500</b>                    | 1                 | 6                             | 1 135,38 €       | - €            | - €         | <b>1 135,38 €</b>               |
| <b>5000</b>                    | 2                 | 11                            | 2 081,54 €       | - €            | - €         | <b>2 081,54 €</b>               |
| <b>7500</b>                    | 3                 | 17                            | 3 216,92 €       | 482,54 €       | - €         | <b>3 699,46 €</b>               |
| <b>10000</b>                   | 4                 | 22                            | 4 163,08 €       | 624,46 €       | - €         | <b>4 787,54 €</b>               |
| <b>12500</b>                   | 5                 | 28                            | 5 298,46 €       | 1 324,62 €     | - €         | <b>6 623,08 €</b>               |
| <b>15000</b>                   | 6                 | 33                            | 6 244,62 €       | 1 561,15 €     | - €         | <b>7 805,77 €</b>               |
| <b>17500</b>                   | 6                 | 33                            | 6 244,62 €       | 1 561,15 €     | 1 873,38 €  | <b>9 679,15 €</b>               |
| <b>20000</b>                   | 6                 | 33                            | 6 244,62 €       | 1 561,15 €     | 1 938,43 €  | <b>9 744,20 €</b>               |

Tendo, portanto, em consideração o nível de alocações por parte do cliente entre setembro de 2023 e julho de 2024, foi elaborado um estudo tendo em consideração várias estratégias de planeamento agregado da produção. Este estudo foi realizado com o auxílio da ferramenta Microsoft Excel onde três principais estratégias foram comparadas:

Estratégia 1: Nivelamento da produção tendo em consideração a procura média;

Estratégia 2: Produção para *stock*;

Estratégia 3: Nivelamento da produção com a dispensa e contratação de colaboradores;

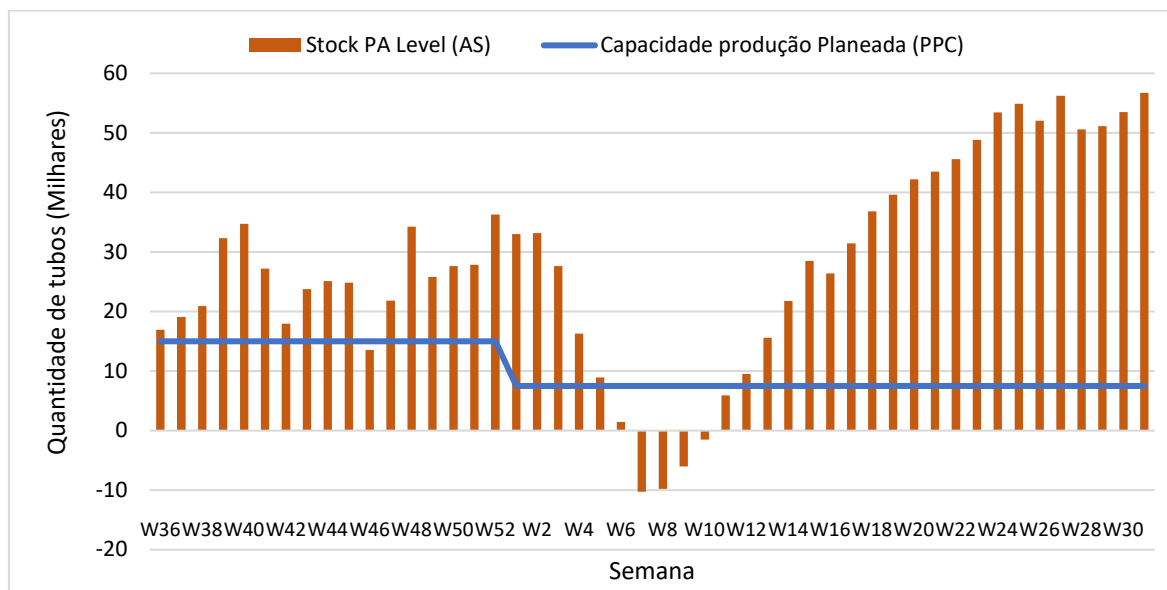
### **Estratégia 1: Nivelamento da produção tendo em consideração a procura média**

Nesta estratégia, para além de todas as considerações efetuadas anteriormente, foram calculadas as alocações médias, ou seja, a procura média em três períodos de análise. Como cada equipa produz em média 2 500 tubos, o número de equipas necessário para suprir a procura média no 4º trimestre de 2023 era de 6 equipas, o número de equipas necessário para suprir a procura média no 1º trimestre de 2024 era de 3 equipas, assim como no 2º trimestre de 2024. A Tabela 18 apresenta os dados recolhidos para a análise.

**Tabela 18** - Dados da procura média e capacidade de produção executada nos três trimestres.

| Período           | Procura média trimestral | Capacidade produção executada |
|-------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 4º trimestre 2023 | 13 453                   | 15 000                        |
| 1º trimestre 2023 | 7 469                    | 7 500                         |
| 2º trimestre 2023 | 5 971                    | 7 500                         |

Um dos principais problemas desta estratégia prende-se com o facto de no período de análise existir rotura de *stock*, como se verifica na Figura 54. Roturas de *stock* não podem acontecer, visto que os critérios de cumprimento dos prazos de entrega são rigorosos.

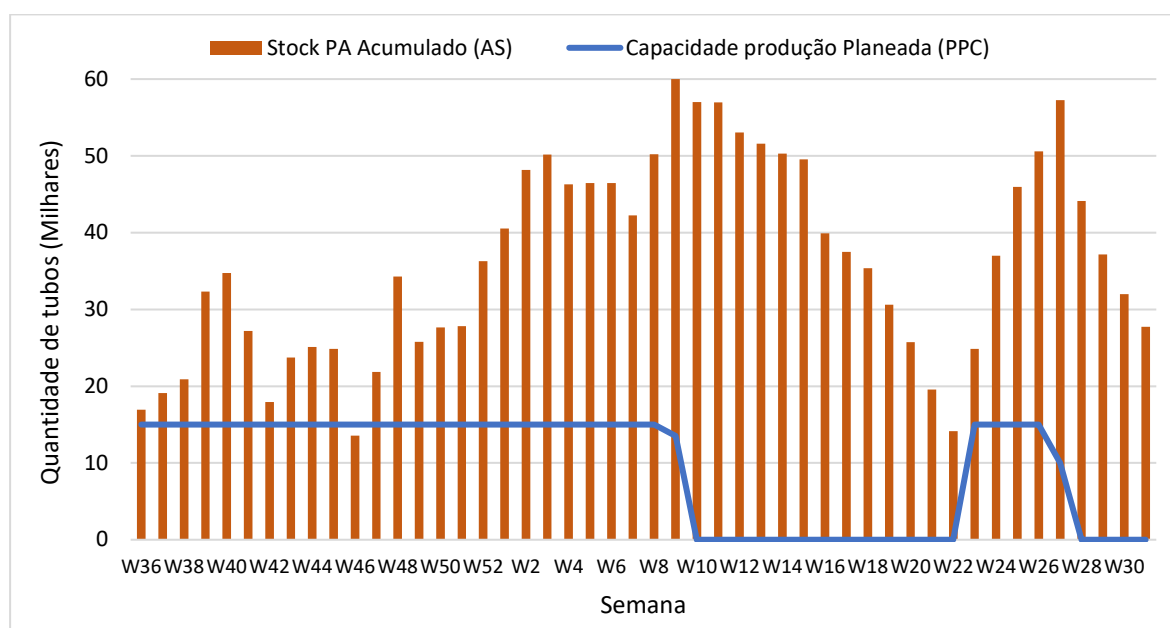


**Figura 54** - Análise da estratégia de nivelamento da produção tendo em consideração a procura média.

### **Estratégia 2: Produção para stock**

Nesta estratégia, foi simulada uma produção contínua de 15 000 unidades por semana a partir do início do ano de 2024 (6 equipas). O princípio subjacente a esta abordagem é manter a capacidade de produção constante até que o *stock* máximo de armazenamento da MTG6 seja atingido. O *stock* máximo de produto acabado que a MTG6 pode armazenar é de 60 000 tubos. De acordo com a simulação realizada, este valor é alcançado na semana 9. Após atingir essa capacidade máxima de armazenamento, a produção é interrompida, permitindo que o *stock* acumulado seja gradualmente consumido até que desça abaixo da capacidade máxima instalada de uma semana, que corresponde a 15 000 tubos.

Quando o *stock* desce para um valor inferior a 15 000 tubos, é retomada a produção a uma cadência de 15 000 tubos por semana, até que o *stock* atinja novamente o nível máximo de 60 000 tubos. Este ciclo de produção e consumo continua a ser repetido para garantir que a capacidade de resposta da MTG6 se mantenha alinhada com a procura. A Figura 55 apresenta a análise da estratégia de produção para *stock*.



**Figura 55 - Análise da estratégia de produção para *stock*.**

### **Estratégia 3: Nivelamento da produção com dispensa e contratação de colaboradores**

Esta estratégia baseia-se na análise das alocações semanais futuras previstas e no planeamento e organização das equipas de produção. A produção da MTG6 é diretamente proporcional ao número de equipas em operação, sendo que o número de equipas determina a quantidade de tubos produzidos.

Dessa forma, analisando a média das previsões das alocações, é possível determinar o número de equipes necessárias para atender à produção. Para auxiliar neste processo, foi desenvolvida uma folha de cálculo em Microsoft Excel que calcula as Médias Móveis (MM) de alocações para a previsão de 2 a 10 semanas. Para selecionar o período escolhido, calculou-se o Erro Quadráticos Médio (EQM) e selecionou-se o período que minimiza o EQM. A análise completa pode ser consultada no Apêndice 7. Ao consultar os resultados da Tabela 19, verificou-se que a MM mais ajustada para o nível de alocações a partir de 2024 é a MM2 de 2 semanas, dado que o valor mínimo do EQM está associado a esse período. Um dos problemas verificados com a aplicação da MM2 foi a grande variabilidade nas necessidades de produção planejada.

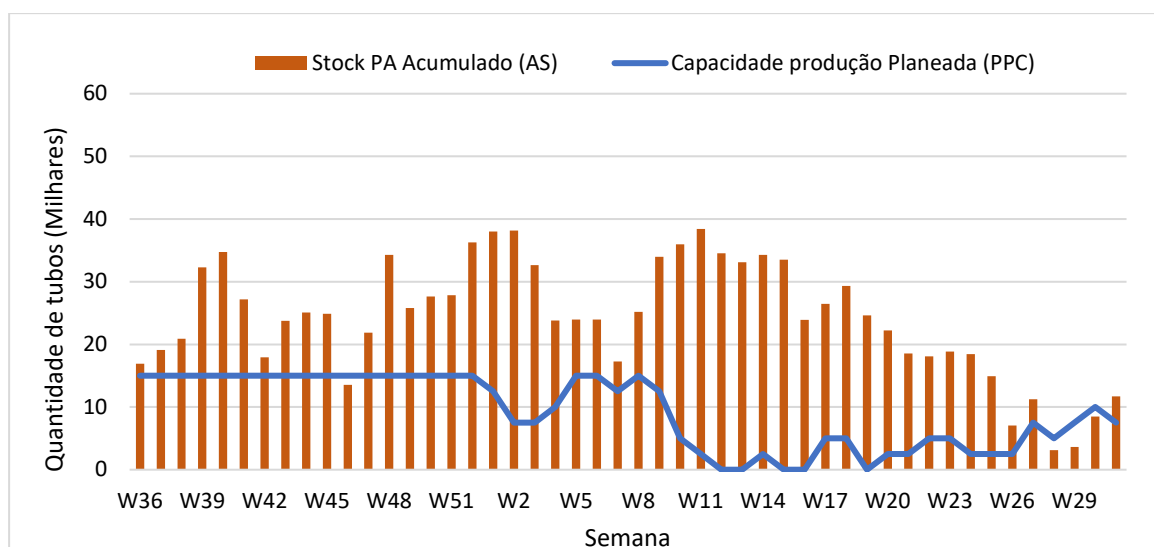
**Tabela 19** - Cálculo do EQM para os diferentes períodos de MM.

| <b>Período MM</b> | <b>Procura Média Estimada</b> | <b>EQM</b> |
|-------------------|-------------------------------|------------|
| MM2               | 7070                          | 18590289   |
| MM3               | 7189                          | 19200277   |
| MM4               | 7331                          | 22241656   |
| MM5               | 7412                          | 24463519   |
| MM6               | 7446                          | 24478360   |
| MM7               | 7564                          | 24917499   |
| MM8               | 7702                          | 26483490   |
| MM9               | 7843                          | 26487307   |
| MM10              | 7968                          | 26050378   |

Conforme ilustrado na Figura 56, em certos períodos, a produção ideal teórica podia variar drasticamente, passando de zero unidades numa semana para 5 000 tubos na semana seguinte, e voltando a zero posteriormente.

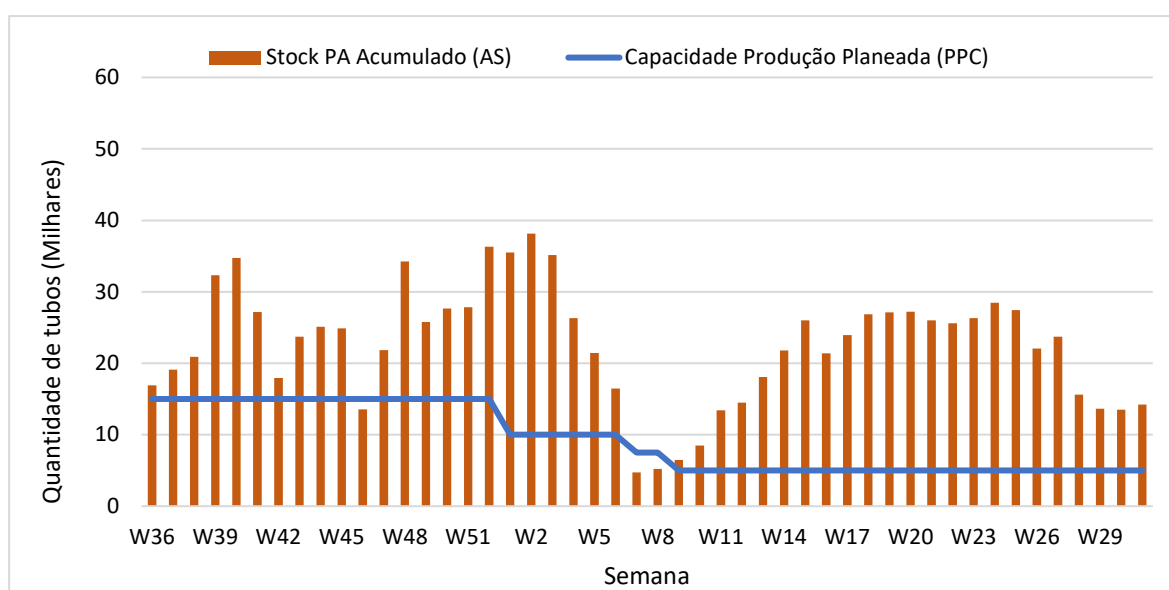
A Figura 56 apresenta a análise da estratégia de nivelamento da produção com dispensa e contratação de colaboradores considerando a capacidade em função das MM2.

Esta situação representava um desafio significativo, dado que a única forma de ajustar a capacidade produtiva da MTG6, de acordo com essa variabilidade, seria através da dispensa e posterior contratação de colaboradores. Contudo, dada a frequência quase semanal dessas flutuações, tal abordagem revelou-se impraticável tanto do ponto de vista operacional como do ponto de vista da gestão de recursos humanos.



**Figura 56** - Análise da estratégia de nivelamento da produção com dispensa e contratação de colaboradores considerando a capacidade em função das MM2.

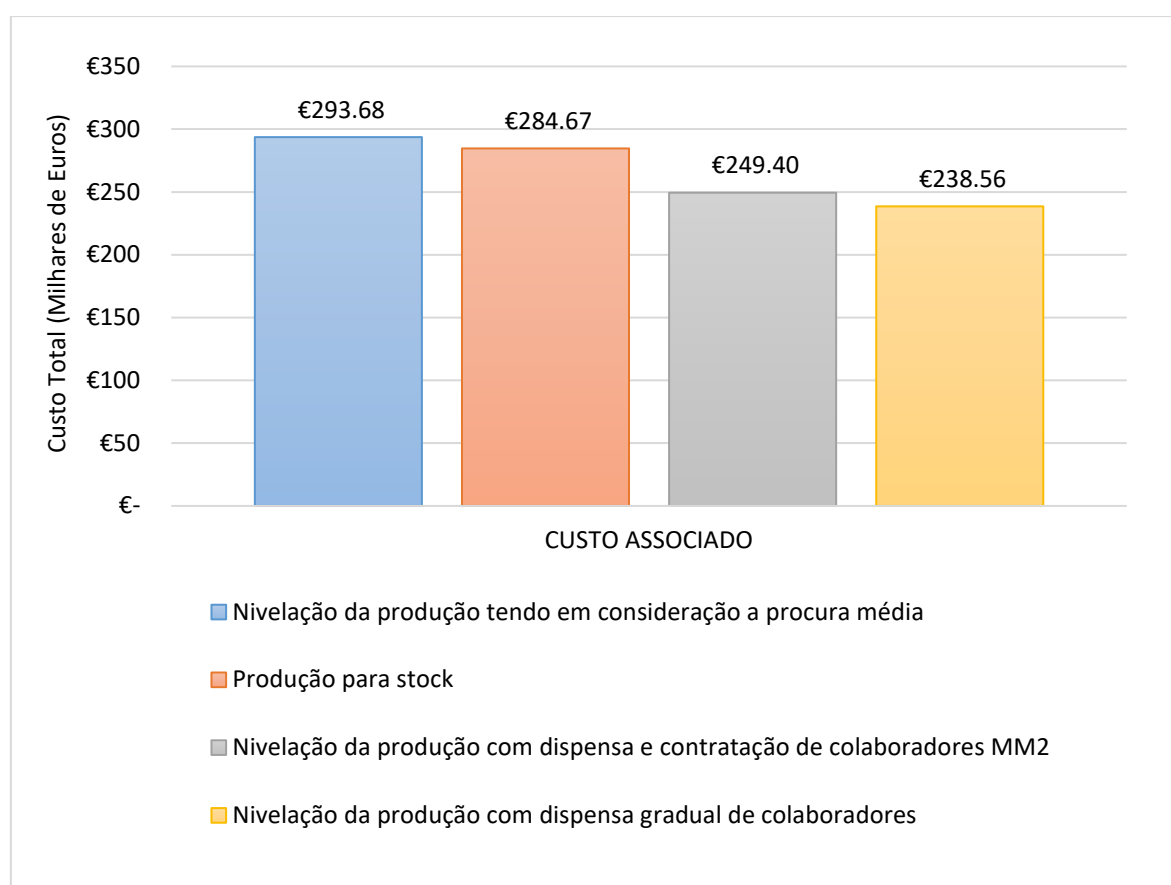
Assim, foi concebido um plano que visava nivelar estas oscilações nas necessidades semanais de produção. O objetivo deste plano de capacidade planeada foi acompanhar a tendência de diminuição dos pedidos dos clientes e, conseqüentemente, ajustar de forma gradual a capacidade de produção. Isto implicou a redução progressiva do número de equipas e a dispensa gradual de colaboradores, até alcançar um equilíbrio estável entre a produção planeada e as solicitações previstas pelos clientes. A Figura 57 apresenta a análise da estratégia de nivelamento da produção com dispensa gradual de colaboradores.



**Figura 57** - Análise da estratégia de nivelamento da produção com dispensa gradual de colaboradores.

Este plano não só permitiu uma gestão mais eficiente dos recursos humanos como também assegurou que a capacidade produtiva da MTG6 estivesse alinhada com as reais necessidades do mercado, minimizando os custos operacionais e melhorando a resposta da empresa às variações de procura.

Com base nestas estratégias foi calculado o custo total de cada uma delas conforme apresentado na Figura 58. Como se pode observar, a estratégia de nivelamento da produção com dispensa gradual de colaboradores é a estratégia com menor custo total, devendo por este critério ser a estratégia de planeamento agregado a escolher.



**Figura 58** - Comparação do custo total das estratégias de planeamento agregado em estudo.

Com base neste estudo, a estratégia foi implementada com as primeiras dispensas de colaboradores a ocorrer no início do ano de 2024. Durante o período de janeiro a julho de 2024, as necessidades dos clientes mantiveram-se constantes, permitindo que o plano fosse rigorosamente seguido, com a dispensa de colaboradores a ser efetuada conforme planeado.

Esta abordagem de redução dinâmica da mão de obra garantiu uma produção sempre nivelada com a procura, mantendo simultaneamente os níveis de *stock* relativamente baixos. A diminuição dos encargos com a mão-de-obra e a redução dos custos associados aos níveis de *stock* mais baixos foram fatores determinantes para uma poupança de 46 112 € para a empresa. Esta poupança reflete a diferença de custo entre a estratégia de dispensa gradual de operadores e a alternativa de produção contínua para *stock*, sendo esta última caracterizada pela manutenção da produção à capacidade máxima ao longo de todo o período de análise.



## 6. Conclusão e perspectivas de trabalho futuro

Neste capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido durante a realização da dissertação. Na secção 6.1 é efetuado um resumo de todas as ações realizadas desde a fase de diagnóstico de problemas até à definição do plano de ações e a sua concretização. Na secção 6.2 são apresentadas algumas das propostas de trabalho futuro, na continuidade das ações já efetuadas.

### 6.1. Principais conclusões

A empresa alvo de estudo nesta dissertação é a Metalgalva, uma organização industrial de referência no setor da metalomecânica, pertencente ao Grupo Vigent. O estudo foi especificamente realizado na unidade de produção 6 (MTG6) da Metalgalva, com o principal objetivo de desenvolver e implementar um plano de melhoria contínua para operações produtivas desta unidade. Para alcançar esse objetivo, foram definidos vários objetivos específicos: mapear e analisar criticamente o fluxo produtivo, identificar e abordar as causas dos principais problemas e implementar melhorias fundamentadas em metodologias *Lean Manufacturing*. De entre as ferramentas aplicadas, destacam-se a metodologia 5S, *standard work*, gestão visual e sistemas *kanban*. Adicionalmente, foram criados indicadores de desempenho para avaliar o impacto das ações implementadas.

A análise inicial dos processos produtivos revelou diversos problemas que comprometiam a eficiência e a organização das operações. Entre estes problemas, destacou-se a falta de gestão visual eficaz, especialmente na gestão de resíduos e na marcação de áreas no pavimento. A ausência de sinalização clara e a inadequada separação dos resíduos, exacerbada pelas barreiras linguísticas dos colaboradores dificultava o processo de triagem por tipologia de resíduos, gerando erros frequentes. A desorganização dos consumíveis e das áreas de apoio à produção, bem como a gestão ineficaz dos *stocks*, contribuiu para perdas de tempo, paragens desnecessárias na produção. Foi identificada uma disposição inadequada dos equipamentos e uma partilha limitada de recursos, o que causou uma queda significativa na produtividade da célula de produção de tubos quadrados TB SQ120. As falhas na organização das áreas operacionais do pavilhão 3 e a elevada ocupação das pontes rolantes provocaram tempos de inatividade e queda de produtividade.

A resposta a esses problemas envolveu diversas intervenções estruturais e operacionais. Na gestão de resíduos, foram introduzidos novos cartazes de maior dimensão com um código de cores para melhorar a identificação e separação dos resíduos, resultando numa organização mais eficaz. Em relação ao processo de embalamento dos tubos, a implementação de bancadas de apoio adequadas e projetadas tendo em conta parâmetros ergonómicos, permitiu uma gestão mais eficiente do inventário de latas de *spray*, melhorando a fluidez dos processos. A reorganização do armazém de consumíveis e a aplicação dos princípios da metodologia 5S contribuíram para uma maior eficiência operacional, com a redução dos erros e tempo gasto na procura de materiais.

A implementação de sistemas *kanban* também se revelou crucial para o controlo de inventário e a eficiência da produção, permitindo uma monitorização mais precisa e uma resposta mais eficaz às variações na procura. As melhorias realizadas permitiram uma gestão mais eficiente dos recursos e uma redução significativa dos desperdícios, promovendo uma cultura de melhoria contínua e excelência operacional na empresa.

Além disso, foram realizadas reformulações significativas nos *layouts* dos pavilhões 1, 2 e 3, assim como a criação de uma nova zona de triagem e embalamento de postes treliçados no pavilhão logístico. Estas mudanças incluíram a eliminação de corredores obstruídos e a organização das áreas de armazenamento e produção. Com a reformulação do *layout* foi proposta a passagem da célula de produção de tubo TB SQ120 do pavilhão 3 para o pavilhão 2.

Analisando os resultados da gestão de resíduos na MTG6, foi realizada uma atualização no sistema de separação. Inicialmente, foram instalados cartazes pequenos nos recipientes de resíduos, mas estes apresentaram problemas de visibilidade e de durabilidade, sendo frequentemente danificados ou perdidos. Em resposta, foram introduzidos cartazes de maior dimensão fixados em postes permanentes, facilitando a leitura e a correta identificação dos resíduos. Estes novos cartazes utilizam um código de cores para categorizar os resíduos: azul para papel e cartão, verde para absorventes contaminados, laranja para plásticos e cinza para latas de *spray*. As novas marcações no pavimento seguindo o mesmo código de cores, passaram a permitir a recolha e colocação dos recipientes nos locais certos, o que contribuiu para a organização e a eficácia da separação dos resíduos.

No que diz respeito ao processo de embalamento dos tubos, identificou-se a necessidade de criação de bancadas de apoio adequadas. Foram projetadas três novas bancadas para as linhas de produção de tubo TB D127, usando um *design* que combina tubos metálicos e chapas.

A configuração das bancadas permite uma melhor organização das latas de *spray*, distribuídas de acordo com a sua cor e frequência de uso. As bancadas foram projetadas para uma capacidade para 18 latas divididas entre 9 cores. A análise da produção de 2023 e o uso da análise ABC revelou a necessidade de colocar nas bancadas mais latas das cores mais utilizadas, como o cinza, que é crítico para a aplicação de zinco em todas as extremidades dos tubos, reservando 5 dos 18 espaços para esta cor. O planeamento da bancada considerou a durabilidade de cada cor de *spray* e a produção média de tubos por turno, permitindo uma gestão eficiente do inventário e minimizando paragens na produção. As melhorias implementadas visam otimizar a organização do trabalho e garantir uma maior fluidez no processo de produção e embalamento.

No âmbito da identificação visual do estado das brocas, a introdução de um sistema de caixas coloridas e etiquetas identificativas facilitou a gestão e organização das brocas no processo de afiamento. As caixas vermelhas, amarelas e verdes proporcionam uma clara visualização do estado das brocas, o que além de aumentar a rapidez do processo de troca e manutenção, também garante uma gestão mais eficiente do espaço de trabalho, minimizando o tempo perdido e melhorando a produtividade geral.

A reorganização do armazém de consumíveis foi outra medida de impacto positivo. A aplicação dos princípios da metodologia 5S, incluindo a disposição de materiais com maior frequência de uso em locais de fácil acesso e a criação de um sistema de etiquetas trilingues, simplificou o processo de armazenamento e reabastecimento.

Além disso, a implementação de sistemas *kanban* aperfeiçoou significativamente o controlo de inventário e a eficiência da produção. A reformulação do sistema *kanban* de produção, com a inclusão de informações detalhadas e redigidas em inglês, permitiu uma monitorização mais precisa da produção, facilitando o registo e controlo diários. O novo sistema *kanban* para a montagem de estruturas possibilitou o controlo da cadência de montagem e a gestão das necessidades de peças de estruturas de montagem, prevenindo roturas de *stock* e garantindo a continuidade dos processos de expedição.

A revisão dos *layouts*, particularmente nos pavilhões 1 e 2, permitiu a eliminação de corredores obstruídos e a organização das áreas de armazenamento e produção. Essa reorganização incluiu a marcação das zonas de MP e PA, além da reconfiguração das áreas de produção para tubos TB SQ120 e TB D127, o que facilitou uma melhor circulação e eficiência produtiva. As mudanças propostas visam não apenas a organização dos espaços, mas também incrementar o potencial de produção.

Através dessa reformulação, efetuou-se uma simulação e estima-se um aumento na produção dos tubos TB SQ120 de 10,13%, o equivalente a mais 610 tubos adicionais em 12 dias (mesmo período de análise). Relativamente à produção dos tubos TB D127 a simulação prevê um aumento produtivo de 6,58%, o equivalente a 475 tubos adicionais (para o mesmo período de análise), comparado com os dados anteriores de produção.

Além disso, a criação de uma nova zona de triagem e embalamento para postes treliçados na unidade MTG6, anteriormente realizada na unidade MTG3, representou uma mudança estratégica importante. O plano passou por reduzir a capacidade de armazenamento dos tubos TB D127 e garantir a sua capacidade de carga. As melhorias incluíram a reorganização dos fluxos de trabalho e a introdução de novas áreas dedicadas para a triagem e embalamento de diferentes componentes dos postes, como cantoneiras, montantes e chapas.

A implementação de ferramentas de digitalização e registo de informação foi fundamental para melhorar a gestão de inventário e o planeamento agregado da produção. O desenvolvimento de um ficheiro de controlo em Microsoft Excel para a gestão de componentes e acessórios de montagem de estruturas metálicas permitiu uma monitorização mais precisa do *stock*. Esta folha de cálculo possibilitou a identificação das necessidades semanais de cada componente, o cálculo dos níveis de controlo e do *stock* de segurança, bem como a estimativa dos dias de cobertura de *stock* e das entregas necessárias. Com esta ferramenta, foi possível antecipar a necessidade de reposição de material, evitando roturas de *stock* e minimizando custos associados a atrasos. Em paralelo, foi implementado um sistema de controlo de inventário para o armazém de consumíveis, com uma folha de registo detalhada preenchida pelos chefes de equipa e um ficheiro de controlo para monitorizar o consumo e a receção de consumíveis. Esta abordagem permitiu manter o *stock* acima dos níveis de segurança e assegurar o normal funcionamento da produção.

A análise e a implementação das propostas de melhoria para o PCP na MTG6 visaram corrigir a variação das quantidades de produção devido à instabilidade nas alocações semanais de produção. Para resolver este problema, foram estudadas e comparadas três estratégias alternativas de planeamento agregado.

A primeira estratégia, focada no nivelamento da produção com base na procura média, revelou-se problemática devido à ocorrência de roturas de *stock*. Esta abordagem, que envolvia a produção constante com base na média de procura, não conseguia garantir níveis de *stock* adequados para atender à procura sem interrupções, o que comprometia o cumprimento dos prazos de entrega.

A segunda estratégia, a produção para *stock*, consistia na produção contínua de 15 000 unidades por semana até atingir o *stock* máximo de 60 000 tubos. Após atingir este limite, a produção era interrompida até que o *stock* fosse consumido abaixo do nível de 15 000 tubos, momento em que a produção era retomada. Embora esta abordagem garantisse um alinhamento entre a capacidade produtiva e a procura, não era a mais viável em termos de custos operacionais.

A terceira estratégia, que envolveu o nivelamento da produção com dispensa e contratação de colaboradores, foi a mais eficaz. Esta estratégia permitiu ajustar a capacidade produtiva da MTG6 com base nas previsões de alocações, utilizando MM para prever a procura. Apesar da variabilidade nas necessidades de produção, foi possível implementar um plano de redução gradual do número de equipas e colaboradores, o que permitiu alinhar a produção com a procura real, minimizando custos associados à mão-de-obra e ao *stock*.

A comparação dos custos totais das estratégias revelou que a estratégia de nivelamento da produção com dispensa gradual de colaboradores resultou na estratégia com menor custo de implementação, com uma poupança significativa de 46 112 €, em comparação com a alternativa de produção para *stock*. Esta poupança decorreu da redução dos custos com mão-de-obra e da manutenção de níveis de *stock* mais baixos, refletindo uma gestão mais eficiente dos recursos.

## **6.2. Proposta de trabalho futuro**

A primeira proposta de trabalho futuro corresponde à criação de modelo de melhoria da gestão dos cais de carga da MTG6. Um dos desafios identificados no processo de expedição, particularmente no que diz respeito ao congestionamento dos cais de carga, é a ineficiência no carregamento de camiões convencionais destinados a países Europeus. Até ao final de 2023, a produção era maioritariamente orientada para os EUA, resultando numa elevada eficiência dos carregamentos para contentores, processo que decorria em 20 minutos. Contudo, com o aumento da procura para o mercado Europeu a partir de 2024, tornou-se evidente a necessidade de melhorar o processo de expedição para camiões convencionais. O tempo médio de permanência dos camiões nas instalações era de cerca de 3 horas, um valor excessivo e que frequentemente resultava em penalizações por atraso. Este foi um dos pontos identificados como ponto de melhoria na MTG6. No entanto e devido à falta de tempo para avançar com esta proposta, este projeto é assim apresentado como uma proposta de trabalho futuro.

Para combater a ineficiência do processo de expedição, a proposta de trabalho futuro passa pelo desenvolvimento e implementação de um modelo de gestão das cargas, tendo por base a distribuição planeada do número de camiões diário pelos cais de carga disponíveis. O modelo proposto deve basear-se na criação de uma ferramenta que determina o número ótimo de cargas diárias em cada cais, levando em consideração a localização das referências de PA armazenadas. A ideia é melhorar a alocação dos produtos e a utilização dos postos de carregamento, minimizando a mistura de materiais e maximizando a eficiência do processo. Utilizando técnicas de programação linear e simulações de cenários, o modelo permitirá ajustar a alocação dos produtos e melhorar a distribuição das cargas ao longo do dia, garantindo que cada cais seja utilizado de forma eficiente e que os camiões sejam carregados no menor tempo possível.

## Referências bibliográficas

- Alves, A., Ferreira, A. C., Costa Maia, L., P. Leão, C., & Carneiro, P. (2019). A symbiotic relationship between Lean Production and Ergonomics: insights from Industrial Engineering final year projects. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 10(4), 243–256. <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2019-4-244>
- 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>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Ávila, P., Bastos, J., & Cavaco, I. (2022). *Planeamento e Controlo da Produção - Uma visão integrada* (Quântica Editora (ed.)). Gestbook.
- Bell, S. (2006). Lean enterprise systems: using IT for continuous improvement. In *Choice Reviews Online* (Vol. 43, Issue 08). <https://doi.org/10.5860/CHOICE.43-4703>
- Béndek, P. (2016). *Beyond Lean*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-27745-5>
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen : standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*, 8(2), 110–117. <https://doi.org/10.1108/09576069710165792>
- Bertolini, M., Braglia, M., & Carmignani, G. (2006). An FMECA-based approach to process analysis. *International Journal of Process Management and Benchmarking*, 1(2), 127. <https://doi.org/10.1504/IJPMB.2006.009769>
- Bhamu, J., & Sangwan, K. (2014). Lean manufacturing: literature review and research issues. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(7), 876–940. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-08-2012-0315>
- Bhuvaneshwari, M., & Mishrikoti, A. (2019). Lean Practices in SMEs towards Improvement in Production Performance: A Research. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2S3), 959–965. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1180.0782S319>
- Biswas, T., & Baral, R. N. (2021). A Review on Production Planning and Control. *International Journal of Multidisciplinary Innovative Research*, 1(1), 70–78. <https://www.ciiir.in>

- Carnerud, D., Jaca, C., & Bäckström, I. (2018). Kaizen and continuous improvement – trends and patterns over 30 years. *The TQM Journal*, 30(4), 371–390. <https://doi.org/10.1108/TQM-03-2018-0037>
- Chen, C., Lee Kong, T., & Kan, W. (2023). Identifying the promising production planning and scheduling method for manufacturing in Industry 4.0: a literature review. *Production and Manufacturing Research*, 11(1), 1–24. <https://doi.org/10.1080/21693277.2023.2279329>
- Chen, Y., & Li, K. W. (2008). *A Comparative Study on Multicriteria ABC Analysis in Inventory Management*. 280–285.
- Cheraghalikhani, A., Khoshalhan, F., & Mokhtari, H. (2019). Aggregate production planning: A literature review and future research directions. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 10(2), 309–330. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2018.6.002>
- 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>
- Choomlucksana, J., Ongsaranakorn, M., & Suksabai, P. (2015). Improving the Productivity of Sheet Metal Stamping Subassembly Area Using the Application of Lean Manufacturing Principles. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 102–107. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.090>
- 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.
- Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J., & Vieira, S. R. (2009). Investigação-acção : metodologia preferencial nas práticas educativas. In *Revista Psicologia, Educação e Cultura: Vol. XIII* (Issue 2, pp. 445–479).
- Czifra, G., Szabó, P., Míkva, M., & Vaňová, J. (2019). Lean Principles Application in the Automotive Industry. *Acta Polytechnica Hungarica*, 16(5), 43–62. <https://doi.org/10.12700/APH.16.5.2019.5.3>
- Dhoka, D., & Choudary, Y. L. (2013). ABC Classification for Inventory Optimization. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 15(1), 38–41.
- Díaz-Madroño, M., Mula, J., & Peidro, D. (2014). A review of discrete-time optimization models for tactical production planning. *International Journal of Production Research*, 52(17), 5171–5205. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.899721>



- Dillinger, F., Bernhard, O., & Reinhart, G. (2022). Competence Requirements in Manufacturing Companies in the Context of Lean 4.0. *Procedia CIRP*, 106(March), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.155>
- Dudbridge, M. (2011). *Handbook of Lean Manufacturing in the Food Industry*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444393125>
- Fazinga, W., Saffaro, F., Isatto, E., & Lantelme, E. (2019). Implementation of standard work in the construction industry | Implementación del trabajo estandarizado en la industria de la construcción. *Revista Ingenieria de Construccion*, 34(3), 288–298.
- Fernandes, M., Correia, D., & Teixeira, L. (2024). Lean maintenance practices in the improvement of information management processes: a study in the Facility Management division. *Procedia Computer Science*, 232(2023), 2269–2278. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.046>
- Gibertoni, D., Araújo Filho, T. de, & Menegon, N. L. (2016). The contribution of action research in the construction of scientific knowledge in Brazilian Production Engineering. *Production*, 26(2), 373–384. <https://doi.org/10.1590/0103-6513.115113>
- Gotthardt, S., Hulla, M., Eder, M., Karre, H., & Ramsauer, C. (2019). Digitalized milk-run system for a learning factory assembly line. *Procedia Manufacturing*, 31, 175–179. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.03.028>
- Grupo Vigent. (2024). *Grupo Vigent pelo mundo: localizações a nível mundial*. Estatística Do Grupo.
- Halim, N., 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>
- Hicks, B. J. (2007). Lean information management: Understanding and eliminating waste. *International Journal of Information Management*, 27(4), 233–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2006.12.001>
- Hines, P., Found, P., Griffiths, G., & Harrison, R. (2008). Staying Lean - Thriving, not just surviving. In *Staying Lean*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b10492>
- Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>
- Isniah, S., Hardi Purba, H., & Debora, F. (2020). Plan do check action (PDCA) method: literature review and research issues. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 4(1), 72–81. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v4i1.2186>

- Jeon, S. M., & Kim, G. (2016). A survey of simulation modeling techniques in production planning and control (PPC). *Production Planning & Control*, 27(5), 360–377. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1128010>
- Kasper, A., Land, M., Bertrand, W., & Wijngaard, J. (2024). Designing production planning and control in smart manufacturing. *Computers in Industry*, 159–160(October 2023), 104104. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2024.104104>
- Kehr, T. W., & Proctor, M. D. (2017). People Pillars: Re-structuring the Toyota Production System (TPS) House Based on Inadequacies Revealed During the Automotive Recall Crisis. *Quality and Reliability Engineering International*, 33(4), 921–930. <https://doi.org/10.1002/qre.2059>
- Keser, H., & Semerci, A. (2019). Technology trends, Education 4.0 and beyond. *Contemporary Educational Researches Journal*, 9(3), 39–49. <https://doi.org/10.18844/cerj.v9i3.4269>
- Komkowski, T., Antony, J., Garza-Reyes, J. A., Tortorella, G. L., & Pongboonchai-Empl, T. (2023). The integration of Industry 4.0 and Lean Management: a systematic review and constituting elements perspective. *Total Quality Management & Business Excellence*, 34(7–8), 1052–1069. <https://doi.org/10.1080/14783363.2022.2141107>
- 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(January), 886–891. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.310>
- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1), 012099. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- Liu, J. C., & Wu, Y. (2014). Application of ABC Analysis in Inventory Management. *Advanced Materials Research*, 1030–1032, 2515–2518. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1030-1032.2515>
- Maestrini, V., Luzzini, D., Shani, A. B., & Canterino, F. (2016). The action research cycle reloaded: Conducting action research across buyer-supplier relationships. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 22(4), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2016.06.002>
- Mahmood, K., Otto, T., & Chakraborty, A. (2023). Layout planning and analysis of a Flexible Manufacturing System based on 3D Simulation and Virtual Reality. *Procedia CIRP*, 120, 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.08.036>
- McLoughlin, C., & Miura, T. (2017). True Kaizen. In W. Homel (Ed.), *True Kaizen*:

- Management's Role in Improving Work Climate and Culture*. Productivity Press.  
<https://doi.org/10.1201/9781315180373>
- Meier, S., Klarmann, S., Thielen, N., Pfefferer, C., Kuhn, M., & Franke, J. (2023). A process model for systematically setting up the data basis for data-driven projects in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 71(September), 1–19.  
<https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.08.024>
- Melton, T. (2005). The Benefits of Lean Manufacturing. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Metalogalva. (2024). *Caracterização da empresa e unidades do grupo Metalogalva*. ADN Da Metalogalva.
- Mor, R. S., Bhardwaj, A., Singh, S., & Sachdeva, A. (2019). Productivity gains through standardization-of-work in a manufacturing company. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(6), 899–919. <https://doi.org/10.1108/JMTM-07-2017-0151>
- Musso, M. (2024). *Como fazer a Curva ABC para gestão de estoque?*  
<https://traction.com/blog/como-utilizar-a-curva-abc-para-uma-gestao-de-estoque-eficiente>; Data de acesso : 2024-07-09
- Naciri, L., Mouhib, Z., Gallab, M., Nali, M., Abbou, R., & Kebe, A. (2022). Lean and industry 4.0: A leading harmony. *Procedia Computer Science*, 200(2021), 394–406.  
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.238>
- Nallusamy, S., Balaji, R., & Sundar, S. (2017). Proposed Model for Inventory Review Policy through ABC Analysis in an Automotive Manufacturing Industry. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 165–174.  
<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.165>
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>
- Noori, S., Feylizadeh, M. R., Bagherpour, M., Zorriassatine, F., & Parkin, R. M. (2008). Optimization of material requirement planning by fuzzy multi-objective linear programming. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 222(7), 887–900.  
<https://doi.org/10.1243/09544054JEM1014>
- Olhager, J. (2013). Evolution of operations planning and control: from production to supply chains. *International Journal of Production Research*, 51(23–24), 6836–6843.

- <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.761363>
- Oliveira, B., Alves, A. C., Carneiro, P., & Ferreira, A. C. (2018). Lean production and ergonomics: a synergy to improve productivity and working conditions. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*, 2(2), 1–11. [https://doi.org/10.24840/2184-0954\\_002.002\\_0001](https://doi.org/10.24840/2184-0954_002.002_0001)
- Pawlak, S. (2024). The Impact of Selected Lean Manufacturing Tools on the Level of Delays in the Production Process. A Case Study. *Management Systems in Production Engineering*, 32(1), 103–107. <https://doi.org/10.2478/mspe-2024-0011>
- Pinto, J. L. Q., Matias, J. C. O., Pimentel, C., Azevedo, S. G., & Govindan, K. (2018). Just in Time Factory. In *Springer* (1st ed.). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77016-1>
- 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.
- Poppendieck, M. (2011). Principles of lean thinking. In *IT Management Select* (Issue July). <http://world-scholarships.com/books/Books> at [LMDA/Lean Manufacturing/Poppendieck, Mary - Principles of Lean Thinking \(2002, 7p\).pdf](https://www.lmda.com.br/Lean-Manufacturing/Poppendieck,%20Mary%20-%20Principles%20of%20Lean%20Thinking%20(2002,%207p).pdf)
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>
- 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>
- Sangani, R., & Kottur, V. K. N. (2019). Enhancement in Productivity by Integration of 5S Methodology and Time and Motion Study. In *Lecture Notes in Mechanical Engineering* (pp. 541–550). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-2490-1\\_50](https://doi.org/10.1007/978-981-13-2490-1_50)
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2019). *Research Methods for Business Students* (M. N. . Saunders (ed.); 8th Editio). Pearson Education.
- Seth, D., Seth, N., & Dhariwal, P. (2017). Application of value stream mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: a case study. *Production Planning and Control*, 28(5), 398–419. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1300352>

- Singh, S., & Kumar, K. (2021). A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1153–1162. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.04.019>
- Stevenson, M., Hendry, L. C., & Kingsman, B. G. (2005). A review of production planning and control: The applicability of key concepts to the make-to-order industry. In *International Journal of Production Research* (Vol. 43, Issue 5, pp. 869–898). <https://doi.org/10.1080/0020754042000298520>
- Trstenjak, M., & Cosic, P. (2017). Process Planning in Industry 4.0 Environment. *Procedia Manufacturing*, 11(June), 1744–1750. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.303>
- Uluskan, M. (2019). Analysis of Lean Six Sigma tools from a multidimensional perspective. *Total Quality Management and Business Excellence*, 30(9–10), 1167–1188. <https://doi.org/10.1080/14783363.2017.1360134>
- Walliman, N. (2001). *Your Research Project A step-by-step guide for the first-time researcher*. SAGE Publications. [file:///C:/Users/henri/Downloads/Your\\_research\\_project\\_a\\_step\\_by\\_step\\_gui.pdf](file:///C:/Users/henri/Downloads/Your_research_project_a_step_by_step_gui.pdf)
- 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>
- Womack, J., & Jones, D. (1996). Lean Thinking. In *Banish Wate and Creat Wealth in your corporation* (2003 Edition). Free Press.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (1990). *The machine that changed the world*. Macmilian.
- Wong, K. C., Woo, K. Z., & Woo, K. H. (2016). Ishikawa Diagram. In *Quality Improvement in Behavioral Health* (Issue August, pp. 119–132). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26209-3\\_9](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26209-3_9)

## Apêndices

### Apêndice 1 – Análise da produção de tubo TB SQ120 e TB D127

| Tubo Quadrado TB SQ120 |                    |                   |                                 |                                     |
|------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Data                   | Quantidade de tubo | Horas trabalhadas | Tubos TB SQ120 produzidos /hora | Taxa de ocupação da célula TB SQ120 |
| 26/12/2023             | 504                | 16                | 32                              | 100%                                |
| 27/12/2023             | 487                | 16                | 30                              | 100%                                |
| 28/12/2023             | 576                | 16                | 36                              | 100%                                |
| 29/12/2023             | 372                | 16                | 23                              | 100%                                |
| 02/01/2024             | 400                | 16                | 25                              | 100%                                |
| 03/01/2024             | 400                | 16                | 25                              | 100%                                |
| 04/01/2024             | 485                | 16                | 30                              | 100%                                |
| 05/01/2024             | 403                | 16                | 25                              | 100%                                |
| 08/01/2024             | 591                | 16                | 37                              | 100%                                |
| 09/01/2024             | 506                | 16                | 32                              | 100%                                |
| 10/01/2024             | 506                | 16                | 32                              | 100%                                |
| 11/01/2024             | 232                | 8                 | 29                              | 50%                                 |
| Produção média:        |                    |                   | 30                              |                                     |

| Tubo Redondo TB D127 |                    |                   |                                |                                    |
|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Data                 | Quantidade de tubo | Horas trabalhadas | Tubos TB D127 produzidos /hora | Taxa de ocupação da célula TB D127 |
| 26/12/2023           | 612                | 9                 | 68                             | 60.00%                             |
| 27/12/2023           | 440                | 6.72              | 65                             | 44.80%                             |
| 28/12/2023           | 202                | 3.3               | 61                             | 22.00%                             |
| 29/12/2023           | 1040               | 15                | 69                             | 100.00%                            |
| 02/01/2024           | 1007               | 15                | 67                             | 100.00%                            |
| 03/01/2024           | 973                | 14                | 70                             | 93.33%                             |
| 04/01/2024           | 1040               | 15                | 69                             | 100.00%                            |
| 05/01/2024           | 950                | 14                | 68                             | 93.33%                             |
| 08/01/2024           | 140                | 2.1               | 67                             | 14.00%                             |
| 09/01/2024           | 416                | 5.94              | 70                             | 39.60%                             |
| 10/01/2024           | 420                | 6                 | 70                             | 40.00%                             |
| 11/01/2024           | 524                | 8.37              | 63                             | 55.80%                             |
| Produção média:      |                    |                   | 67                             |                                    |

## Apêndice 2 – Cartões de identificação de resíduos implementados

☒ IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO:

**PAPEL E  
CARTÃO**

☒ INFORMAÇÃO AMBIENTAL:

DESIGNAÇÃO: EMBALAGENS DE PAPEL E CARTÃO

CÓDIGO LER: 15 01 01

OPERAÇÃO DE RECICLAGEM / ELIMINAÇÃO: R12

GESTOR DO RESÍDUO: RDUZ, LDA

INFORMAÇÕES PARA O TRANSPORTE RODOVIÁRIO:

NÃO CLASSIFICADO COMO PERIGOSO PARA TRANSPORTE

☒ INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA:

IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS:

MATERIAL COMBUSTÍVEL

MEDIDAS DE PROTEÇÃO:



PRECAUÇÕES:

USAR O EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL

PROIBIDO FUMAR E FOGUEAR



EM CASO DE DÚVIDA CONTACTAR O DEPARTAMENTO DE AMBIENTE E SEGURANÇA

**PAPER AND CARDBOARD PACKAGING**

**ਪੇਪਰ ਅਤੇ ਕਾਰਡਬੋਰਡ ਪੈਕਜਿੰਗ**

☒ IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO:

# ABSORVENTES CONTAMINADOS

☒ INFORMAÇÃO AMBIENTAL:

DESIGNAÇÃO: ABSORVENTES CONTAMINADOS POR SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS

CÓDIGO LER: 15 02 02 (\*) OPERAÇÃO DE RECICLAGEM / ELIMINAÇÃO: D15

GESTOR DO RESÍDUO: RDUZ, LDA

INFORMAÇÕES PARA O TRANSPORTE RODOVIÁRIO:

UN 3077, RESÍDUO, MATÉRIA PERIGOSA DO  
PONTO DE VISTA DO AMBIENTE, SÓLIDA, NSA, 9, III (E)☒ INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA:

IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS:

PERIGOSO PARA O AMBIENTE

MEDIDAS DE PROTEÇÃO:



PRECAUÇÕES:

EVITAR A LIBERTAÇÃO PARA O AMBIENTE

RECOLHER O PRODUTO DERRAMADO

ELIMINAR O CONTEÚDO/RECIPIENTE EM CONFORMIDADE COM OS REGULAMENTOS NACIONAIS  
EM CASO DE DÚVIDA CONTACTAR O DEPARTAMENTO DE AMBIENTE E SEGURANÇA

## CONTAMINATED ABSORVENTS

## ਸੋਖਕ ਦੁਸ਼ਿਤ



☒ **IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO:**



☒ **INFORMAÇÃO AMBIENTAL:**

DESIGNAÇÃO: EMBALAGENS SOB PRESSÃO (DE AEROSSÓIS)

CÓDIGO LER: 15 01 11 (\*)

OPERAÇÃO DE RECICLAGEM / ELIMINAÇÃO: D15

GESTOR DO RESÍDUO: RDUZ, LDA

INFORMAÇÕES PARA O TRANSPORTE RODOVIÁRIO:

UN 3077, RESÍDUO, MATÉRIA PERIGOSA DO

PONTO DE VISTA DO AMBIENTE, SÓLIDA, NSA, 9, III (E)



☒ **INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA:**

IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS:

PERIGOSO PARA O AMBIENTE  
NOCIVO

MEDIDAS DE PROTEÇÃO:



PRECAUÇÕES:

COLOQUE APENAS O RESÍDUO EM QUESTÃO (LATAS DE SPRAY)

AS EMBALAGENS TÊM QUE ESTAR COMPLETAMENTE VAZIAS.

NÃO PODE EXCEDER O REBORDO DO EQUIPAMENTO

EM CASO DE DÚVIDA CONTACTAR O DEPARTAMENTO DE AMBIENTE E SEGURANÇA



☒ IDENTIFICAÇÃO DO RESÍDUO:

# PLÁSTICO

☒ INFORMAÇÃO AMBIENTAL:

DESIGNAÇÃO: EMBALAGENS DE PLÁSTICO / FILME DE PLÁSTICO

CÓDIGO LER: 15 01 02

OPERAÇÃO DE RECICLAGEM / ELIMINAÇÃO: R12

GESTOR DO RESÍDUO: RDUZ, LDA

INFORMAÇÕES PARA O TRANSPORTE RODOVIÁRIO:

NÃO CLASSIFICADO COMO PERIGOSO PARA TRANSPORTE

☒ INFORMAÇÃO DE SEGURANÇA:

IDENTIFICAÇÃO DOS PERIGOS:

MATERIAL COMBUSTÍVEL

MEDIDAS DE PROTEÇÃO:



PRECAUÇÕES:

USAR O EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL



PROIBIDO FUMAR E FOGUEAR

EM CASO DE DÚVIDA CONTACTAR O DEPARTAMENTO DE AMBIENTE E SEGURANÇA

## PLASTIC PACKAGING / FILM

## ਪਲਾਸਟਿਕ ਪੈਕੇਜਿੰਗ / ਫਿਲਮ

## Absorventes, Materiais Filtrantes, Panos e EPI's Contaminados

*Absorbents, Filtering Materials, Cloths and Contaminated PPE*

ਸੋਖਕ, ਫਿਲਟਰਿੰਗ ਸਮੱਗਰੀ, ਕੱਪੜੇ ਅਤੇ ਦੂਸ਼ਿਤ ਪੀ.ਪੀ.ਈ.  
अवशोषक, फ़िल्टरिंग सामग्री, कपड़े और दूषित पीपीई

### Colocar:

Absorventes;  
Cartão com óleo;  
Panos e EPI's.

### To place:

Absorbents;  
Card with oil;  
Cloths and PPE.

### ਸਥਾਨ ਨੂੰ:

ਸੋਖਕ;  
ਤੇਲ ਨਾਲ ਕਾਰਡ;  
ਕੱਪੜੇ ਅਤੇ ਪੀ.ਪੀ.ਈ.

### स्थान के लिए:

शोषक;  
तेल के साथ कार्ड;  
कपड़े और पीपीई



## Embalagens de Papel e de Cartão

*Paper and Cardboard Packaging*

ਕਾਰਜ ਅਤੇ ਗੱਤੇ ਦੀ ਪੈਕਿੰਗ

कागज और कार्डबोर्ड पैकेजिंग

### Colocar:

Caixas de cartão;  
Embalagens de papel vazias;  
Todo o tipo de papel e cartão.

### To place:

Card boxes  
Empty paper packaging  
All types of paper and cardboard

### ਸਥਾਨ ਨੂੰ:

ਕਾਰਡ ਬਕਸੇ  
ਖਾਲੀ ਕਾਰਜ ਪੈਕੇਜਿੰਗ  
ਕਾਰਜ ਅਤੇ ਗੱਤੇ ਦੇ ਸਾਰੇ ਕਿਸਮ

### स्थान के लिए:

कार्ड बक्से  
खाली कागज की पैकेजिंग  
सभी प्रकार के कागज और कार्डबोर्ड



### Plástico Filme Misto (PE)

*Plastic Mixed Film (PE)*

ਪਲਾਸਟਿਕ ਮਿਕਸਡ ਫਿਲਮ (PE)

प्लास्टिक मिश्रित फिल्म (पीई)

#### Colocar:

Embalagens de plástico;  
Todo o tipo de plástico;  
Cintas.

#### To place:

Plastic packaging;  
All kinds of plastic;  
Straps.

#### ਸਥਾਨ ਨੂੰ:

ਪਲਾਸਟਿਕ ਪੈਕੇਜਿੰਗ;  
ਪਲਾਸਟਿਕ ਦੇ ਸਾਥੇ ਬਿਸਮ;  
ਪੈਟੀਆਂ।

#### स्थान के लिए:

प्लास्टिक की पैकेजिंग;  
सभी प्रकार के प्लास्टिक;  
पट्टियाँ





## Embalagens de Metal Sob Pressão

*Pressure Metal Packaging*

ਪ੍ਰੈਸ਼ਰ ਮੈਟਲ ਪੈਕੇਜਿੰਗ

ਦਬਾਵ ਧਾਤੂ ਪੈਕੇਜਿੰਗ

### Colocar:

Embalagens Sob Pressão;

Latas de Spray;

Aerossóis;

### To place:

Pressure Packaging;

Spray Cans;

Aerosols;

### ਸਥਾਨ ਨੂੰ:

ਦਬਾਅ ਪੈਕੇਜਿੰਗ;

ਸਪਰੇਅ ਕੈਨ;

ਐਰੋਸੋਲ;

### स्थान के लिए:

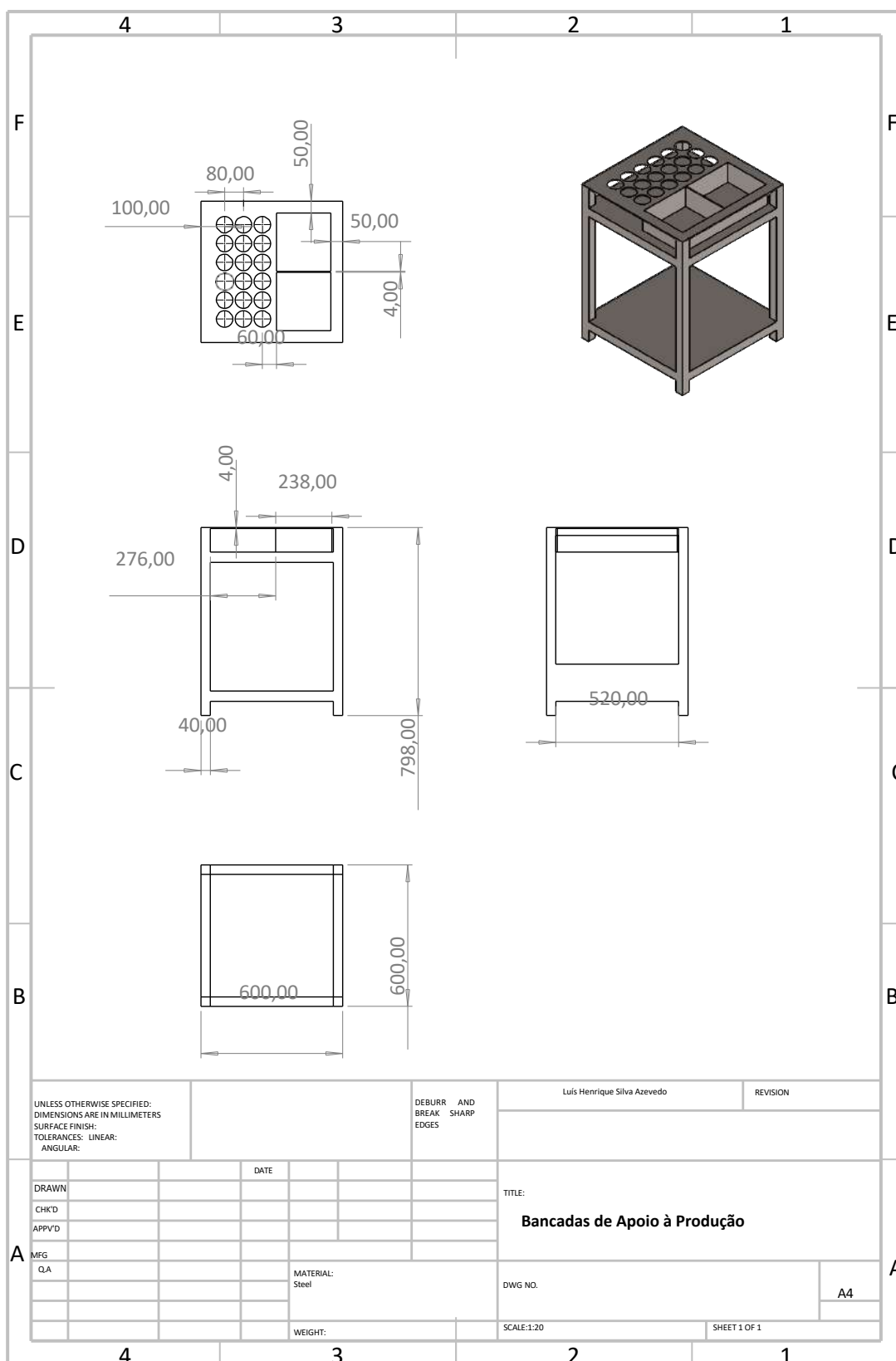
ਦਬਾਵ ਪੈਕੇਜਿੰਗ;

ਸਪ੍ਰੇ ਕੈਨ;

ਏਰੋਸੋਲ;



### Apêndice 3 - Desenho técnico da bancada de apoio ao embalamento



#### Apêndice 4 - Simulação dos potenciais ganhos com a reformulação do *layout*

| Simulação da produção de tubo quadrado TB SQ120 |                                 |                       |                                          |                               |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| Horas trabalhadas                               | Tubos TB SQ120 produzidos /hora | Quantidade Expectável | Diferença produção entre real e simulado | Potencial aumento da produção |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 24                                       | 4,55%                         |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 41                                       | 7,77%                         |
| 16                                              | 33                              | 528                   | -48                                      | -9,09%                        |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 156                                      | 29,55%                        |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 128                                      | 24,24%                        |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 128                                      | 24,24%                        |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 43                                       | 8,14%                         |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 125                                      | 23,67%                        |
| 16                                              | 33                              | 528                   | -63                                      | -11,93%                       |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 22                                       | 4,17%                         |
| 16                                              | 33                              | 528                   | 22                                       | 4,17%                         |
| 8                                               | 33                              | 264                   | 32                                       | 12,12%                        |
| Ganho:                                          |                                 |                       |                                          | 10,13%                        |

| Simulação da produção de tubo redondo TB D127 |                                |                       |                                          |                               |
|-----------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| Horas trabalhadas                             | Tubos TB D127 produzidos /hora | Quantidade Expectável | Diferença produção entre real e simulado | Potencial aumento da produção |
| 9.0                                           | 72                             | 648                   | 36                                       | 5,56%                         |
| 6.7                                           | 72                             | 484                   | 44                                       | 9,06%                         |
| 3.3                                           | 72                             | 238                   | 36                                       | 14,98%                        |
| 15.0                                          | 72                             | 1080                  | 40                                       | 3,70%                         |
| 15.0                                          | 72                             | 1080                  | 73                                       | 6,76%                         |
| 14.0                                          | 72                             | 1008                  | 35                                       | 3,47%                         |
| 15.0                                          | 72                             | 1080                  | 40                                       | 3,70%                         |
| 14.0                                          | 72                             | 1008                  | 58                                       | 5,75%                         |
| 2.1                                           | 72                             | 151                   | 11                                       | 7,41%                         |
| 5.9                                           | 72                             | 428                   | 12                                       | 2,73%                         |
| 6.0                                           | 72                             | 432                   | 12                                       | 2,78%                         |
| 8.4                                           | 72                             | 603                   | 79                                       | 13,05%                        |
| Ganho:                                        |                                |                       |                                          | 6,58%                         |

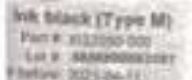
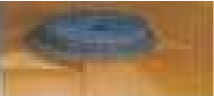


## Apêndice 5 - Estatísticas diárias da gestão de inventário para estruturas de expedição

| Componente           | Rodas | Base S/ Rodas | Base C/Rodas | Travamento | Cantoneiras | Calhas MTGS | Porcas M20 | Anilhas M20 | Varão Roscado | Porcas M12 |     | Parafusos M12 |     | Anilhas M12 |     | Nº peças de união<br>20 | Nº de peças de união<br>16 |
|----------------------|-------|---------------|--------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|---------------|------------|-----|---------------|-----|-------------|-----|-------------------------|----------------------------|
| Por Contendor        | 4     | 2             | 2            | 8          | 8           | 8           | 8          | 4           | 2             | 72         |     | 72            |     | 72          |     |                         |                            |
| Dias Restantes       | 11,3  | 10,3          | 17,0         | 29,9       | 17,4        | 25,5        | 223,3      | 105,6       | 6,9           | 16,3       |     | 23,5          |     | 20,3        |     |                         |                            |
| stock mínimo         | 7     | 7             | 7            | 7          | 7           | 7           | 10         | 10          | 10            | 10         |     | 10            |     | 10          |     |                         |                            |
| Componentes          | 3008  | 1565          | 1674         | 13263      | 6742        | 12730       | 24000      | 17336       | 1371          | 59256      |     | 66967         |     | 63500       |     | Estruturas Com rodas    | Estruturas Sem rodas       |
| stock MTG6           | 680   | 310           | 510          | 3587       | 2086        | 3054        | 26791      | 6336        | 207           | 17593      |     | 25411         |     | 21896       |     |                         |                            |
| Contentores em stock | 752   | 783           | 837          | 1658       | 843         | 1591        | 3000       | 4334        | 686           | 823        |     | 930           |     | 882         |     |                         |                            |
| 23/10/2023           | 734   | 765           | 819          | 1622       | 825         | 1555        | 2982       | 4316        | 668           | 805        | 805 | 912           | 912 | 864         | 864 | 36                      | 36                         |
| 24/10/2023           | 717   | 745           | 802          | 1584       | 807         | 1518        | 2965       | 4299        | 650           | 788        | 785 | 895           | 892 | 846         | 844 | 35                      | 40                         |
| 25/10/2023           | 703   | 730           | 788          | 1556       | 794         | 1490        | 2951       | 4285        | 637           | 774        | 773 | 881           | 880 | 833         | 832 | 27                      | 29                         |
| 26/10/2023           | 690   | 715           | 775          | 1528       | 780         | 1461        | 2938       | 4272        | 623           | 761        | 759 | 868           | 866 | 819         | 818 | 27                      | 30                         |
| 27/10/2023           | 672   | 703           | 757          | 1498       | 763         | 1431        | 2920       | 4254        | 606           | 743        | 748 | 850           | 855 | 802         | 807 | 35                      | 25                         |
| 30/10/2023           | 656   | 691           | 741          | 1469       | 746         | 1403        | 2904       | 4238        | 589           | 727        | 731 | 834           | 838 | 785         | 790 | 33                      | 24                         |
| 31/10/2023           | 642   | 676           | 727          | 1441       | 733         | 1375        | 2890       | 4224        | 576           | 713        | 712 | 820           | 819 | 772         | 771 | 27                      | 29                         |
| 02/11/2023           | 627   | 658           | 712          | 1408       | 718         | 1341        | 2875       | 4209        | 561           | 698        | 695 | 805           | 802 | 757         | 753 | 30                      | 37                         |
| 03/11/2023           | 612   | 643           | 697          | 1378       | 703         | 1311        | 2860       | 4194        | 546           | 683        | 683 | 790           | 790 | 742         | 742 | 30                      | 30                         |
| 04/11/2023           | 600   | 630           | 685          | 1353       | 690         | 1286        | 2848       | 4182        | 533           | 671        | 671 | 778           | 778 | 729         | 729 | 25                      | 25                         |
| 06/11/2023           | 583   | 610           | 668          | 1316       | 674         | 1250        | 2831       | 4165        | 517           | 654        | 651 | 761           | 758 | 713         | 709 | 33                      | 40                         |
| 07/11/2023           | 566   | 593           | 651          | 1281       | 656         | 1215        | 2814       | 4148        | 499           | 637        | 637 | 744           | 744 | 695         | 695 | 35                      | 35                         |
| 08/11/2023           | 549   | 576           | 634          | 1248       | 640         | 1181        | 2797       | 4131        | 483           | 620        | 620 | 727           | 727 | 679         | 678 | 33                      | 34                         |
| 09/11/2023           | 536   | 563           | 621          | 1221       | 626         | 1155        | 2784       | 4118        | 469           | 607        | 607 | 714           | 714 | 665         | 666 | 27                      | 26                         |
| 10/11/2023           | 525   | 550           | 610          | 1198       | 616         | 1131        | 2773       | 4107        | 459           | 596        | 594 | 703           | 701 | 655         | 652 | 21                      | 26                         |
| 13/11/2023           | 513   | 536           | 598          | 1172       | 603         | 1105        | 2761       | 4095        | 446           | 584        | 583 | 691           | 690 | 642         | 641 | 25                      | 27                         |
| 14/11/2023           | 501   | 524           | 586          | 1148       | 592         | 1081        | 2749       | 4083        | 435           | 572        | 571 | 679           | 678 | 631         | 630 | 23                      | 25                         |
| 15/11/2023           | 490   | 509           | 575          | 1122       | 581         | 1055        | 2738       | 4072        | 424           | 561        | 557 | 668           | 664 | 620         | 616 | 22                      | 30                         |
| 16/11/2023           | 478   | 496           | 563          | 1097       | 568         | 1030        | 2726       | 4060        | 411           | 549        | 549 | 656           | 656 | 607         | 607 | 25                      | 25                         |
| 17/11/2023           | 465   | 484           | 550          | 1072       | 556         | 1005        | 2713       | 4047        | 399           | 536        | 536 | 643           | 643 | 595         | 595 | 25                      | 25                         |
| 20/11/2023           | 453   | 471           | 538          | 1046       | 543         | 980         | 2701       | 4035        | 386           | 524        | 523 | 631           | 630 | 582         | 582 | 25                      | 26                         |
| 21/11/2023           | 440   | 458           | 525          | 1021       | 531         | 955         | 2688       | 4022        | 374           | 511        | 511 | 618           | 618 | 570         | 570 | 25                      | 25                         |
| 22/11/2023           | 423   | 441           | 508          | 986        | 513         | 920         | 2671       | 4005        | 356           | 494        | 494 | 601           | 601 | 552         | 552 | 35                      | 35                         |
| 23/11/2023           | 400   | 418           | 485          | 941        | 491         | 875         | 2648       | 3982        | 334           | 471        | 471 | 578           | 578 | 530         | 530 | 45                      | 45                         |
| 24/11/2023           | 380   | 400           | 465          | 903        | 471         | 836         | 2628       | 3962        | 314           | 451        | 453 | 558           | 560 | 510         | 511 | 40                      | 37                         |
| 27/11/2023           | 377   | 377           | 462          | 877        | 468         | 811         | 2625       | 3959        | 311           | 448        | 429 | 555           | 536 | 507         | 487 | 6                       | 45                         |
| 28/11/2023           | 363   | 372           | 448          | 858        | 453         | 791         | 2611       | 3945        | 296           | 434        | 443 | 541           | 550 | 492         | 502 | 29                      | 10                         |
| 29/11/2023           | 359   | 350           | 444          | 832        | 450         | 765         | 2607       | 3941        | 293           | 430        | 411 | 537           | 518 | 489         | 470 | 7                       | 45                         |
| 30/11/2023           | 348   | 345           | 433          | 816        | 438         | 749         | 2596       | 3930        | 281           | 419        | 426 | 526           | 533 | 477         | 484 | 23                      | 9                          |
| 04/12/2023           | 335   | 335           | 420          | 793        | 426         | 727         | 2583       | 3917        | 269           | 406        | 409 | 513           | 516 | 465         | 467 | 25                      | 20                         |
| 05/12/2023           | 335   | 318           | 420          | 775        | 425         | 709         | 2583       | 3917        | 268           | 406        | 389 | 513           | 496 | 464         | 447 | 1                       | 35                         |
| 06/12/2023           | 326   | 317           | 411          | 766        | 417         | 700         | 2574       | 3908        | 260           | 397        | 405 | 504           | 512 | 456         | 464 | 17                      | 1                          |
| 07/12/2023           | 318   | 305           | 403          | 745        | 408         | 679         | 2566       | 3900        | 251           | 389        | 385 | 496           | 492 | 447         | 443 | 17                      | 25                         |
| 11/12/2023           | 310   | 296           | 395          | 729        | 401         | 662         | 2558       | 3892        | 244           | 381        | 380 | 488           | 487 | 440         | 438 | 15                      | 18                         |
| 12/12/2023           | 299   | 283           | 384          | 705        | 389         | 638         | 2547       | 3881        | 232           | 370        | 369 | 477           | 476 | 428         | 427 | 23                      | 25                         |
| 13/12/2023           | 288   | 272           | 373          | 683        | 379         | 617         | 2536       | 3870        | 222           | 359        | 359 | 466           | 466 | 418         | 417 | 21                      | 22                         |
| 14/12/2023           | 274   | 260           | 359          | 657        | 365         | 590         | 2522       | 3856        | 208           | 345        | 347 | 452           | 454 | 404         | 405 | 28                      | 25                         |
| 15/12/2023           | 260   | 247           | 345          | 630        | 351         | 563         | 2508       | 3842        | 194           | 331        | 332 | 438           | 439 | 390         | 391 | 28                      | 26                         |
| 18/12/2023           | 250   | 234           | 335          | 607        | 341         | 541         | 2498       | 3832        | 184           | 321        | 319 | 428           | 426 | 380         | 377 | 20                      | 25                         |
| 19/12/2023           | 238   | 222           | 323          | 582        | 328         | 516         | 2486       | 3820        | 171           | 309        | 309 | 416           | 416 | 367         | 367 | 25                      | 25                         |
| 20/12/2023           | 225   | 207           | 310          | 555        | 316         | 488         | 2473       | 3807        | 159           | 296        | 294 | 403           | 401 | 355         | 352 | 25                      | 30                         |
| 21/12/2023           | 215   | 197           | 300          | 535        | 306         | 468         | 2463       | 3797        | 149           | 286        | 286 | 393           | 393 | 345         | 345 | 20                      | 20                         |
| 22/12/2023           | 202   | 186           | 287          | 510        | 292         | 444         | 2450       | 3784        | 135           | 273        | 275 | 380           | 382 | 331         | 334 | 27                      | 22                         |
| 26/12/2023           | 195   | 176           | 280          | 494        | 286         | 427         | 2443       | 3777        | 129           | 266        | 263 | 373           | 370 | 325         | 321 | 13                      | 20                         |
| 27/12/2023           | 190   | 171           | 275          | 484        | 281         | 417         | 2438       | 3772        | 124           | 261        | 261 | 368           | 368 | 320         | 320 | 10                      | 10                         |
| 28/12/2023           | 185   | 170           | 270          | 478        | 276         | 412         | 2433       | 3767        | 119           | 256        | 261 | 363           | 368 | 315         | 319 | 10                      | 1                          |

## Apêndice 6 - Folha de controlo de inventário dos consumíveis no armazém

Data:

|                                                                                                                      |              |                   |                                                                                                                        |              |                   |                                                                                                                    |              |                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|
| <b>Hevilhas P/ cinta de Tec</b><br> | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Hevilhas P/ cinta de Plás</b><br> | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Quimico Etq. Pequena</b><br> | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> |
|                                                                                                                      | Manhã        |                   |                                                                                                                        | Manhã        |                   |                                                                                                                    | Manhã        |                   |
|                                                                                                                      | Tarde        |                   |                                                                                                                        | Tarde        |                   |                                                                                                                    | Tarde        |                   |
|                                                                                                                      | Noite        |                   |                                                                                                                        | Noite        |                   |                                                                                                                    | Noite        |                   |
| <b>Brocas Diam. 14.9mm</b><br>      | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Brocas Diam. 16.9mm</b><br>       | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Etiqueta grande</b><br>      | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> |
|                                                                                                                      | Manhã        |                   |                                                                                                                        | Manhã        |                   |                                                                                                                    | Manhã        |                   |
|                                                                                                                      | Tarde        |                   |                                                                                                                        | Tarde        |                   |                                                                                                                    | Tarde        |                   |
|                                                                                                                      | Noite        |                   |                                                                                                                        | Noite        |                   |                                                                                                                    | Noite        |                   |
| <b>Solvente</b><br>                 | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Solvente Domino</b><br>           | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Etiqueta pequena</b><br>     | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> |
|                                                                                                                      | Manhã        |                   |                                                                                                                        | Manhã        |                   |                                                                                                                    | Manhã        |                   |
|                                                                                                                      | Tarde        |                   |                                                                                                                        | Tarde        |                   |                                                                                                                    | Tarde        |                   |
|                                                                                                                      | Noite        |                   |                                                                                                                        | Noite        |                   |                                                                                                                    | Noite        |                   |
| <b>Ink</b><br>                     | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Ink Domino</b><br>               | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Quimico Etq. Grande</b><br> | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> |
|                                                                                                                      | Manhã        |                   |                                                                                                                        | Manhã        |                   |                                                                                                                    | Manhã        |                   |
|                                                                                                                      | Tarde        |                   |                                                                                                                        | Tarde        |                   |                                                                                                                    | Tarde        |                   |
|                                                                                                                      | Noite        |                   |                                                                                                                        | Noite        |                   |                                                                                                                    | Noite        |                   |
| <b>Pedra Afilar brocas</b><br>    | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Laminas Escareadoras</b><br>    | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> | <b>Punho Escareador</b><br>   | <b>Turno</b> | <b>Quantidade</b> |
|                                                                                                                      | Manhã        |                   |                                                                                                                        | Manhã        |                   |                                                                                                                    | Manhã        |                   |
|                                                                                                                      | Tarde        |                   |                                                                                                                        | Tarde        |                   |                                                                                                                    | Tarde        |                   |
|                                                                                                                      | Noite        |                   |                                                                                                                        | Noite        |                   |                                                                                                                    | Noite        |                   |

| Liq Limpeza Domino                                                                | Turno | Quantidade |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                   | Tarde |            |
|                                                                                   | Noite |            |

| Liq Limpeza                                                                        | Turno | Quantidade |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                    | Tarde |            |
|                                                                                    | Noite |            |

| Spray Zinco                                                                         | Turno | Quantidade |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                     | Tarde |            |
|                                                                                     | Noite |            |

| Spray Preto                                                                       | Turno | Quantidade |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                   | Tarde |            |
|                                                                                   | Noite |            |

| Spray Rosa                                                                        | Turno | Quantidade |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                   | Tarde |            |
|                                                                                   | Noite |            |

| Spray Azul                                                                          | Turno | Quantidade |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                     | Tarde |            |
|                                                                                     | Noite |            |

| Spray Vermelho                                                                    | Turno | Quantidade |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                   | Tarde |            |
|                                                                                   | Noite |            |

| Spray Amarelo                                                                     | Turno | Quantidade |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                   | Tarde |            |
|                                                                                   | Noite |            |

| Spray Laranja                                                                       | Turno | Quantidade |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                     | Tarde |            |
|                                                                                     | Noite |            |

| Spray Lilas                                                                       | Turno | Quantidade |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                   | Tarde |            |
|                                                                                   | Noite |            |

| Spray Verde                                                                       | Turno | Quantidade |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------|------------|
|  | Manhã |            |
|                                                                                   | Tarde |            |
|                                                                                   | Noite |            |

## Apêndice 7- Cálculos auxiliares das MM e do EQM

| semana | alocações | Nº de Semanas | MM (2 semanas) | MM (3 semanas) | MM (4 semanas) | MM (5 semanas) | MM (6 semanas) | MM (7 semanas) | MM (8 semanas) | MM (9 semanas) | MM (10 semanas) |
|--------|-----------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
|        |           |               | 2              | 3              | 4              | 5              | 6              | 7              | 8              | 9              | 10              |
| W36    | 8 072     |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W37    | 12 833    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W38    | 13 188    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W39    | 3 604     |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W40    | 12 573    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W41    | 22 543    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W42    | 24 240    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W43    | 9 206     |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W44    | 13 646    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W45    | 15 230    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W46    | 26 321    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W47    | 6 702     |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W48    | 2 580     |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W49    | 23 472    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W50    | 13 135    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W51    | 14 817    |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W52    | 6 546     |               |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |
| W1     | 10 776    |               | 10682          | 11499          | 14493          | 12110          | 11209          | 13368          | 13600          | 13605          | 13166           |
| W2     | 7 355     |               | 8661           | 10713          | 11319          | 13749          | 11888          | 11147          | 13044          | 13287          | 13323           |
| W3     | 13 003    |               | 9066           | 8226           | 9874           | 10526          | 12684          | 11240          | 10673          | 12412          | 12693           |
| W4     | 18 854    |               | 10179          | 10378          | 9420           | 10499          | 10939          | 12729          | 11461          | 10932          | 12471           |
| W5     | 14 863    |               | 15929          | 13071          | 12497          | 11307          | 11892          | 12069          | 13495          | 12282          | 11724           |
| W6     | 14 971    |               | 16859          | 15573          | 13519          | 12970          | 11900          | 12316          | 12419          | 13647          | 12540           |
| W7     | 19 227    |               | 14917          | 16229          | 15423          | 13809          | 13304          | 12338          | 12648          | 12702          | 13779           |
| W8     | 7 040     |               | 17099          | 16354          | 16979          | 16184          | 14712          | 14150          | 13199          | 13379          | 13355           |
| W9     | 3 722     |               | 13134          | 13746          | 14025          | 14991          | 14660          | 13616          | 13261          | 12515          | 12745           |
| W10    | 3 006     |               | 5381           | 9996           | 11240          | 11965          | 13113          | 13097          | 12379          | 12201          | 11636           |
| W11    | 39        |               | 3364           | 4589           | 8249           | 9593           | 10472          | 11669          | 11836          | 11338          | 11282           |
| W12    | 3 925     |               | 1523           | 2256           | 3452           | 6607           | 8001           | 8981           | 10215          | 10525          | 10208           |
| W13    | 1 431     |               | 1982           | 2323           | 2673           | 3546           | 6160           | 7419           | 8349           | 9516           | 9865            |
| W14    | 1 303     |               | 2678           | 1798           | 2100           | 2425           | 3194           | 5484           | 6670           | 7580           | 8708            |
| W15    | 754       |               | 1367           | 2220           | 1675           | 1941           | 2238           | 2924           | 4962           | 6074           | 6953            |
| W16    | 9 611     |               | 1029           | 1163           | 1853           | 1490           | 1743           | 2026           | 2653           | 4494           | 5542            |
| W17    | 2 457     |               | 5183           | 3889           | 3275           | 3405           | 2844           | 2867           | 2974           | 3426           | 5006            |
| W18    | 2 113     |               | 6034           | 4274           | 3531           | 3111           | 3247           | 2789           | 2816           | 2916           | 3329            |
| W19    | 4 736     |               | 2285           | 4727           | 3734           | 3248           | 2945           | 3085           | 2704           | 2738           | 2836            |
| W20    | 4 898     |               | 3425           | 3102           | 4729           | 3934           | 3496           | 3201           | 3291           | 2930           | 2938            |
| W21    | 6 182     |               | 4817           | 3916           | 3551           | 4763           | 4095           | 3696           | 3413           | 3470           | 3127            |
| W22    | 5 422     |               | 5540           | 5272           | 4482           | 4077           | 5000           | 4393           | 4007           | 3721           | 3741            |
| W23    | 4 266     |               | 5802           | 5501           | 5310           | 4670           | 4301           | 5060           | 4522           | 4164           | 3891            |
| W24    | 2 872     |               | 4844           | 5290           | 5192           | 5101           | 4603           | 4296           | 4961           | 4493           | 4174            |
| W25    | 6 043     |               | 3569           | 4187           | 4686           | 4728           | 4729           | 4356           | 4118           | 4729           | 4331            |
| W26    | 10 369    |               | 4458           | 4394           | 4651           | 4957           | 4947           | 4917           | 4567           | 4332           | 4860            |
| W27    | 3 321     |               | 8206           | 6428           | 5888           | 5794           | 5859           | 5722           | 5599           | 5211           | 4936            |
| W28    | 13 113    |               | 6845           | 6578           | 5651           | 5374           | 5382           | 5496           | 5422           | 5345           | 5022            |
| W29    | 6 985     |               | 8217           | 8934           | 8212           | 7144           | 6664           | 6487           | 6449           | 6276           | 6122            |
| W30    | 5 147     |               | 10049          | 7806           | 8447           | 7966           | 7117           | 6710           | 6549           | 6508           | 6347            |
| W31    | 4 271     |               | 6066           | 8415           | 7142           | 7787           | 7496           | 6836           | 6515           | 6393           | 6372            |

|                                      | Tabela dos erros quadráticos médios |           |           |           |           |           |           |           |             |
|--------------------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Média das Médias Móveis              | 18009342                            | 18600268  | 21546605  | 23699035  | 23713411  | 24138827  | 25655881  | 25659579  | 25236304    |
| Nº de semanas a considerar para a MM | 2                                   | 3         | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10          |
| W1                                   | 8930                                | 523211    | 13812372  | 1779556   | 187200    | 6716242   | 7977094   | 8005756   | 5 709 710   |
| W2                                   | 1705636                             | 11276164  | 15709332  | 40885794  | 20545067  | 14378181  | 32360454  | 35183351  | 35 611 056  |
| W3                                   | 15503906                            | 22822914  | 9793770   | 6136520   | 102080    | 3107665   | 5429483   | 349807    | 95 852      |
| W4                                   | 75255625                            | 71842576  | 89000356  | 69799341  | 62652502  | 37513875  | 54663842  | 62761605  | 40 746 519  |
| W5                                   | 1135290                             | 3212459   | 5597956   | 12646558  | 8827831   | 7804041   | 1872108   | 6661561   | 9 853 321   |
| W6                                   | 3562656                             | 362805    | 2109030   | 4003201   | 9434112   | 7047508   | 6514618   | 1753564   | 5 909 275   |
| W7                                   | 18576100                            | 8986005   | 14472318  | 29352557  | 35085878  | 47454385  | 43281596  | 42572725  | 29 678 525  |
| W8                                   | 101183481                           | 86744387  | 98778752  | 83605421  | 58862141  | 50550069  | 37937900  | 40184330  | 39 875 436  |
| W9                                   | 88576332                            | 100480576 | 106156961 | 126990361 | 119632552 | 97894063  | 90994906  | 77316849  | 81 418 138  |
| W10                                  | 5640625                             | 48864760  | 67798756  | 80256514  | 102148080 | 101831164 | 87860159  | 84552112  | 74 471 722  |
| W11                                  | 11055625                            | 20705533  | 67399995  | 91282738  | 108837056 | 135256900 | 139163311 | 127664890 | 126 398 303 |
| W12                                  | 5772006                             | 2786674   | 223966    | 7192051   | 16612417  | 25564581  | 39567245  | 43560000  | 39 476 089  |
| W13                                  | 303601                              | 796259    | 1542564   | 4474917   | 22361865  | 35851012  | 47860454  | 65372615  | 71 132 356  |
| W14                                  | 1890625                             | 245355    | 635608    | 1257987   | 3575251   | 17483150  | 28806031  | 39406309  | 54 831 063  |
| W15                                  | 375769                              | 2148179   | 847320    | 1408494   | 2201267   | 4707660   | 17704108  | 28300036  | 38 423 882  |
| W16                                  | 73659306                            | 71374336  | 60182685  | 65944144  | 61905424  | 57536559  | 48420722  | 26182552  | 16 558 389  |
| W17                                  | 7428350                             | 2051579   | 668715    | 898325    | 149640    | 168100    | 267160    | 938315    | 6 496 381   |
| W18                                  | 15374241                            | 4669921   | 2011433   | 996403    | 1285578   | 456397    | 493858    | 645523    | 1 478 170   |
| W19                                  | 6007401                             | 81        | 1004505   | 2215335   | 3208278   | 2726273   | 4128516   | 3993336   | 3 609 620   |
| W20                                  | 2171202                             | 3225616   | 28477     | 928910    | 1966539   | 2880779   | 2581646   | 3873461   | 3 843 560   |
| W21                                  | 1863225                             | 5136267   | 6922161   | 2013561   | 4356265   | 6180196   | 7668053   | 7356149   | 9 334 858   |
| W22                                  | 13924                               | 22500     | 883130    | 1808487   | 178506    | 1058841   | 2002933   | 2894913   | 2 825 761   |
| W23                                  | 2359296                             | 1524402   | 1088892   | 163378    | 1248      | 630209    | 65344     | 10404     | 140 850     |
| W24                                  | 3888784                             | 5846724   | 5382400   | 4967549   | 2995784   | 2028590   | 4362354   | 2628361   | 1 695 725   |
| W25                                  | 6120676                             | 3445973   | 1842806   | 1729225   | 1725720   | 2847415   | 3704663   | 1727764   | 2 930 602   |
| W26                                  | 34945832                            | 35704608  | 32698383  | 29289744  | 29396277  | 29724304  | 33669006  | 36444027  | 30 349 081  |
| W27                                  | 23863225                            | 9653449   | 6586922   | 6117708   | 6441444   | 5763429   | 5187006   | 3572940   | 2 607 579   |
| W28                                  | 39287824                            | 42710582  | 55677713  | 59889025  | 59765784  | 58012160  | 59157249  | 60334919  | 65 461 045  |
| W29                                  | 1517824                             | 3799900   | 1504302   | 25154     | 103041    | 248431    | 287832    | 502366    | 744 424     |
| W30                                  | 24029604                            | 7072054   | 10890000  | 7947889   | 3881557   | 2442522   | 1965254   | 1852623   | 1 440 240   |
| W31                                  | 3222025                             | 17172736  | 8239770   | 12362256  | 10402775  | 6577759   | 5033292   | 4503356   | 4 414 201   |