



André Góis Francisco

Licenciado em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Melhoria de processos numa indústria de vidro de embalagem

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

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

Universidade NOVA de Lisboa

Setembro, 2024



Melhoria de processos numa indústria de vidro de embalagem

ANDRÉ GÓIS FRANCISCO

Licenciado em Ciências da Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Helena Victorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar, Universidade NOVA de Lisboa

Júri:

Presidente: Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos,
Professora Associada, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Arguentes: Doutor José Carlos Vieira de Sá,
Professor Auxiliar no Instituto Superior de Engenharia do Porto do
Instituto Politécnico do Porto

Orientador: Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar, Faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade NOVA de Lisboa

Melhoria de processos numa indústria de vidro de embalagem

Copyright © André Góis Francisco Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

AGRADECIMENTOS

Quero prestar o meu agradecimento em primeiro lugar aos meus pais, patrocinadores e motivadores autênticos deste percurso académico que se prometeu longo desde o início de 2019 até hoje. Espero ter honrado o investimento e confiança depositados em mim.

Em segundo lugar agradeço à Eva, motivo principal de eu ter chegado à FCT, antes de eu sequer saber. Com ela este caminho foi mais suave.

Também não esqueço os meus amigos do GBU que me refinaram e ajudaram a manter sempre presente aquilo que realmente importa em primeiro lugar. Agradeço ao Augusto, ao João, ao Leonardo, ao Pedro e à Inês.

Agradeço aos meus companheiros de jornada, ao Batista, ao Eduardo Ventura, ao Francisco Marques e ao Francisco Domingues. A estes nomes agradeço o companheirismo e a constante partilha de ideias, ajuda, e piadas ao longo destes anos de curso. Também agradeço aos meus companheiros de sempre, ao Diogo Rainho e ao Henrique Fonseca.

Agradeço, no âmbito do trabalho desenvolvido na SBVidros, ao responsável de recursos humanos Dr. Luís Tavares, que me abriu a porta para a realização do estágio, e ao meu orientador Eng^o André Sequeira, que se tornou para mim um verdadeiro professor da realidade profissional e industrial.

À minha orientadora de dissertação, professora Helena Navas, agradeço não só a disponibilidade demonstrada desde cedo para me ajudar a desenvolver este trabalho mas também as constantes sugestões de melhoria.

Por último, mas mais importante de tudo, agradeço a Deus, por me dar oportunidade de participar na sua criação através do meu pouco conhecimento. Que a Ele seja dada toda a glória, e todo o mérito.

"Have I got a long way to run? Yeah, I run"

(Collective Soul, *Run*)

RESUMO

As metodologias de melhoria contínua têm ao longo dos anos assumido um papel crescente nas empresas e organizações, derivado do facto de o desafio ser a melhoria dos processos internos de forma rápida e consistente. As ferramentas associadas à filosofia *Lean* têm por objetivo identificar os desperdícios em processos e desenvolver sistemas capazes de criar valor eliminando esses desperdícios e utilizando o mínimo de recursos.

Neste âmbito foi realizado um estudo de melhoria de processos em três áreas funcionais da unidade industrial SBVidros, parte do Grupo Vidrala, empresa do ramo da indústria de vidro de embalagem. Para a primeira área funcional em estudo, foi desenvolvida e implementada a metodologia *Lean 5S* para organização do armazém de aprovisionamentos, nomeadamente no fluxo de entrada e saída de materiais, controlo de materiais, limpeza, instruções de trabalho e identificação de materiais e locais de trabalho. Para a segunda área funcional, no processo de tratamento de superfície a quente, foram propostas melhorias nas instruções de trabalho e na atuação dos departamentos envolvidos no controlo dos níveis de consumo de recursos nesta área produtiva. Por fim, no armazém de produto acabado, foi desenvolvido um modelo de controlo de materiais de embalagem auxiliado de um sistema *Kanban* que visou libertar espaço para armazenagem de produto acabado. Com a aplicação das melhorias propostas foi possível obter resultados ao nível da organização do espaço e da redução de tempos de trabalho no armazém de aprovisionamentos. Além disso, foi possível reduzir os custos associados ao processo de tratamento de superfície a quente e, por fim, com o modelo de gestão de materiais de embalagem, conseguiu-se libertar espaço para a armazenagem de 750 paletes de produto acabado, traduzindo-se numa redução de custos.

Palavras-chave:: Melhoria contínua, Indústria vidreira, Filosofia *Lean*, 5S, Redução de desperdícios

ABSTRACT

Continuous improvement methodologies have increasingly played a growing role in companies and organizations over the years, driven by the challenge of improving internal processes in a fast and consistent manner. The tools associated with the Lean philosophy aim to identify waste in processes and develop systems capable of creating value by eliminating that waste and utilizing minimal resources.

In this context, a process improvement study was conducted in three functional areas of the SBVidros industrial unit, part of the Vidrala Group, a company in the glass packaging industry. For the first functional area under study, the Lean 5S methodology was developed and implemented to organize the supply warehouse, specifically in the flow of incoming and outgoing materials, material control, cleaning, work instructions, and identification of materials and workstations. For the second functional area, in the hot end coating process, improvements were proposed to the work instructions and the involvement of departments in controlling the consumption levels of the treatment in this production area. Lastly, in the finished product warehouse, a material control model for packaging was developed, supported by a *Kanban* system, to free up space for storing finished products. With the implementation of the proposed improvements, it was possible to achieve results regarding space organization and the reduction of working times in the supply warehouse. Additionally, it was possible to reduce costs associated with the hot ending coating process, and finally, with the packaging material management model, space was freed up for the storage of 750 finished product pallets, leading to a reduction in storage costs.

Keywords: Continuous improvement, Glass industry, Lean philosophy, 5S, Waste reduction

ÍNDICE

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 | Enquadramento e motivação | 1 |
| 1.2 | Objetivos do estudo | 2 |
| 1.3 | Metodologia de estudo | 3 |
| 1.4 | Estrutura da dissertação..... | 5 |
| 2 | FILOSOFIA <i>LEAN</i> E MELHORIA CONTÍNUA | 7 |
| 2.1 | Filosofia <i>Lean</i> | 7 |
| 2.1.1 | Origem e expansão da filosofia <i>Lean</i> | 7 |
| 2.1.2 | Casa TPS..... | 9 |
| 2.1.3 | Os 14 princípios TPS e Princípios <i>Lean</i> | 11 |
| 2.1.4 | Desperdícios e fontes de ineficiência..... | 13 |
| 2.1.5 | Barreiras na implementação da filosofia <i>Lean</i> | 15 |
| 2.1.6 | Ferramentas <i>Lean</i> | 16 |
| 2.2 | Outras ferramentas | 30 |
| 2.2.1 | Fluxograma | 30 |
| 2.2.2 | Diagrama de Ishikawa..... | 31 |
| 2.2.3 | Diagrama de tartaruga | 32 |
| 2.2.4 | SIPOC..... | 32 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.2.5 | Análise ABC..... | 33 |
| 2.3 | Armazenagem <i>Lean</i> | 34 |
| 2.3.1 | Tipos de armazéns e suas atividades..... | 35 |
| 2.3.2 | O conceito de Armazenagem <i>Lean</i> | 37 |
| 2.4 | Utilização de ferramentas <i>Lean</i> na indústria vidreira..... | 38 |
| 3 | ESTUDO DE CASO | 41 |
| 3.1 | O vidro e sua introdução na indústria alimentar..... | 41 |
| 3.2 | Grupo Vidrala | 43 |
| 3.2.1 | Evolução histórica, visão, missão e valores do Grupo Vidrala..... | 45 |
| 3.2.2 | Unidade industrial SBVidros..... | 46 |
| 3.3 | Processo de fabrico da embalagem de vidro | 48 |
| 3.3.1 | Produção do Vidro..... | 49 |
| 3.3.2 | Formação da garrafa | 52 |
| 3.3.3 | Controlo de qualidade..... | 59 |
| 3.3.4 | Paletização e etiquetagem..... | 60 |
| 3.3.5 | Armazenagem de produto acabado e transporte | 61 |
| 3.3.6 | Mapeamento das linhas de produção SBVidros..... | 62 |
| 3.3.7 | Metodologia de projeto 5S no Armazém de Aprovisionamentos..... | 63 |
| 3.3.8 | Metodologia do projeto de redução do consumo de TSQ..... | 64 |
| 3.3.9 | Metodologia do projeto de organização do material de embalagem | 66 |
| 3.4 | Caracterização dos processos em estudo | 67 |
| 3.4.1 | Caracterização do Armazém de Aprovisionamentos..... | 68 |
| 3.4.2 | Caracterização do processo de TSQ..... | 72 |
| 3.4.3 | Caracterização do processo de armazenagem de material de embalagem | 75 |
| 3.5 | Caracterização dos problemas | 77 |
| 3.5.1 | Problemas no Armazém de Aprovisionamentos | 77 |
| 3.5.2 | Problemas nos consumos de TSQ..... | 83 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.5.3 | Problemas na armazenagem de material de embalagem | 87 |
| 4 | PROPOSTAS E IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS | 91 |
| 4.1 | Propostas de melhoria a executar..... | 91 |
| 4.2 | Implementação de Melhorias no Armazém de Aprovisionamentos..... | 93 |
| 4.2.1 | Definição de zonas de trabalho e reorganização do <i>Layout</i> | 93 |
| 4.2.2 | Processo de saída e entrada de material..... | 97 |
| 4.2.3 | Limpeza, organização, identificação de material e <i>Checklist 5S</i> | 98 |
| 4.3 | Implementação de melhorias - redução do consumo de TSQ..... | 101 |
| 4.3.1 | Melhoria nos padrões de atuação dos departamentos..... | 102 |
| 4.3.2 | Estudo R&R de aparelhos de medição..... | 106 |
| 4.3.3 | <i>Dashboard</i> de controlo de níveis de TSQ | 110 |
| 4.4 | Implementação de melhorias - Organização de material de embalagem | 112 |
| 4.4.1 | Desenvolvimento do modelo de necessidades de estantes | 113 |
| 4.4.2 | Necessidades de estantes a comprar..... | 117 |
| 4.4.3 | Modelo de controlo de materiais armazenados..... | 118 |
| 4.5 | Análise e Discussão de Resultados | 124 |
| 4.5.1 | Resultados obtidos no armazém de aprovisionamentos..... | 124 |
| 4.5.2 | Resultados na redução de consumos de TSQ | 128 |
| 4.5.3 | Resultados do projeto de organização de material de embalagem..... | 133 |
| 5 | CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS | 135 |
| | BIBLIOGRAFIA | 139 |
| | ANEXOS..... | 149 |
| | Anexo A - Processo produtivo geral SBVidros..... | 149 |
| | Anexo B - Diagramas SIPOC do processo produtivo | 150 |
| | Anexo C - Materiais de embalagem usados na SBVidros | 153 |
| | Anexo D - Primeira auditoria 5S ao armazém..... | 154 |

| | |
|---|-----|
| Anexo E - Diagrama de Ishikawa - medições de TSQ..... | 155 |
| Anexo F - Ferramentas usadas nas melhorias 5S..... | 156 |
| Anexo G - Questionário <i>Google Forms</i> | 160 |
| Anexo H - Rastreio de material de embalagem..... | 162 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.1 - Metodologia de trabalho seguida | 4 |
| Figura 2.1 - Crescimento da filosofia <i>Lean</i> em vários setores | 8 |
| Figura 2.2 - Casa TPS..... | 9 |
| Figura 2.3 - Princípios TPS..... | 12 |
| Figura 2.4 - <i>MUDA, MURA, MURI</i> | 15 |
| Figura 2.5 - Estrutura geral de um VSM..... | 17 |
| Figura 2.6 - Exemplo <i>Heijunka Box</i> | 24 |
| Figura 2.7 - Perdas de produção durante períodos de desaceleração e aceleração | 25 |
| Figura 2.8 - Diagrama de Ishikawa..... | 31 |
| Figura 2.9 - Diagrama de Tartaruga | 32 |
| Figura 3.1 - Nomenclatura das zonas de uma garrafa de vidro | 42 |
| Figura 3.2 - Logotipo Vidrala | 43 |
| Figura 3.3 - Unidades industriais do Grupo Vidrala | 44 |
| Figura 3.4 - Unidade industrial da SBVidros | 47 |
| Figura 3.5 - Organograma SBVidros | 48 |
| Figura 3.6 - Produção de garrafas de vidro | 49 |
| Figura 3.7 - Forno de fusão de vidro..... | 51 |
| Figura 3.8 - Componentes de um forno regenerativo | 52 |
| Figura 3.9 - Formação de garrafas numa máquina IS de gota tripla | 53 |
| Figura 3.10 - Processo <i>Blow & Blow</i> | 54 |
| Figura 3.11 - Processo <i>Narrow Neck Press & Blow</i> | 54 |
| Figura 3.12 - Deposição de TSQ | 55 |
| Figura 3.13 - Aparelho de medição do TSQ (corpo) | 56 |
| Figura 3.14 - Mesa de aplicação de TSF..... | 58 |

| | |
|--|----|
| Figura 3.15 - MIA rotativa da SBVidros | 60 |
| Figura 3.16 - Camião da Vidrala <i>Logistics</i> | 61 |
| Figura 3.17 - Mapeamento de linhas de produção | 62 |
| Figura 3.18 - Metodologia do Projeto Redução de Consumos TSQ..... | 65 |
| Figura 3.19 - Metodologia Projeto organização de material de embalagem | 66 |
| Figura 3.20 - <i>Layout</i> inicial do armazém..... | 68 |
| Figura 3.21 - Zona de carga e descarga do armazém..... | 69 |
| Figura 3.22 - Processo de entrada de material em armazém..... | 70 |
| Figura 3.23 - Processo de saída de material de armazém | 71 |
| Figura 3.24 - Ficha de requisição de material..... | 72 |
| Figura 3.25 - Sistema de aplicação de SEPOAN 601 TC | 73 |
| Figura 3.26 - Processo de deposição de TSQ | 73 |
| Figura 3.27 - Processo de atuação do TSQ..... | 74 |
| Figura 3.28 - Exemplo de materiais de Palete de produto acabado | 76 |
| Figura 3.29 - Problemas no processo de entrada de material em armazém..... | 78 |
| Figura 3.30 - Bancada de trabalho com material a dar entrada..... | 79 |
| Figura 3.31 - Problemas no processo de saída de material em armazém..... | 79 |
| Figura 3.32 - Ficha amarela de identificação danificada..... | 80 |
| Figura 3.33 - Gaveta com material confundido | 81 |
| Figura 3.34 - Modelos mais fabricados no Forno 2 e Forno 3 | 83 |
| Figura 3.35 - Capacidade do processo para o TSQ no corpo e na marisa | 84 |
| Figura 3.36 - Capacidade do processo para o corpo e marisa (Série 48508)..... | 85 |
| Figura 3.37 - Problemas no processo de atuação do TSQ..... | 86 |
| Figura 3.38 - Diagrama de Ishikawa para erros de medição do TSQ e TSF | 87 |
| Figura 3.39 - Armazenagem de material de embalagem..... | 88 |
| Figura 3.40 - Zona dedicada a material de embalagem..... | 89 |
| Figura 3.41 - Potencial de arrumação de paletes de produto acabado no local de estudo..... | 90 |
| Figura 4.1 - Bancada de material recebido | 94 |
| Figura 4.2 - Bancada de material pendente | 94 |
| Figura 4.3 - Móvel de material para outros departamentos | 95 |
| Figura 4.4 - Estante de material para reparação/material reparado | 95 |
| Figura 4.5 - Local para material de investimento | 96 |
| Figura 4.6 - <i>Layout</i> com zonas de trabalho e controlo de material definidas..... | 96 |
| Figura 4.7 - Bancada de trabalho com terminal..... | 97 |

| | |
|---|-----|
| Figura 4.8 - Etiqueta de identificação | 99 |
| Figura 4.9 - Instruções de limpeza e organização no armazém | 99 |
| Figura 4.10 - Instrução de utilização de máquina de medição de TSQ no corpo..... | 103 |
| Figura 4.11 - Instruções de medição de TSQ na Marisa | 104 |
| Figura 4.12 - Procedimento de montagem da bomba de SEPOAN 301 TC..... | 105 |
| Figura 4.13 - <i>Dashboard</i> de controlo diário TSQ, TSF e pressão interna | 111 |
| Figura 4.14 - Movimentos de um tipo de material de embalagem | 113 |
| Figura 4.15 - Vista de frente das novas estantes..... | 118 |
| Figura 4.16 - Preenchimento do questionário <i>Google Forms</i> Embalagem | 119 |
| Figura 4.17 - Blocos de estantes nomeados e <i>QR Codes</i> associados..... | 120 |
| Figura 4.18 - Controlo do material de embalagem pelos operadores de empilhadores..... | 122 |
| Figura 4.19 - Controlo das necessidades arrumação pelo departamento de Compras | 123 |
| Figura 4.20 - Limpeza de material obsoleto..... | 125 |
| Figura 4.21 - Introdução de caixas de arrumação nos móveis..... | 125 |
| Figura 4.22 - Passagem de gavetas para caixas de arrumação..... | 126 |
| Figura 4.23 - Passagem de identificação para etiquetas magnéticas..... | 126 |
| Figura 4.24 - Bancada de receção de material | 127 |
| Figura 4.25 - Relatório <i>ANOVA</i> da medição do Corpo | 131 |
| Figura 4.26 - Relatório <i>ANOVA</i> da medição na Marisa..... | 133 |
| Figura 4.27 - Novo <i>Layout</i> com estantes de arrumação..... | 134 |
| Figura A.1 - Processo produtivo geral | 149 |
| Figura B.1 - Receção e armazenagem de matéria-prima | 150 |
| Figura B.2 - Mistura de matérias-primas..... | 150 |
| Figura B.3 - Fusão de matérias-primas..... | 150 |
| Figura B.4 - Acondicionamento do vidro fundido | 151 |
| Figura B.5 - Moldação em máquinas IS | 151 |
| Figura B.6 - Fase de tratamento de superfície a quente..... | 151 |
| Figura B.7 - Fase de recozimento | 151 |
| Figura B.8 - Fase de tratamento de superfície a frio | 151 |
| Figura B.9 - Fase de controlo de qualidade..... | 152 |
| Figura B.10 - Paletização..... | 152 |
| Figura B.11 - Transporte de paletes de PA | 152 |
| Figura C.1 - Tipos de material de embalagem..... | 153 |
| Figura D.1 - Primeira auditoria 5S..... | 154 |

| | |
|--|-----|
| Figura E.1 - Erros de medição do TSQ..... | 155 |
| Figura F.1 - Instruções de limpeza diária..... | 156 |
| Figura F.2 - Instruções de limpeza semanal..... | 156 |
| Figura F.3 - Instruções de limpeza mensal..... | 157 |
| Figura F.4 - Instruções de controlo e rastreio de material..... | 157 |
| Figura F.5 - Quadro de organização de limpeza..... | 156 |
| Figura F.6 - <i>Checklist</i> 5S..... | 157 |
| Figura G.1 - Questionário informação de material..... | 160 |
| Figura G.2 - Questionário informações entrada de material..... | 161 |
| Figura H.1 - <i>Heijunka Box</i> de controlo de material em estante..... | 162 |
| Figura H.2 - Instruções de rastreio de material pelos empilhadores..... | 163 |
| Figura H.3 - Instruções de rastreio de material pelas Compras..... | 163 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|--|-----|
| Tabela 3.1 - Composição do vidro de embalagem..... | 50 |
| Tabela 3.2 - Passos do Projeto 5S do armazém de aprovisionamentos..... | 63 |
| Tabela 3.3 - Parâmetros de avaliação 5S..... | 82 |
| Tabela 3.4 - Modelo analisados na aferição de quantidades de TSQ | 84 |
| Tabela 4.1 - Propostas de melhoria | 91 |
| Tabela 4.2 - Dados unitários do produto | 102 |
| Tabela 4.3 - Estrutura da tabela <i>ANOVA</i> | 109 |
| Tabela 4.4 - Amostras usadas no Estudo R&R | 110 |
| Tabela 4.5 - Quantidades de material por palete..... | 115 |
| Tabela 4.6 - Necessidades de material de embalagem para 7 dias | 116 |
| Tabela 4.7 - Quantidade de estantes a comprar | 118 |
| Tabela 4.8 - Ocupação das estantes de arrumação de embalagem | 121 |
| Tabela 4.9 - Poupança com redução dos limites no controlo de qualidade | 128 |
| Tabela 4.10 - Poupança com redução dos limites nas mudanças de modelo | 128 |
| Tabela 4.11 - Poupança por atuação do mecânico de turno..... | 129 |
| Tabela 4.12 - Dados retirados Estudo R&R dos Avaliadores 1 e 2..... | 129 |
| Tabela 4.13 - <i>ANOVA</i> com dois fatores com iteração (Corpo) | 130 |
| Tabela 4.14 - <i>ANOVA</i> do Estudo R&R TSQ | 130 |
| Tabela 4.15 - Componentes variância do Estudo R&R TSQ..... | 130 |
| Tabela 4.16 - <i>ANOVA</i> com dois fatores com iteração (Marisa) | 131 |
| Tabela 4.17 - <i>ANOVA</i> com dois fatores sem interação (Corpo) | 132 |
| Tabela 4.18 - Componentes de Variância | 132 |

SIGLAS E ACRÓNIMOS

| | |
|-------------|---------------------------------------|
| AGR | <i>American Glass Research</i> |
| BB | <i>Blow and Blow</i> |
| CTU | <i>Coating Thickness Unit</i> |
| CVD | <i>Chemical Vapour Deposition</i> |
| FIFO | <i>First In First Out</i> |
| IS | <i>Individual Sector</i> |
| JIT | <i>Just-In-time</i> |
| Mias | Máquinas de Inspeção automática |
| NNPB | <i>Narrow & Neck Process Blow</i> |
| OPL | <i>One point lesson</i> |
| PA | Produto Acabado |
| PC | Procura do cliente |
| PD | Produção Diária |
| PI | Pressão Interna |
| RFID | <i>Radio Frequency Identification</i> |
| SGA | Sistema de Gestão de Armazenagem. |

| | |
|------|--------------------------------------|
| SMED | <i>Single Minute Exchange of Die</i> |
| TC | Tempo de ciclo |
| TET | Tempo efetivo de trabalho |
| TIR | Temperatura inferior de recozimento |
| TOD | Tempo de operação diário |
| TPS | <i>Toyota Production System.</i> |
| TSF | Tratamento de superfície a frio |
| TSQ | Tratamento de superfície a quente |
| TSR | Temperatura superior de recozimento |
| TT | <i>Takt Time</i> |
| ZF | Zona Fria |
| ZQ | Zona Quente |

SÍMBOLOS

| | |
|----------|---------------------------|
| μ | Média do processo |
| σ | Desvio padrão do processo |

O presente capítulo contém o enquadramento do tema em estudo, motivação, objetivos de estudo, e da metodologia de trabalho desenvolvido. Por fim é dada uma pequena descrição da estrutura deste documento.

1.1 Enquadramento e motivação

Em pleno século XXI, a competitividade organizacional tem vindo a aumentar rapidamente, verificando-se uma aceleração mais acentuada no contexto pandémico que se viveu em 2020 [1]. Para as organizações se manterem competitivas nos respetivos mercados, surgiu a necessidade de procurar novos meios de aumento da produtividade e da eficiência e, assim, obter melhores resultados, muitas vezes através da redução de desperdícios e foco em tarefas de valor acrescentado. A economia tem sido afetada por grandes variações que, nomeadamente em situações ligadas a sistemas de produção e distribuição de mercadorias, resultaram na mudança dos paradigmas da logística contemporânea.

As empresas têm vindo a apostar na redução da variabilidade e no aumento da qualidade do fluxo dos seus processos de modo a satisfazer os seus clientes ao mesmo tempo que se aumentam os níveis de qualidade organizacionais. Neste sentido, diversas organizações têm apostado cada vez mais em práticas de melhoria contínua, sendo a filosofia *Lean* bastante utilizada na procura das organizações em alcançar vantagem competitiva [1].

A aplicação da filosofia *Lean* exige que a liderança acompanhe continuamente o processo, e parte dessa mesma liderança motivar para que a filosofia se possa integrar facilmente na cultura da organização a que pertence. Neste sentido, a promoção de alguns valores e atributos ideais de liderança são importantes para alcançar o pensamento *Lean* em cada membro da organização [1].

A filosofia *Lean* está centrada em metodologias desenvolvidas pela Toyota Motor Company, sendo estas focadas na redução ou eliminação de desperdício e na criação de um fluxo contínuo no interior da cadeia de abastecimento [2]. Introduzida inicialmente num contexto industrial, o *Lean*, fruto da sua adaptabilidade, tem sido implementado noutras áreas como os serviços, e, apesar das diferenças que existem nestes contextos, estes têm vindo a refletir a eficácia da utilização desta filosofia, qualquer que seja o ambiente de aplicação [3].

A implementação da filosofia *Lean* na logística, principalmente na gestão de armazéns, também conhecido como metodologia *Lean Warehousing*, oferece melhorias evidentes a estes locais, nomeadamente ao nível dos resultados da logística nos últimos intervenientes da cadeia, mesmo sendo os armazéns muitas vezes vistos como locais onde ocorrem atividades que não acrescentam valor na cadeia logística. No entanto, os armazéns são parte essencial na logística de qualquer empresa, e, dentro destes, são identificados processos e actividades entre as quais se destacam a receção, armazenagem, *picking* e expedição [4]. Assim, um bom desempenho ao nível logístico tem consequências ao nível do crescimento e competitividade de um país, sendo um elo de ligação entre consumidores e o mercado local, regional, nacional, e internacional. Uma logística de qualidade e eficaz possibilita, portanto, a integração efetiva entre as economias [4].

O presente estudo, desenvolvida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Industrial da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, teve lugar na unidade industrial SBVidros, uma fábrica situada na Marinha Grande, pertencente ao Grupo Vidrala, um grupo de empresas de referência na indústria de vidro de embalagem. Na indústria vidreira existe uma grande variabilidade de procura pelo que a capacidade produtiva é praticamente constante, o que conduz a que os fornos de produção operem próximos da capacidade máxima de modo a ter um rendimento elevado.

Assim, na indústria vidreira não é exceção em relação às outras indústrias. Nela torna-se fundamental realizar os processos de forma rápida e consistente, para que se consiga obter uma taxa de produção e rendimento melhorados.

1.2 Objetivos do estudo

Este estudo tem por objetivo o desenvolvimento e aplicação de métodos de melhoria contínua em processos de três locais diferentes da unidade industrial SBVidros, sendo esses

locais o armazém de aprovisionamentos, o armazém de produto acabado, e a Zona Quente e Zona fria.

Em primeiro lugar, tem-se como objetivo planificar e aplicar um projeto 5S no armazém de aprovisionamentos no qual sejam estudados e analisados o estado atual do armazém tendo em conta o comportamento dos fluxos, as entradas de materiais, saídas de materiais, devoluções e reparação de materiais, e ainda o controlo do *stock* e *layout*. Posteriormente a este estudo e análise foram propostas diferentes alternativas e melhorias operacionais que contam com a padronização de tarefas e instruções de trabalho que visam não só a redução de desperdícios de tempo e de material como também um desempenho aprimorado dos operadores de armazém.

Em segundo lugar teve lugar a planificação e aplicação um projeto de redução dos consumos de tratamento de superfície a quente, fase intermédia do processo produtivo. Neste projeto o objetivo é a aplicação de metodologias e ferramentas de controlo que permitam uma redução controlada e organizada dos consumos químicos, numa perspetiva de poupança económica, ambiental e de segurança para os trabalhadores.

Por fim, pretendeu-se planificar e aplicar um modelo de arrumação e gestão de *stocks* do material de embalagem armazenado no armazém de produto acabado.

Assim, desenvolveu-se um modelo de necessidades de materiais que teve em conta o planeamento de produção da fábrica e também critérios de arrumação do armazém de produto acabado com o intuito de obter poupanças significativas na ocupação do espaço que deve ser destinado à armazenagem de produto acabado e não de material de embalagem.

1.3 Metodologia de estudo

A metodologia de trabalho ao longo do estágio na SBVidros teve em conta a simultaneidade de vários projetos de melhoria, tendo sido o início marcado pelo arranque do projeto 5S no armazém de aprovisionamentos.

Esta metodologia apresenta um cronograma de várias fases distintas, focando em melhorias no processo produtivo e na gestão de armazém.

O cronograma da Figura 1.1 mostra uma abordagem progressiva dos projetos de melhoria levados a cabo.

Em cada fase do trabalho foram desenvolvidos trabalhos de introdução ao tema, estudo de propostas de melhoria e respetiva implementação, para cada área de trabalho analisada.

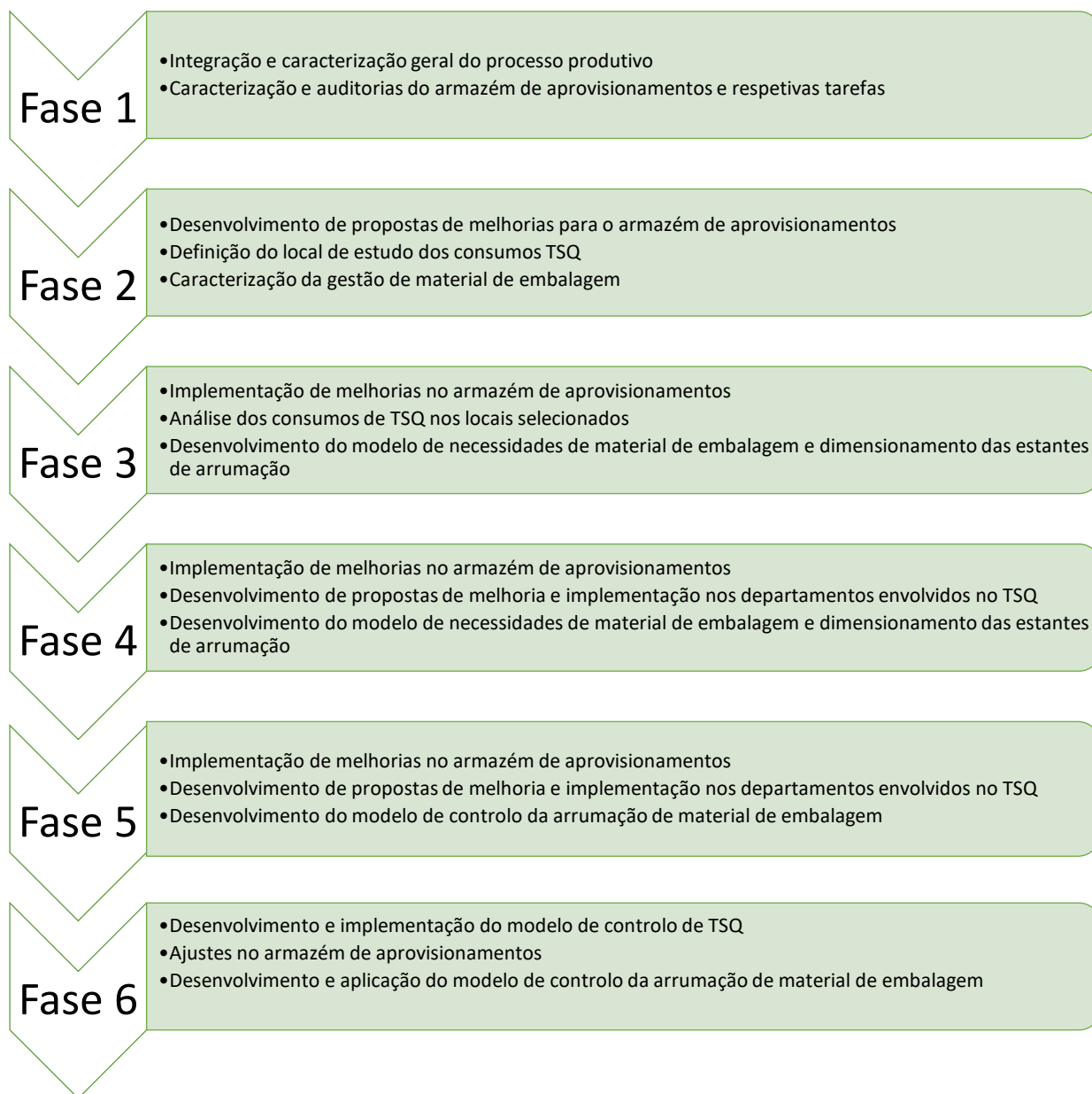


Figura 1.1 - Metodologia de trabalho seguida

Na primeira fase, com o objetivo de uma integração sustentada na empresa, foram analisados ao detalhe os processos produtivos e respetivas fases, através de *Gemba Walks* e de análise de documentos internos. Ainda nesta fase deu-se início ao projeto 5S no armazém de aprovisionamentos, caracterizando-se e auditando-se o armazém antes de dar lugar às melhorias. Na segunda fase, e já com o armazém devidamente conhecido e caracterizado, deu-se lugar ao desenvolvimento de propostas de melhoria. Aliado a estas ações no armazém, deu-se também lugar ao início de outros dois projetos de melhoria, para redução dos consumos de tratamento de superfície a quente e para organização de material de embalagem.

De seguida, na fase 3 iniciou-se a implementação das melhorias propostas na fase anterior para o armazém de aprovisionamentos, nomeadamente a padronização dos processos de entrada e saída de material, assim como a realização de inventário para verificação de material obsoleto a retirar. Ao mesmo tempo deu-se lugar à análise dos consumos de tratamento de superfície a quente na fábrica até à data, e, para o projeto de organização de material de embalagem, iniciou-se o desenvolvimento do modelo de necessidades de material para se conseguir dimensionar a estantes de arrumação futura.

Na fase 4, prosseguiu-se com as implementações de melhoria no armazém de aprovisionamentos, com a implementação de instruções de limpeza e etiquetagem de zonas e materiais. Iniciou-se também o desenvolvimento das propostas de melhoria e respetivas implementações para os departamentos envolvidos no tratamento de superfície a quente. Tal como se já tinha desenrolado na fase 3, continuou-se também o desenvolvimento das tarefas no âmbito do projeto de organização de material de embalagem.

Ao longo da fase 5 as tarefas elaborados foram a continuação daquelas que já haviam sido feitas na fase 4, com a particularidade de no projeto de organização de material de embalagem já se ter dimensionado as estantes e também já as ter instaladas em armazém.

Na última fase deu-se como concluído os objetivos definidos para o projeto 5S no armazém de aprovisionamentos e continuou-se o trabalho iniciado nos projetos de melhoria restantes. No projeto de redução de tratamento de superfície a quente, foi estabelecido o *dashboard* de controlo dos níveis e padronizaram-se as instruções a usar na medição desses níveis em laboratório. Para o projeto de organização de material de embalagem, estabeleceu-se o *Heijunka Box* para os materiais e para controlo das necessidades de arrumação dos mesmos.

1.4 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está estruturada em cinco capítulos, bibliografia e anexos.

O primeiro capítulo tem presente o enquadramento, motivação, objetivos e metodologias relativos ao tema em estudo e ainda contém a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica que descreve não só as metodologias de melhoria contínua de processos aliadas à filosofia *Lean*, mas também outros conceitos relacionados com a armazenagem *lean*.

Ainda neste capítulo é feita a exposição de estudos de caso já feitos num ambiente equivalente ao deste estudo.

O terceiro capítulo, o estudo de caso, contém a caracterização da empresa, a caracterização da operação onde o estudo incide, são identificados os problemas e as oportunidades de melhoria e, finalmente, são analisados os problemas identificados.

No quarto capítulo são apresentadas as propostas de melhoria, a implementação feita para cada uma das propostas e também a análise dos seus resultados.

No quinto capítulo expõe-se as principais conclusões e as propostas para trabalhos futuros.

Na parte final do documento, encontram-se a bibliografia e os anexos.

FILOSOFIA *LEAN* E MELHORIA CONTÍNUA

Ao longo deste capítulo é executada uma revisão de índole bibliográfica que incide sobre os temas em estudo, sendo abordada a filosofia *Lean*, sua origem, e ainda ferramentas a ela associadas que terão importância no desenvolvimento deste estudo.

2.1 Filosofia *Lean*

Através deste subcapítulo pretende-se dar a conhecer noções fundamentais sobre o que a filosofia *Lean* tem como objetivo incidir. A filosofia *Lean* distingue-se no mundo contemporâneo como uma abordagem bem sucedida na melhoria contínua dos negócios e é uma filosofia adotada por inúmeras empresas em todo o mundo, num conjunto diversificado de indústrias e serviços [5]. Inicialmente é abordada a origem da filosofia *Lean*, assim como alguns princípios adjacentes, tendo em conta o panorama atual da existência de desperdícios de várias origens que tornam necessária a aplicação de benefícios que o *Lean* promove através de ferramentas que serão analisadas numa fase posterior.

2.1.1 Origem e expansão da filosofia *Lean*

No final da década de 1940, após a Segunda Guerra Mundial, o Japão encontrava-se rodeado de uma crise económica de grandes proporções, que conduziu a uma elevada escassez de recursos [6]. Como tal, surgiu a necessidade de desenvolver um novo modelo produtivo que se distinguisse da produção em grande quantidade, pois o contexto nacional deste país não o promovia. Neste contexto, surgiu o *Toyota Production System* (TPS), um modelo de produção desenvolvido pela Toyota, no Japão, tendo como Taiichi Ohno e Eiji Toyoda os seus impulsionadores [6]. A Toyota mudou o seu paradigma de produção, que estava assente na produção em massa influenciada pela também produtora automóvel Ford, que desenvolvia um sistema que promovia a existência de níveis de inventário bastante

avolumados, economias de escala, mas que tinham limitações na sua variedade. Assim, a Toyota conseguiu obter melhorias significativas ao nível da eficiência operacional, qualidade, flexibilidade, capacidade de resposta e melhoria contínua, fatores que contribuíram para a transformação da Toyota como uma das empresas mais eficientes, inovadoras e bem sucedidas do mundo [6]. Também W. Edwards Deming e Joseph Juran enfatizaram a importância da qualidade e da melhoria contínua nos processos de negócio, nomeadamente através do controlo estatístico da qualidade e gestão da qualidade [6]. Associado a isto, foi no livro *A Máquina que Mudou o Mundo (The Machine That Changed the World)*, de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos, que as práticas de produção enxuta observadas na Toyota foram analisadas. Através deste livro, lançado em 1990, foi possível iniciar a disseminação da filosofia *Lean* para além da indústria automóvel, conduzindo a adoção do *Lean* em outros setores industriais em todo o mundo [6].

Ao longo do tempo a filosofia *Lean* foi-se associando a ambientes distintos daqueles que a viram nascer, nomeadamente ambientes industriais com processos repetitivos com grandes quantidades de produção, como é o caso da indústria automóvel na qual houve maior propagação desta filosofia [7]. Apesar da sua origem, o *Lean Management* penetrou gradualmente nos setores dos serviços do século XXI, sendo atualmente uma filosofia que atua na gestão hospitalar, serviços de informática e administração pública, como indica a Figura 2.1.

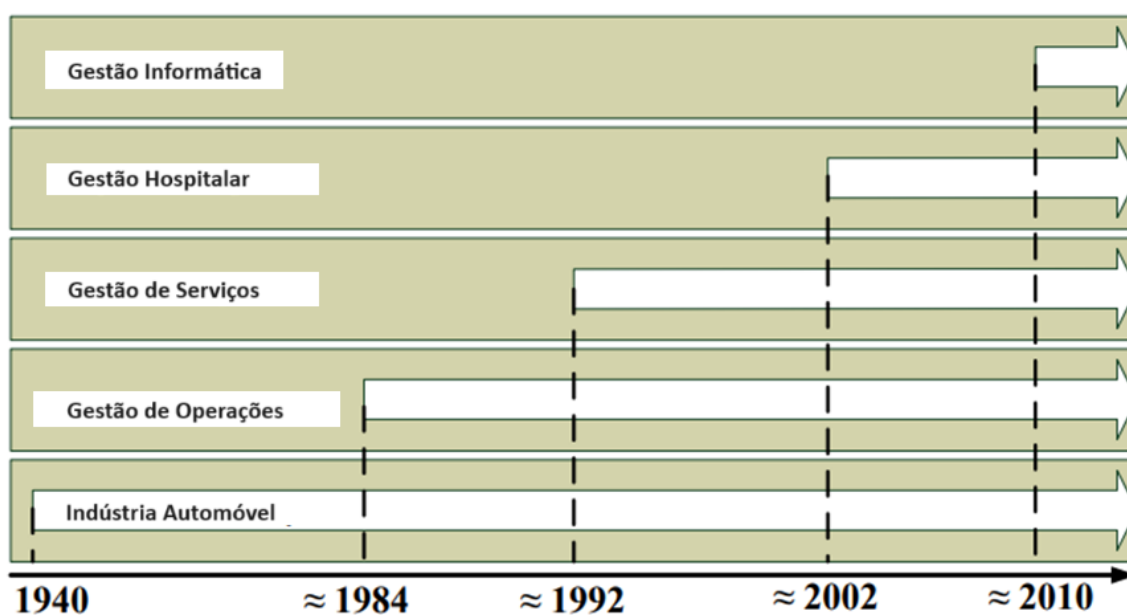


Figura 2.1 - Crescimento da filosofia *Lean* em vários setores

Adaptado de [7]

2.1.2 Casa TPS

A *Toyota Production System House*, ou Casa TPS, representada pela Figura 2.2, é uma representação esquematizada desenvolvida por Fujio Cho, e ilustra aquilo que são os princípios fundamentais do TPS, sendo composta pela união de componentes simbólicos constituintes de uma casa [8]. Esta representação depende da conexão existente entre componentes, pelo que, qualquer deficiência que se encontre numa parte da casa automaticamente fragilizará o sistema de produção no seu todo. A Casa TPS é também normalmente utilizada como um meio de treinamento e comunicação dentro das empresas que procuram implementar os princípios inerentes ao TPS.

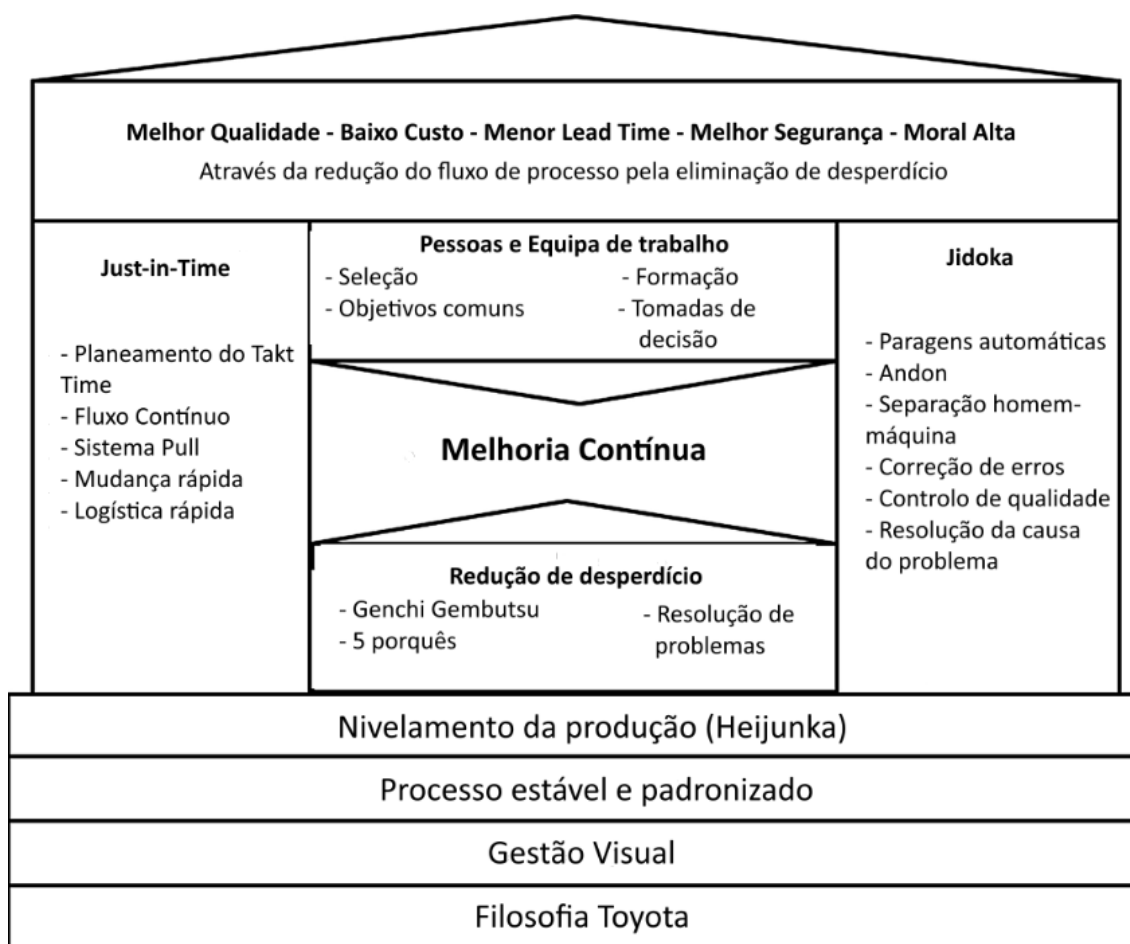


Figura 2.2 - Casa TPS

Adaptado de [8]

Esta ferramenta visual inclui componentes que se distinguem desde a sua base até ao topo.

A base da Casa TPS é fulcral para que tudo o resto que constitui a casa esteja sólido e seguro. Assim, nesta base surge o trabalho padronizado que envolve a definição e documentação de processos eficientes e eficazes, com métodos de trabalho claros, com o fim de obter consistência, qualidade e eficiência nas operações.

A existência de produção nivelada, *Heijunka*, permite ir de encontro à ótica do *Just-in-Time* que constitui um dos pilares da Casa TPS. No centro encontra-se o conceito de Melhoria Contínua. Este conceito envolve a participação de todas as pessoas que constituem uma empresa, tendo cada uma um papel na identificação de desperdício e na melhoria dos processos produtivos.

Por fim, o telhado da Casa TPS representa a meta final do TPS, que é a produção de produtos de melhor qualidade, com baixo custo e com o menor *lead time* possível. Através desta forma, torna-se possível melhorar a experiência do cliente.

2.1.2.1 Pilares

Dentro da casa TPS, são identificados 2 pilares:

Just-in-Time (JIT)

Refere-se à produção no momento certo, que permite evitar a acumulação de *stock*, promovendo ao mesmo tempo um fluxo contínuo de produção. O objetivo é produzir apenas o que é necessário na quantidade necessária, o que permite reduzir o desperdício, aumentando a eficiência e melhorando a qualidade do produto.

Jidoka (Automação)

Destaca a importância da deteção e correção imediata de problemas de qualidade, com o intuito de não propagar os defeitos.

Os sistemas *Jidoka* enfatizam a automação aliada à participação das pessoas na monitorização e correção de problemas de modo a alertar os trabalhadores para quando é produzido um artigo defeituoso ou ocorre uma avaria numa máquina. Isto permite que os problemas sejam tratados imediatamente, evitando a produção e a passagem de defeitos. Assim, os problemas e os defeitos podem ser mais rapidamente localizados, isolados e corrigidos, o que permite não só que produtos defeituosos não sejam entregues ao cliente, como também que o tempo perdido em reparações seja amenizado [9] [10].

O *Jidoka* tem os seguintes atributos essenciais [11]:

- O trabalho dos equipamentos e operadores é distinto.
- Os equipamentos e os operadores trabalham de forma independente.
- A *setup*, carga e descarga de equipamentos devem ser à prova de erros.

Além disso, o investimento necessário para a melhoria produtiva é pequeno, pois apenas são adaptados os equipamentos já existentes.

2.1.3 Princípios *Lean*

Dentro da cultura que se desenvolveu na Toyota, foram estabelecidos princípios concretos com o objetivo de que estes estivessem intrínsecos em cada unidade industrial que esta empresa possua ao redor do mundo. Assim, o TPS tem na sua base 14 princípios que servem de guia, sendo eles os seguintes [6, 12]:

1º princípio: Compromisso com um pensamento de longo prazo nas decisões de gestão com o objetivo de agregar valor para os clientes, sociedade, e seus funcionários.

2º princípio: Ênfase na importância de ter processos eficientes e eficazes para alcançar resultados consistentes e de elevada qualidade.

3º princípio: Utilização de sistemas *pull* para evitar sobreprodução.

4º princípio: Nivelamento da carga de trabalho (*Heijunka*).

5º princípio: Ênfase na importância de identificar e resolver problemas de forma rápida, ao invés de lidar com os sintomas desses problemas.

6º princípio: Valorização da padronização de processos e métodos para garantir a consistência e eficiência.

7º princípio: Ênfase na importância de ter sistemas visuais para monitorização e controle do processo produtivo.

8º princípio: Utilização de novas tecnologias confiáveis que auxiliem os funcionários na monitorização do processo.

9º princípio: Compromisso com o desenvolvimento de líderes em todos os níveis da organização.

10º princípio: Valorização do desenvolvimento de pessoas e equipas para criação de um ambiente de trabalho focado na aprendizagem.

11º princípio: Valorização dos fornecedores e estabelecimento de parcerias de longo prazo baseadas na confiança e no respeito mútuo.

12º princípio: Ênfase na importância de deslocação ao local de trabalho para entender os processos e problemas (*Genchi Genbutsu*).

13º princípio: Tomadas de decisões em consenso, envolvendo todos os funcionários com papel relevante na tomada de decisão.

14º princípio: Compromisso com uma filosofia de aprendizagem contínua e busca de maneiras de inovar os processos e produtos (*Kaizen*).

Os princípios que foram enumerados acima são constituintes de 4 categorias diferentes, são eles a Filosofia, Processo, Pessoas/Parceiros e Resolução de problemas. Para cada um deles existem subdivisões que estão representadas na Figura 2.3 [12].

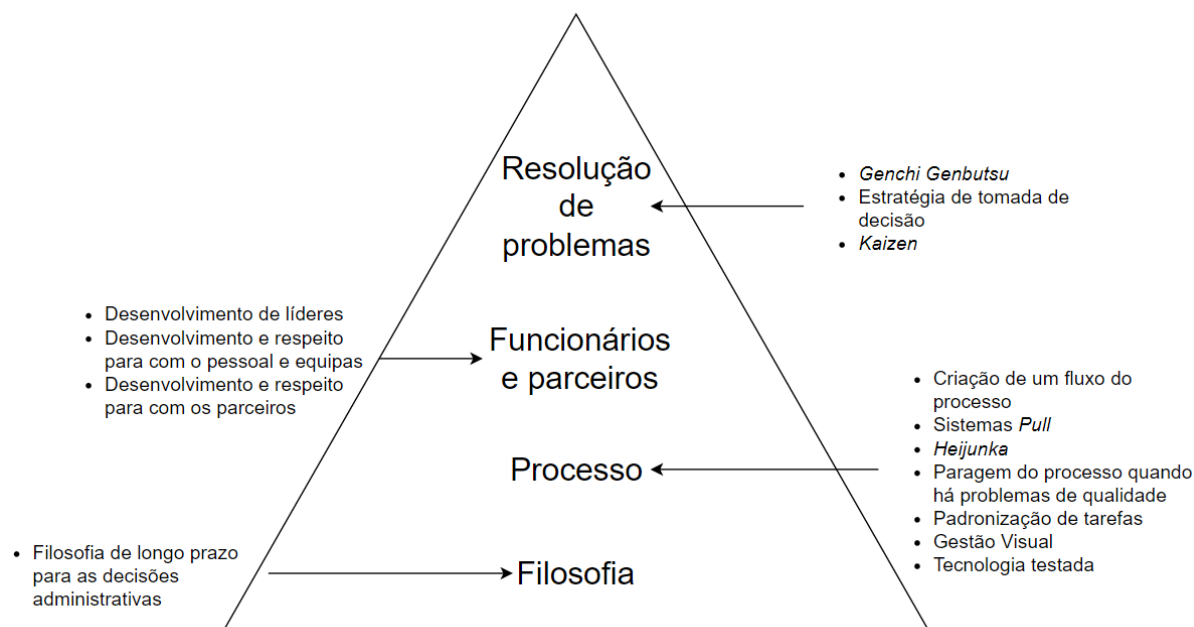


Figura 2.3 - Princípios TPS

Adaptado de [12]

A aplicação da filosofia *Lean* exige que as lideranças estejam em acompanhamento contínuo e parte dessas mesmas lideranças devem motivar para que a filosofia se possa integrar facilmente na cultura das organizações às quais pertencem. Neste sentido, a promoção de alguns valores e atributos ideais de liderança são importantes para alcançar o pensamento *Lean* em cada membro da organização [1].

Em adição aos princípios já mencionados da filosofia da Toyota, existem ainda cinco princípios básicos associados à filosofia *Lean* que auxiliam na eliminação de desperdícios de várias naturezas e no aumento da qualidade dos produtos da produtividade, permitindo também uma redução nos custos das empresas.

Estes 5 princípios básicos, definidos por *Womack & Jones*, servem como guia de implementação da filosofia *Lean* numa organização, sendo os seguintes [13]:

Definir Valor: definição do conceito de valor para o cliente final, ou seja, aquilo que o cliente está disposto a pagar pelo produto. Dentro deste princípio, deve ser feita a distinção entre as atividades que acrescentam valor daquelas que não acrescentam valor ao cliente [13]:

Customer Value Added: atividades que produzem o produto que o cliente está disposto a pagar.

Business Non Value Added (desperdício necessário): atividades que não oferecem valor acrescentado ao cliente, mas são necessárias para a produção ou entrega do produto, como são exemplos atividades de inspeção ou de movimentação de materiais.

Non Value Added Waste (desperdício puro): atividades que não oferecem valor acrescentado para o cliente e para a empresa. São sobre estas atividades que se deve focar a atenção com o fim de as eliminar ou reduzir. No próximo subcapítulo ser-se-ão abordados de forma mais específica os desperdícios a eliminar.

Identificar a cadeia de valor: Consiste nas ações necessárias para conduzir um produto até ao cliente e na sincronização dos meios envolvidos na criação de valor, como são exemplo os fluxos de pessoas, de informação, de capital e de materiais.

Fluxo: Fazer com que as etapas de criação de valor fluam de forma contínua, para que o produto não tenha interrupções nem atrasos, desde a sua entrada na cadeia de valor até ao término da sua produção.

Sistema Pull: Sincronizar a procura do cliente com a produção, dando espaço a este para liderar os processos para que a empresa produza apenas o que o cliente pede. O sistema *pull* permite produzir com base em previsões da procura, auxiliando no combate à sobreprodução, na minimização do tempo de espera, conduzindo a um aumento da satisfação do cliente e na redução de custos para a empresa. Além disso o sistema *pull* ajuda na identificação de problemas no processo produtivo, permitindo que a empresa tome medidas corretivas para melhorar a qualidade e eficiência do processo.

Buscar a perfeição: obter sustentabilidade a longo prazo, conseguindo oferecer aos clientes o que eles procuram com menos recursos, isto é, menos esforço, equipamento, tempo, energia, espaço, materiais e capital.

2.1.4 Desperdícios e fontes de ineficiência

Muda, Mura e Muri, também conhecidos por 3 M's, são termos japoneses que se referem a diferentes tipos de desperdícios e ineficiências num determinado processo de produção [14].

Muda é um termo que faz menção a qualquer atividade que não acrescente valor ao produto final sendo portanto considerada um desperdício. O desperdício tem um grande

impacto na satisfação do cliente com os produtos e serviços. O que os clientes desejam é pontualidade na entrega, qualidade perfeita e um preço justo, e isto não é possível atingir se se permitir que os 7 desperdícios, os 7 *Muda* enumerados adiante persistam nos processos [14]:

1. Sobreprodução: produzir mais do que é necessário, ou produzir antes da procura, o que conduz a um excesso de *stock* e desperdício de recursos;
2. Tempo de espera: Tempo ocioso das pessoas, equipamento ou produtos durante o processos, o que resulta numa baixa produtividade e atrasos;
3. Transporte: Movimento excessivo de produtos entre diferentes locais, o que conduz a um desperdício de tempo e recursos;
4. Stock: Acumulação de produtos e matérias-primas que provocam a existência de custos e desperdício de tempo de trabalho;
5. Sobreprocessamento: Realização de etapas desnecessárias no processo que não agregam valor ao produto final, resultando num desperdício de tempo e recursos;
6. Movimento: Movimentação excessiva de equipamentos e pessoas ao longo do processo, o que resulta num desperdício de tempo e energia;
7. Defeitos: Erros durante o processo que exigem trabalho extraordinário, resultando em desperdício de recursos e aumento dos custos operacionais;

A somar aos 7 desperdícios anteriormente descritos, é ainda considerado um oitavo desperdício, um oitavo *Muda*, que, de acordo com a metodologia *Lean*, é o subaproveitamento de habilidades dos funcionários de uma empresa. Este aspeto dá ênfase na importância em envolver todos os membros de uma equipa, especialmente aqueles que se encontram na linha da frente, no processo de melhoria contínua e eliminação de desperdícios. A eficiência e o sucesso do paradigma *lean* dependem da participação ativa de todos os funcionários, e um fraco aproveitamento das suas habilidades deve ser considerado um desperdício a ser também eliminado [15].

Mura refere-se a variabilidade ou flutuação. Estas situações acontecem quando não existe um nivelamento da produção, derivado de os processos não apresentarem tempos de ciclo equivalentes ou a intensidade produtiva de um recurso não ser constante ao longo do tempo, conduzindo a situações onde ocorrem cadências de produção elevadas seguidas de cadências de produção reduzidas.

Muri refere-se a situações em que o sistema de produção, máquinas ou trabalhadores estão sobrecarregados além de sua capacidade, ou seja, sobrecarga que exista ou um excesso de trabalho num processo, que conduz à fadiga e lesões e baixa qualidade do produto final [16].

Para auxiliar na percepção do que são os 3 M's, a Figura 2.4 ilustra um exemplo da em que se observam situações onde existe *Muda*, *Mura* e *Muri*.

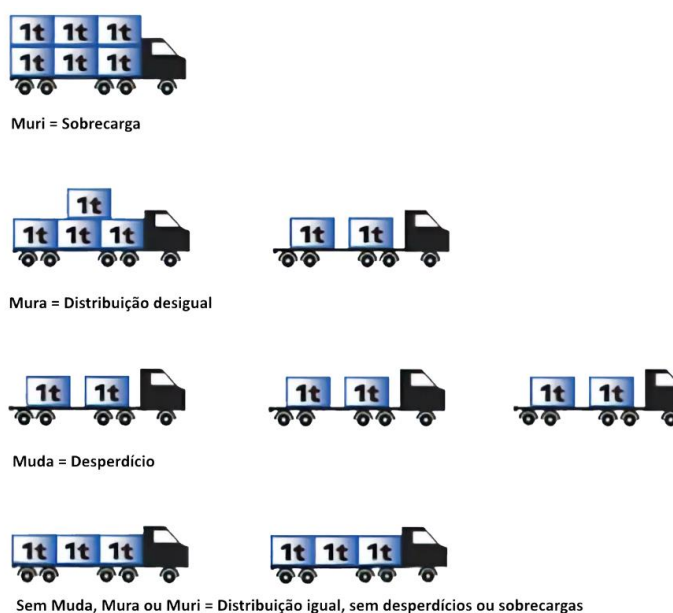


Figura 2.4 - *MUDA, MURA, MURI*

Adaptado de [17]

2.1.5 Barreiras na implementação da filosofia *Lean*

Atualmente, é possível verificar a existência de algumas barreiras que fazem frente à implementação da filosofia *Lean*, barreiras estas que podem incluir uma série de desafios, tais como [18]:

- **Resistência à mudança por parte dos funcionários**, principalmente devido à ausência de compreensão ou apoio em relação a novos processos e práticas.
- **Falta de compromisso da alta administração**, ou seja, falta de apoio e compromisso dos líderes na implementação do *Lean*.
- **Cultura organizacional inadequada** e que não valoriza a melhoria contínua, a eficiência e a eliminação de desperdícios.
- **Falta de habilidades e conhecimento** sobre os princípios e ferramentas *Lean*.

- **Problemas na comunicação**, que em diversas ocasiões é ineficaz levando a mal-entendidos, resistência e falta de alinhamento em relação aos objetivos da filosofia *Lean*.
- **Dificuldades na integração com fornecedores**

Além destes fatores, destaca-se também a importância de ter em conta o contexto específico da organização ao lidar com essas barreiras, uma vez que o ambiente e as práticas organizacionais podem influenciar significativamente a implementação bem-sucedida do *Lean*. Assim, para que a mudança ocorra através desta filosofia, é necessário aplicar o *Lean* não só como um conjunto de ferramentas, mas também como uma cultura intrínseca à organização.

2.1.6 Ferramentas *Lean*

De seguida são analisadas diversas ferramentas utilizadas na aplicação da filosofia *Lean*.

2.1.6.1 *Value Stream Mapping*

O *Value Stream Mapping*, VSM, é uma ferramenta deveras utilizada no âmbito da filosofia *Lean* no entendimento de como se desenvolve o processo e na identificação de oportunidades de melhoria [19]. O VSM sintetiza num único mapa o fluxo de material e informação, *Lead Time*, *stocks*, atividades com valor acrescentado e não acrescentado, e outras medidas de desempenho, sendo uma ferramenta essencial para modelar, mapear e visualizar a cadeia de abastecimento com o fim de detetar desperdícios durante o processo produtivo [20]. O VSM assume-se como uma ferramenta que permite a todos os intervenientes de uma organização visualizar e compreender o processo produtivo, com o objetivo de se desenvolver inicialmente o mapa do estado atual do processo, que é a base do processo existente a partir da qual são identificados todos os desperdícios do estado atual do sistema produtivo e desenvolvidas todas as melhorias que vão aumentar a produtividade do processo.

A partir do mapa de estado atual, é elaborado o mapa de estado futuro que representa o modo como uma equipa de projeto vê o fluxo de valor num ponto no futuro, já após a implementação das melhorias [21]. Assim, o processo de aplicação do VSM baseia-se em cinco fases, sendo elas a identificação de uma família de produtos, o mapeamento do estado atual, o mapeamento do estado futuro, a organização de um plano de trabalho e a realização do mesmo [22].

O VSM é composto por três secções [22]:

- **Fluxo de processos:** inclui todos os processos pelos quais o produto se desenrola desde a forma de material mais simples à entrega ao cliente. Com esta representação do fluxo de valor, é possível separar as principais tarefas realizadas repetidamente ao longo do tempo das etapas menores do processo.
- **Fluxo de comunicação ou informação:** demonstra todas as comunicações e informações entre fornecedores, departamento de planeamento e controlo de produção, clientes e processos.
- **Secção inferior:** abrange as durações temporais (tempo de ciclo e tempo de entrega) e as distâncias de percurso. A soma destes parâmetros culminam no *Process Lead Time* e ainda no *Total Cycle Time*.

Estas secções estão representadas pela Figura 2.5:

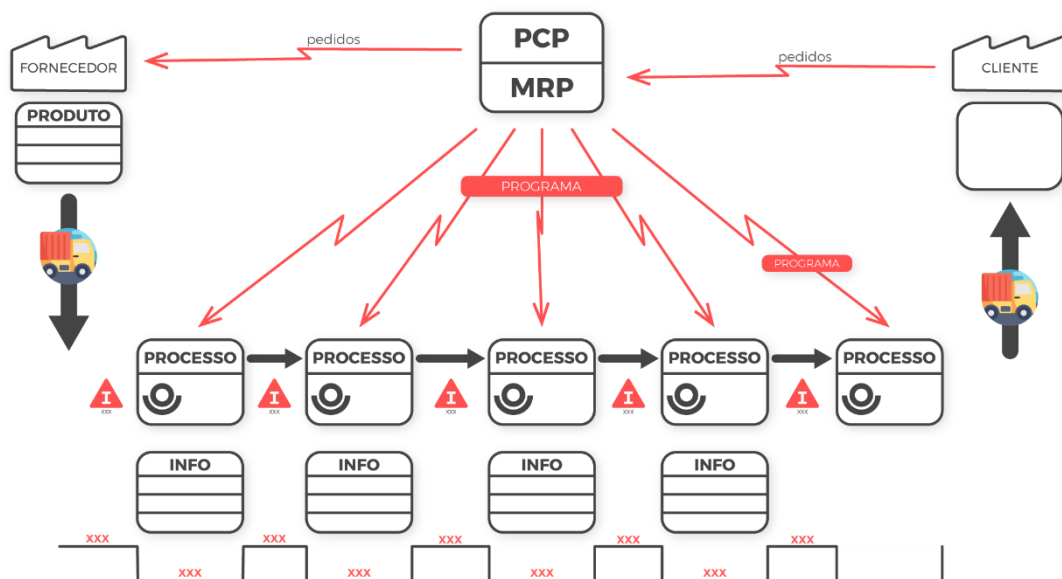


Figura 2.5 - Estrutura geral de um VSM

Adaptado de [23]

No âmbito do VSM, é necessário considerar as suas métricas principais [22]:

- **Takt time:** "Takt" é uma palavra alemã que significa batida. *Takt Time* assume-se como sendo a velocidade com que o fluxo de valor deve operar para acompanhar o ritmo da procura. Para calcular o *Takt Time*, calcula-se o rácio entre o tempo disponível para a produção e a procura diária.

- **Cycle time:** tempo médio decorrido desde o momento em que uma peça conforme é produzida até o momento em que a peça conforme seguinte é produzida. Calcula-se através do rácio entre o número de peças produzidas e o tempo total de produção.
- **Lead time:** tempo de espera para executar um processo, englobando o tempo de espera até ao processo, o tempo de ciclo e o tempo de transporte até ao processo seguinte. Os tempos de transporte e de espera são atividades sem valor acrescentado pelo que devem ser os primeiros a ser estudados para eventual eliminação. O *Lead Time* total é a soma de todos os tempos de espera.
- **WIP (Work-in-Progress):** é o número de itens de trabalho no sistema que estão em vias de ser fabricados.

2.1.6.2 Metodologia 5S

Em torno da Filosofia *Lean*, que cresce a cada dia ao redor das indústrias, a metodologia 5S foi identificada como a principal estratégia adotada por parte das empresas com o fim de absorver os melhores modelos que trazem benefícios ao seu desenvolvimento. Esta metodologia é, portanto, uma das formas mais utilizadas nas empresas para enfrentar a desorganização que muitas vezes afeta as áreas de trabalho e aumenta o tempo de procura de recursos, quer internos quer externos à organização.

O objetivo das 5 fases da metodologia 5S é enfatizar a simplificação do ambiente de trabalho, gerir os locais de trabalho produtivos e reduzir o desperdício, promovendo simultaneamente a saúde, bem estar e segurança [24]. Esta metodologia, o 5S, permite que uma organização tenha princípios de sustentabilidade inerentes aplicando especificamente cinco fases, com uma nomenclatura japonesa [25]:

Seiri (organização) - é o primeiro passo da metodologia 5S, que envolve a remoção de itens desnecessários da área de trabalho, desobstruindo o espaço de trabalho e identificando ferramentas, materiais e equipamentos essenciais necessários para operações eficientes. Ao eliminar os itens desnecessários, o ambiente de trabalho torna-se mais organizado, facilitando a localização e o acesso a itens essenciais, reduzindo também a probabilidade de ocorrência de erros. O *Seiri* é crucial para criar uma base para as etapas subsequentes da metodologia 5S [26].

Seiton (arrumação) - o segundo passo envolve organizar os itens essenciais e não essenciais para que estes estejam facilmente identificáveis e acessíveis na área de trabalho. Neste passo é recomendado que a equipa de implementação se foque primeiramente na

disposição do *layout* do chão de fábrica. O objetivo final é garantir que cada item tenha um local específico ao qual se aceda facilmente e se possa fazer retornar o item após o seu uso [26].

Seiso (limpeza) - o terceiro passo diz respeito à limpeza e manutenção da área de trabalho, que inclui não só a remoção de sujeira e resíduos, mas também a identificação e correção de fontes dessa sujeira e desordem. A prática regular de limpeza ajuda a manter um ambiente de trabalho seguro, organizado e eficiente, contribuindo para a prevenção de acidentes e a melhoria da qualidade do trabalho [26].

Seiketsu (padronização)- o quarto passo tem como objetivo padronizar e elaborar procedimentos que mantenham as etapas anteriores, garantindo que a organização e limpeza sejam mantidas a longo prazo. Para isso, é necessário elaborar diretrizes para a manutenção da limpeza, a identificação de responsabilidades e a implementação de sistemas de monitorização que garantam a conformidade com os padrões estabelecidos [26].

Shitsuke (manutenção) – o último passo refere-se a "sustentar". Nesta etapa é estabelecido um sistema de gestão contínua para manter as melhorias alcançadas nas etapas anteriores, que inclua a criação de um sistema de monitorização e auditoria para garantir a conformidade com os padrões estabelecidos, o compromisso da equipa de trabalho e a implementação de um sistema de melhoria contínua que identifique e corrija problemas à medida que estes surgem [26].

O **Shitsuke** é considerada a fase mais importante dos 5S, e uma das ferramentas usadas para garantir que o **Shitsuke** está em vigor são as auditorias 5S. Em muitas ocasiões a limpeza realizada no final do dia de trabalho e inspeções diárias podem não ser sempre suficientes, e a liderança nestas situações deve atuar para que o sistema 5S que se estabeleceu não apresente falhas. Neste sentido, é comum a realização de uma auditoria que enfatize os benefícios do 5S e demonstrar o comprometimento da liderança. No entanto, o programa de auditoria não deve ser uma característica permanente, já que uma abordagem de gestão rígida contradiz os princípios da filosofia *Lean*. Os componentes fundamentais de um sistema de auditoria 5S são delineados da seguinte forma [26]:

1. Formulário de Auditoria 5S
2. Cronograma de auditorias
3. Rotação de auditores
4. Folha de Acompanhamento 5S

Estes elementos são cruciais para manter uma abordagem estruturada durante as fases iniciais da implementação do 5S, fornecendo um quadro de responsabilidade e melhoria na fase *Shitsuke* [26].

Assim, a metodologia 5S é cumumentemente utilizada na gestão de armazéns, local onde ocorre o manuseamento de grande quantidades de artigos, materiais e ferramentas que devem manter-se intactos tendo também para cada um destes três conjuntos de objetos, um espaço próprio definido em armazém [27]. Neste sentido, a metodologia 5S surge como motor de aumento da produtividade operacional e a satisfação dos clientes.

2.1.6.3 Kaizen

O *Kaizen*, base fundamental da Casa TPS, é uma filosofia japonesa que promove pequenas melhorias contínuas num processo ou sistema. A palavra *Kaizen* deriva de duas palavras japonesas: "*Kai*", que significa "mudança", e "*Zen*", que significa "melhor" [25, 26].

Atualmente, *Kaizen* é uma estratégia implementada por muitas empresas para melhorar a sua competitividade, reduzir custos, melhorar a qualidade e desempenho de entrega, melhorar a eficiência, reduzir a variabilidade e eliminar de desperdícios, e maximizar os seus recursos através da implementação de várias metodologias, como Controlo Total da Qualidade (TQC), Manutenção Produtiva Total (TPM), Melhoria da Qualidade, Automação, Controlo de Qualidade em Círculo (QCC) e o sistema de sugestões [28, 29].

2.1.6.4 Gemba Walks

Gemba é um termo japonês que significa "lugar real" onde a ação se desenrola, sendo uma definição desenvolvida na filosofia *Lean* que se refere ao local concreto de uma empresa onde o processo de produção se desenrola. Este termo deu origem às *Gemba Walks* que se baseiam no princípio de deslocação ao chão de fábrica para visualizar um processo, num movimento de saída do escritório para o local concreto onde o processo ocorre para auxiliar os envolvidos no chão de fábrica, não só na visualização do processo como também na resolução de problemas [30].

As vantagens do *Gemba Walk* assentam em particular no apoio à implementação da melhoria contínua (*Kaizen*) na padronização de processos através da ajuda de quem lidera, sejam gestores ou supervisores. A execução de *Gemba Walks* permite que se esteja em permanente contacto com as equipas envolvidas na produção, ajudando na observação dos problemas reais de desenvolvimento, na resolução imediata dos mesmos quando surgem e também na melhoria das relações entre operadores e superiores. A somar a isto, o *Gemba*

catapulta o alinhamento de esforços de todos os membros da equipa, promovendo um clima de perguntas e respostas que dá azo a oportunidades de melhoria na eficácia das pessoas e ao estreitamento de relações que já foi abordado [30].

Assim, as *Gemba Walks* atuam como um fator crítico de sucesso na orientação da filosofia *Lean* e também como um motor para sustentabilidade das melhorias que resultam dela, de tal modo que qualquer líder dentro da filosofia *Lean* deve colocar as *Gemba Walks* na sua ordem de trabalhos, no cumprimento de um dos princípios que estão enumerado na casa TPS, o *Genchi Gembutsu* [31].

2.1.6.5 *Kanban*

O *Kanban* é um sistema de gestão de produção desenvolvido pela Toyota em 1950, e significa cartão visual, na linguagem japonesa. Este sistema foi criado para ajudar no controlo do fluxo de materiais e peças em fábricas, permitindo que a produção seja ajustada de acordo com a procura do cliente, um princípio *Just-in-Time*, um dos pilares do TPS [32]. O princípio básico do sistema *Kanban* surgiu no Japão a partir da observação de abastecimento de supermercados americanos, em meados dos anos 50. Este abastecimento tinha lugar à medida que os produtos eram consumidos e o respetivo local na prateleira se ia esvaziando. Este esvaziamento originava a necessidade de reabastecimento, e, a partir desta ideia, *Taiichi Ohno* estabeleceu quatro características principais [33]:

- Remoção das mercadorias pelo próprio consumidor
- Distribuição das mercadorias em prateleiras
- Reposição feita de acordo com a procura
- Informações necessárias apresentadas num cartão

Os cartões *Kanban* são característicos de sistemas de produção *pull*, e são usados para sinalizar quando uma peça ou material é necessário numa determinada estação de trabalho, ou seja, funcionam como sinais indicadores de como e quando o produto se deve encaminhar ao longo do processo produtivo. Quando uma estação de trabalho precisa de uma peça ou material, ela envia um cartão *Kanban* para a estação de trabalho anterior, que então envia a peça ou material necessário. Isto permite que a produção seja ajustada de acordo com a procura do cliente, evitando o excesso de produção e minimizando o *stock* de materiais e peças [32].

Neste sentido, existem dois tipos principais de *Kanbans*. O primeiro é o ***Kanban de produção*** responsável pelo controlo da produção numa determinada fábrica, indicando

quando a produção de determinada peça deve começar com base na procura e *stock* disponível na fábrica. O segundo é o **Kanban de requisição**. Dentro do *Kanban* de requisição, existem dois tipos de cartões que são o **Kanban de transporte** e o **Kanban de requisição interna**.

O **Kanban de transporte** faculta a movimentação de um lote de artigos entre o fornecedor e o cliente, tendo informações como são exemplo a quantidade de peças a serem colocadas num contenedor e as fábricas anteriores onde a peça esteve envolvida. Semelhante ao *Kanban* de transporte, o **Kanban de requisição interna** atua como um *Kanban* de transporte mas dentro da própria fábrica, dando informações sobre o posto de trabalho anterior ao posto onde a peça se encontra no momento, dando conta da necessidade do produto ser transferido de um local para outro [34].

Com o avanço tecnológico, o sistema *Kanban* tradicional foi substituído pelo sistema *E-Kanban* ou *Electronic Kanban System*, um sistema que utiliza tecnologia digital, como são exemplo os códigos de barras ou até mesmo QR *Codes* em substituição do *Kanban* físico. As vantagens deste sistema eletrónico assentam nos seguintes tópicos [35]:

1. Rastreabilidade em tempo real: permite o acompanhamento em tempo real dos movimentos dos materiais ao longo do sistema produtivo
2. Visibilidade dos movimentos dos materiais ao longo do sistema de produção: permite uma visão clara em tempo real do fluxo dos materiais
3. Reconhecimento automático de entradas incorretas: permite identificar automaticamente entradas incorretas, *bins* vazios, contribuindo para a redução de erros e faltas de materiais
4. Automação do processo de reposição: melhora a gestão de inventário e a cadeia de abastecimento

Assim, o *E-Kanban* é importante porque permite a automação e melhoria do processo de gestão de inventário e reposição de materiais, contribuindo para a eficiência operacional e redução de custos em ambientes de produção [35].

2.1.6.6 *Heijunka*

O nivelamento da produção é um processo que tem por objetivo atingir uma programação estável na conceção de modelos mistos, sendo resultado da combinação de dois conceitos da filosofia *Lean*, sendo estes o Sistema *Kanban*, já explicado anteriormente, e o *Heijunka* [36]. *Heijunka* é um termo japonês que significa nivelamento de produção, tendo sido introduzido e desenvolvido por Shigeo Shing no Sistema Toyota de Produção (TPS) [37]. O método *Heijunka* divide o volume total de encomendas para um determinado período em

intervalos mais reduzidos de programação, ou seja, amortece as variações da procura, produzindo pequenos lotes de vários modelos diferentes na mesma linha [36]. Essa programação é posta em prática através da ligação com a metodologia *Kanban* e os cartões associados [38]. É uma abordagem que visa equilibrar o volume e a variedade de produção, criando um fluxo de produção uniforme e previsível. O objetivo do *Heijunka* é reduzir a variabilidade da procura do cliente e minimizar o tempo de espera, o *stock* e o tempo de ciclo de produção. Ele é usado para estabilizar o fluxo de produção, reduzir o efeito chicote (*bullwhip effect*) e melhorar a eficiência da produção [37].

O equilíbrio da produção é entendido como evitar picos súbitos do valor dos bens fabricados no programa de produção. Sem o nivelamento da produção numa empresa não se pode controlar e prever com precisão o programa de produção e o *stock* de produtos acabados e materiais. Os objetivos do nivelamento da produção são os seguintes [39]:

1. Fluxo contínuo na totalidade da cadeia de abastecimento.
2. Eliminação de picos de produção.
3. Redução do *stock*.
4. Redução da sobrecarga de trabalho.
5. Melhoria da capacidade de produção.
6. Maximização da eficiência.
7. Melhoria da competitividade.

O *Heijunka* pode ser materializado por meio da elaboração de uma "caixa" à qual se dá o nome de *Heijunka Box*. Esta caixa é dividida em linhas e colunas, sendo as linhas identificativas do que se quer produzir, e as colunas identificativas do momento em que se quer produzir, como ilustra a Figura 2.6. Em cada interseção do *Heijunka Box*, são colocados cartões de controlo (*kanbans*) que identificam os itens a serem produzidos e a respetivas quantidades.

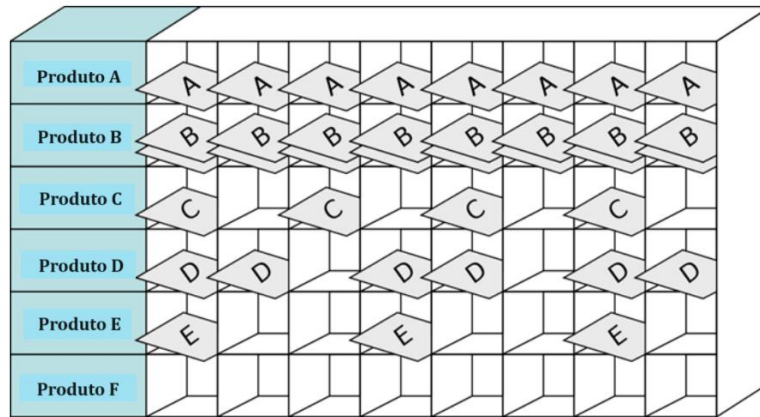


Figura 2.6 - Exemplo *Heijunka Box*

Adaptado de [40]

2.1.6.7 SMED

O SMED, ou *Single-Minute-Exchange of Die*, é um conceito originário do Japão, tendo sido introduzido e desenvolvido por Shigeo Shingo na Toyota entre 1950 e 1960. O objetivo do SMED é fundamentalmente reduzir o tempo de troca de ferramenta (tempo de *setup*) [41], sendo a metodologia baseada em várias etapas [42]:

1. **Fase Preliminar:** Nesta fase inicial, as atividades de *setup* interno e de *setup* externo não são distinguíveis, sendo apenas conhecidos os parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no *setup*. As atividades de *setup* interno são aquelas cujo a mudança de ferramenta se realiza com a máquina parada. As atividades de *setup* externo são aquelas cujo a mudança de ferramenta se realiza com a máquina em funcionamento. Para obtenção dos tempos das atividades, Shingo indicou a utilização de vários métodos [43]:
 - i) Uso do cronómetro para medição do tempo de realização de tarefas
 - ii) Estudo do método que incide sobre as atividades
 - iii) Entrevista com operadores
 - iv) Avaliação de filmagens das atividades para análise de como é realizada cada etapa operação, com a opção de apenas se levar a cabo observações e discussões informais com os trabalhadores.

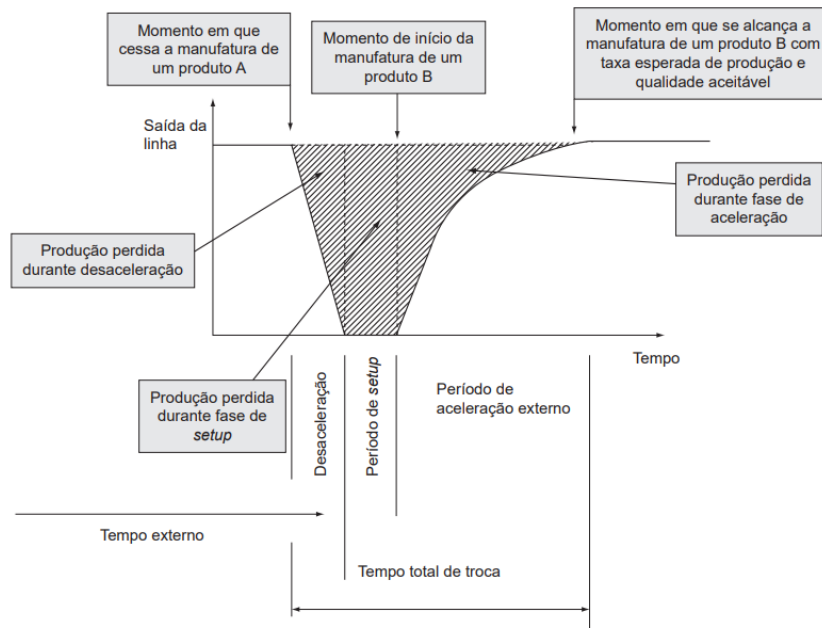


Figura 2.7 - Perdas de produção durante períodos de desaceleração e aceleração [43]

2. **Primeira Fase:** Utilizada a lista de tarefas que se obteve na primeira fase, sendo feita a separação das atividades de *setup* internas das externas. as operações internas são aquelas que só podem ser realizadas quando o processo está parado e as operações externas são aquelas cuja sua realização pode ser efetuada enquanto o processo está em execução. Através da diferenciação destes dois tipos de operações, exemplificado na Figura 2.7, tem-se como objetivo converter o maior número possível de operações internas em externas, reduzindo desta forma o tempo total de paragem para *setup*.

3. **Segunda Fase:** Conversão das atividades de *setup* internas em externas. Verificação das atividades para revisão das respectivas classificações para concluir se alguma delas foi erradamente identificada, com o intuito de converter as atividades de *setup* interno em externo.

4. **Terceira Fase:** Foco na melhoria de todos os aspectos das atividades de *setup*. eliminação de tarefas não essenciais e minimização do tempo necessário para as tarefas essenciais. Através da execução destas etapas, o resultado esperado é um afunilamento generalizado no tempo de *setup*.

A aplicação desta metodologia desenvolvida por Shingo permite obter dois benefícios principais, o aumento da capacidade de fabrico e a melhoria da flexibilidade do equipamento. Isto vai permitir trabalhar com lotes mais pequenos, criando um fluxo de materiais, eliminando a espera.

O SMED contribui para a redução do tempo de inatividade permitindo que as máquinas sejam configuradas mais rapidamente [42], conduzindo a um aumento da eficiência de produção, redução do desperdício e melhoria da capacidade de responder à procura de mercado [45].

Apesar da implementação do SMED envolver a necessidade de um investimento inicial em treinamento e capacitação da equipa de trabalho, bem como em ferramentas e equipamentos para suportar a metodologia. Esses investimentos são geralmente compensados pelos benefícios a longo prazo na redução do tempo de setup e da melhoria da eficiência operacional [41].

2.1.6.8 Trabalho Padronizado

A padronização de trabalho é uma ferramenta do paradigma da filosofia *Lean* que foi desenvolvida por Taiichi Ohno na década de 1950. Esta ferramenta baseia-se na realização de procedimentos de trabalho cujo objetivo passa por estabelecer a melhor metodologia para os processos e trabalhadores, e, por fim, a documentação da mesma [46]. Além disso, a padronização do trabalho assume-se como um método onde se busca orientar a condução das operações executadas num determinado posto de trabalho para evitar que sejam realizadas operações de forma aleatória e independente por parte dos operadores [47].

O Trabalho Padronizado envolve a definição de alguns elementos chave para sua implementação [48]:

- Tempo de ciclo: tempo para produção de um produto do início ao fim , correspondendo à procura do cliente. O tempo de ciclo calcula-se através da Equação 2.1:

$$TC = \frac{TOD}{PD} \quad (2.1)$$

Onde:

- TC= Tempo de ciclo
- TOD =Tempo de operação diário
- PD = Produção Diária

- *Takt Time*: tempo disponível para conclusão de um produto. O *Takt Time* calcula-se através da Equação 2.2:

$$TT = \frac{TET}{PC} \quad (2.2)$$

Onde:

- TT = *Takt Time*
 - TET = Tempo efetivo de trabalho
 - PC = Procura do cliente
- *Standard work sequence*: conjunto de sequência de tarefas representativas da melhor e mais segura maneira de se realizar o trabalho, sendo essa sequência de tarefas executadas por cada operador.
 - *Standard work-in-progress*: métrica definida pela procura de mercado, sendo o *stock* mínimo necessário para garantir um fluxo contínuo de produção.

O objetivo do Trabalho Padronizado é estabelecer métodos de trabalho consistentes e eficientes para realizar uma determinada tarefa, eliminando desperdícios, reduzindo variações e garantindo a qualidade do trabalho realizado e, por essas razões, a padronização torna-se a base para a melhoria contínua, permitindo que as organizações identifiquem atividades que agregam valor e minimizem o desperdício. No entanto, a padronização do trabalho não implica que uma rotina de trabalho nunca possa ser alterada, mas indica sim a melhor maneira de fazer um determinado tipo de trabalho. Esta flexibilidade que a ferramenta apresenta, permite a adaptação e melhoria contínua dos processos [46, 47].

2.1.6.9 Gestão Visual

A Gestão Visual é uma metodologia *Lean* que tem como fim adaptar visualmente a informação importante para todos, dando a conhecer diversas informações de uma forma que privilegia a sinalética visual ao invés de textos, facilitando a compreensão por todas as partes interessadas envolvidas [49].

O principal objetivo da gestão visual é promover a melhoria do fluxo de informação no local de trabalho e eliminar barreiras ao fluxo normal de informação. Com isto, é possível aumentar a transparência, a comunicação e a capacidade de gestão dos *stakeholders*. Outra vantagem da Gestão Visual é uma forma de superar barreiras linguísticas e de garantir que as

informações sejam compreendidas de maneira consistente por todos os membros de uma equipa de trabalho [49, 50].

A Gestão Visual inclui todas as ferramentas visuais e técnicas e é um sistema multifuncional que resume o trabalho a efetuar nos processos, fazendo parar a linha de produção em caso de erro na produção com dispositivos luminosos e sonoros como o *Andon*.

No âmbito da Gestão Visual, podem ser indicados alguns exemplos de utilização de ferramentas deste teor para vários parâmetros [51]:

- Gestão dos trabalhadores: Matriz de competências, *One point lesson* (OPL).
- Gestão de materiais: Cartões *Kanban*, Sinais luminosos e sonoros para assinalar a falta de materiais.
- Gestão de máquinas: *Poka-Yoke*, Inspeção de funcionamento das máquinas, Sistema LOTO, Planos de manutenção,.
- Gestão de métodos: Normas de segurança, Normas de trabalho.
- Gestão das medições: Marcação dos instrumentos de medição.

As ferramentas de Gestão Visual mais abordadas, *Poka-Yoke*, *Andon* e *Kanban*, são constituintes dos pilares do sistema de produção da Toyota, designados por *Jidoka* e *Just-in-time* (JIT) [50, 52].

Neste âmbito, identificaram-se nove funções que permitem ter uma visão abrangente acerca da utilização da Gestão Visual nas empresas e na tomada de decisões por parte das respetivas direções [53]:

1. Transparência: capacidade de comunicação num processo de produção.
2. Disciplina: estabelecimento de hábitos de execução correta de procedimentos.
3. Melhoria Contínua: processo focado na inovação sustentada.
4. Facilitação do trabalho: facilitação da rotina de trabalho através de avisos visuais.
5. Formação no local de trabalho: integração do trabalho com a aprendizagem.
6. Criação de uma cultura de trabalho: sentimento de ligação e posse dos operadores com o trabalho e objetos de trabalho, respetivamente.
7. Gestão por factos: utilização de dados estatísticos.
8. Simplificação: esforço concentrado na monitorização, processamento e visualização da informações em toda a empresa.
9. Unificação: remoção de barreiras e criação de empatia dentro da empresa através da partilha de informações.

Atualmente a Gestão Visual está a ser adotada em boa parte do mundo industrial no âmbito da inovação digital na melhoria da transparência, eficiência e tomada de decisões. Um exemplo de como a Gestão Visual está a ser usada na indústria de produção é a crescente implementação de painéis digitais que exibem dados em tempo real sobre métricas de produção, como tempo de ciclo, tempo de inatividade e qualidade [52].

A somar a isto, o uso da Gestão Visual pelas empresas traduz-se geralmente numa redução dos problemas de segurança e uma ferramenta que suporta a redução dos acidentes de trabalho [51].

2.1.6.10 Poka-Yoke

Os seres humanos têm tendência a cometer erros que por muitas vezes vão passando despercebidos ao longo do processo de fabrico, no entanto, mais tarde esses erros vão ser traduzidos em defeitos num determinado produto ou serviço. Neste sentido, surge a necessidade de promover alguns mecanismos em determinadas fases críticas do processo para que seja possível a deteção desses erros humanos [54].

Baseado nesta ideia surgiu o *Poka-Yoke*, um termo de origem japonesa que significa "à prova de erros". O *Poka-Yoke* é qualquer ideia, dispositivo, mecanismo ou solução para a deteção prévia de erros, sendo uma ferramenta *Lean* englobada dentro do conceito de *Jidoka*, [55]. Segundo Shingo, *Poka-Yoke* é um mecanismo que deteta erros e defeitos, que inspeciona a totalidade das peças, funcionando independentemente da capacidade de atenção do operador [56], e a lógica subjacente aos métodos *Poka-Yoke* é que é preferível colocar o trabalhador num ambiente de trabalho que facilite a execução das operações correctas e evite a execução de operações erradas.

Assim, assume-se que o *Poka-Yoke* é uma solução desenvolvida para reduzir o número de erros ou para os eliminar completamente utilizando mecanismos que permitam apenas a ligação ou encaixe de dispositivos na forma desejada com o fim de aceitar apenas a conceção de dadas peças na forma devida [54, 57].

2.1.6.11 Andon

À semelhança da ferramenta *Poka-Yoke*, a ferramenta *Andon* baseia-se num dos pilares *Lean*, o *Jidoka*, e funciona como um mecanismo para detetar falhas ou erros do sistema [58]. O *Andon* é um sistema de gestão visual em forma de sinal luminoso ou sonoro originado na *Toyota Motor Corporation* no Japão, utilizado para gerir as resposta à qualidade na linha de produção, através de um sistema de alerta dos operadores para suspensão imediata de uma

linha de produção para resolução de problemas, através da ativação manual de operadores da linha de produção ou de sensores que sinalizam as falhas que possam ocorrer [59].

Para as situações de sinais luminosos, o código verde significa que a produção está conforme, o código amarelo que ocorreu um problema e o código vermelho que a produção parou.

Desta forma o *Andon* permite melhorar a organização da produção, visualizar informações, transferir processos de forma transparente, gerir e melhorar a eficiência organizacional da produção [59, 60].

2.1.6.12 Diagrama de Esparguete

O diagrama de esparguete é uma ferramenta usada para visualizar e mapear movimentos de várias naturezas, quer seja o movimento físico de material ou de um trabalhador ao longo de uma determinada área [61]. Este diagrama através do desenho de linhas com várias cores e estilos distintos, permite mapear o fluxo de movimentos, ajudando na identificação do comprimento dos movimentos, a quantidade de movimentos e os cruzamentos ou interseções que possam existir.

Esta ferramenta permite observar e caracterizar as condições iniciais do processo em análise, e, por conseguinte, conduz não só à identificação de oportunidades de redução ou eliminação de desperdícios, mas também à identificação da ineficiência de movimentos e de áreas dentro do processo [61].

Em suma, através do uso de um diagrama de esparguete, é possível identificar movimentos ineficientes e as áreas ineficazes que possam estar associadas com o intuito de elaborar mudanças na organização do trabalho ou no *layout* da área de trabalho [62].

2.2 Outras ferramentas

Em adição às ferramentas anteriormente apresentadas, surgem outras ferramentas do âmbito da gestão da qualidade que podem ser utilizadas em apoio às ferramentas *Lean*.

2.2.1 Fluxograma

O fluxograma é uma ferramenta constituída por elementos ligados entre si que no seu conjunto representam e ilustram graficamente o fluxo de informação ou etapas de um dado processo [63].

A utilização de um fluxograma permite compreender de uma forma mais visual como um sistema funciona e capacita quem o visualiza a identificar dependências existentes entre as etapas dos processos, facilitando a identificação de oportunidades de melhoria e processos de tomada de decisão [64]. Na abordagem que se tem com o intuito de melhorar processos que já existam, de modo a alcançar a sua compreensão clara, o fluxograma assume-se como uma ferramenta importante no resumo e simplificação de toda a informação de um processo, sendo portanto essencial a construção de fluxogramas que descrevam o estado atual dos processos [64, 65].

2.2.2 Diagrama de Ishikawa

Após a descrição dos processos, torna-se necessário a identificação das ineficiências que os caracterizam, e, neste sentido, surge como ferramenta adequada o diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de Espinha de Peixe. Esta ferramenta, utilizada para identificar as causas raiz de problemas tem por objetivo conhecer a origem de um dado problema, para que se torne possível implementar soluções, eliminando os erros do futuro [66, 67]. O diagrama de Ishikawa auxilia na demonstração visual das diferentes causas que contribuem para um problema, uma vez que para aplicar este diagrama em primeiro lugar é necessário determinar os problemas e de seguida identificar os fatores que o causam. Desta forma, torna-se uma ferramenta fundamental para analisar a causa raiz de um problema, podendo ser combinada com a utilização da ferramenta 5W, para uma abordagem mais completa [67].

Na Figura 2.8 está representado um exemplo da estrutura de um diagrama de Ishikawa.

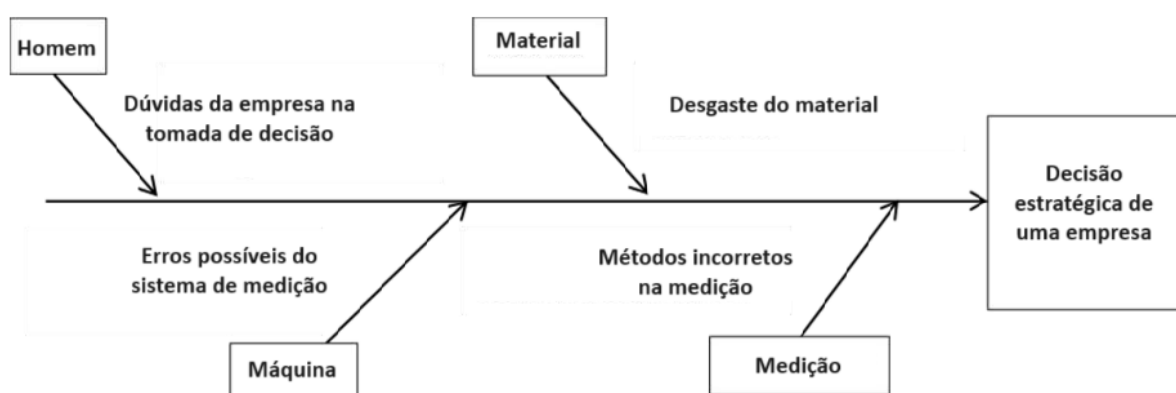


Figura 2.8 - Diagrama de Ishikawa

Adaptado de [67]

2.2.3 Diagrama de tartaruga

De acordo com a teoria da análise do método do processo, o diagrama de tartaruga é uma ferramenta de controlo de qualidade que permite identificar diferentes elementos de um processo [68].

Em primeiro lugar, tem-se em conta as partes de entrada e saída do processo de controlo da qualidade e obtêm-se os recursos materiais e os métodos envolvidos no processo em estudo. Em seguida, combinados com recursos materiais e elementos de métodos, são seleccionados elementos de apoio ao processo. Por fim, tem-se em conta os indicadores de desempenho do processo, os quais são determinados [64, 65].

Na Figura 2.9 estão representados os elementos constituintes de um típico diagrama de tartaruga.

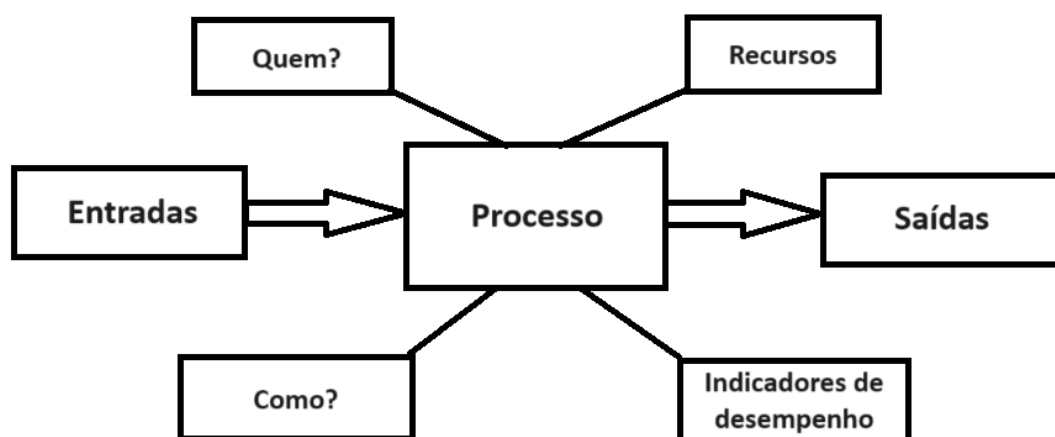


Figura 2.9 - Diagrama de Tartaruga
(Adaptado de [69])

2.2.4 SIPOC

O SIPOC é um acrónimo das palavras *Suppliers, Inputs, Process, Outputs e Customers*, e é reconhecido por ser um tipo de diagrama de estrutura simples e dinâmico que permite a compreensão clara dos elementos essenciais para a execução de um processo numa indústria ou serviço, ilustrando não só as etapas desse mesmo processo como também os respetivos elementos constitutivos [70, 71].

O SIPOC é normalmente utilizado na metodologia Seis Sigma, através da aplicação da ferramenta DMAIC (*Define, Measure, Analysis, Improve e Control*), nomeadamente na fase

Define, na qual se define o problema. Por meio do desenvolvimento da metodologia *Lean Seis Sigma*, tornou-se comum a utilização do SIPOC também no âmbito da filosofia *Lean* [71, 72].

Posto isto, é possível definir cada elemento constituinte do diagrama SIPOC [72]:

- **Fornecedores:** fornecem as entradas ao processo.
- **Entradas:** recursos necessários para o desenrolar do processo, podendo ser materiais, pessoas ou informação.
- **Processo:** atividades que transformam as entradas em saídas, dando lugar a um produto.
- **Saídas:** produto ou serviço resultado do processo, de acordo com requisitos do cliente.
- **Clientes:** entidade que usufrui do produto ou serviço formado

Tal como acontece no diagrama de tartaruga, esta ferramenta, o SIPOC, tem valor acrescentado para a identificação de falhas no processo pois através dos seus elementos é permitido ao leitor entender as entradas, saídas e ordem de atividades através de uma visualização global do processo.

2.2.5 Diagrama de Pareto e Análise ABC

O facto de existir uma grande quantidade de artigos a compor um sistema de inventário torna necessário que seja executado um controlo cujo a atenção não seja igual para todos esses artigos, garantindo que ao mesmo tempo seja especificada a altura em que deve ser feita uma encomenda de um artigo e quantas unidades devem compor essa encomendada.

A análise ABC é uma técnica de categorização de inventário usada na gestão de materiais e também na gestão da qualidade, sendo uma forma de ajudar os líderes de equipas a ajustar o seu tempo e atenção na melhoria das atividades de gestão de projetos [73]. Esta análise pode também contribuir para a visibilidade dos artigos onde é necessário ter um controlo maior por parte das empresas e conduzir até certos artigos que, tendo um baixo nível de rotatividade, podem ser retirados de armazenagem, de forma sustentada [74].

O intuito da Análise ABC pode ter objetivos distintos entre os quais estão:

1. identificar os materiais que geram maior lucro á empresa
2. identificar os materiais de maior movimento em armazém
3. identificar os materiais menos requisitados
4. identificar os materiais mais requisitados
5. identificar os materiais que constam em mais pedidos

Neste sentido, a classificação ABC divide os itens de inventário em três grupos com base nas compras anuais de um item de inventário. Os três grupos utilizados no sistema ABC são os seguintes [75]:

1. Artigos A (itens de alto valor): Os 15-20% dos itens que representam 75-80% do valor total anual do inventário.
2. Artigos B (itens de valor médio): Os 30-40% dos artigos que representam aproximadamente 15% do valor total do inventário anual.
3. Artigos C (artigos de baixo valor): Os 40-50% dos artigos que representam 10-15% do valor total do inventário anual.

A análise ABC augura um conjunto de passos, de acordo com o parâmetro que se pretenda ver analisado. Numa primeira fase é feita a classificação dos materiais por ordem decrescente do parâmetro analisado. Seguidamente procede-se ao cálculo da proporção que cada material contribui para a totalidade do parâmetro. Em terceiro lugar ocorre então a classificação segundo o princípio de Pareto, comparando os artigos A (cerca de 15-20% da totalidade dos itens) com a respetiva percentagem acumulada do parâmetro para esses mesmos artigos A (cerca de 75-80%). Este último passo é repetido para os artigos B e C.

Ao longo do tempo tem sido desenvolvida investigação que traz à análise ABC outros critérios além do volume monetário. Entre estes critérios encontram-se o tempo de espera, a criticidade do item, a durabilidade, a escassez, a reparabilidade, a semelhança, a substituibilidade, o número de fornecedores, o modo e o custo do transporte, a probabilidade de obsolescência ou deterioração e as quantidades de lote impostas pelos fornecedores [75].

2.3 Armazenagem *Lean*

Na gestão de uma cadeia de abastecimento a definição da política de gestão de *stocks*, isto é, a forma como se pretende definir o local, as ocasiões e de que produtos devemos ter *stock*, são questões centrais. Este tipo de gestão tem um impacto de relevo nas empresas de industriais, pelo que é necessário elaborar uma política que permita controlar os *stocks* de maneira eficiente e duradoura, que consiga conciliar um nível de serviço satisfatório com uma minimização dos custos associados à manutenção de inventário.

Segundo a literatura, um armazém pode ser definido como uma instalação integrada na atividade industrial que tem por objetivo principal satisfazer todos os trabalhos relativos à conservação e movimentação de mercadorias com o menor custo e a maior eficiência e rapidez

possível obedecendo a regras específicas de quantidade e qualidade de serviço definidas pela estratégia empresarial, evitando a perda de valor do produto final [77]. Embora o armazém seja visto na maioria das vezes como um local de reserva de materiais, este pode ser um local com o potencial de oferecer vantagem competitiva. Como as atividades do armazém são numerosas e realizadas diariamente, pequenas mudanças podem levar a grandes melhorias, tanto a nível dos custos como da produtividade [78].

2.3.1 Tipos de armazéns e suas atividades

No que diz respeito à sua localização numa fábrica, um armazém pode ser de vários tipos [77], [79] :

- **Armazém de matérias-primas:** tem como função efetuar a ligação entre os fornecedores e a linha de produção, proporcionando condições de uniformidade e continuidade no fornecimento da matéria-prima para a linha de produção. Os armazéns de matérias-primas mantêm o inventário perto ou nas fábricas, onde o apoio atempado aos programas de produção e montagem é a chave do sucesso.
- **Armazéns de material em processo:** mantêm o inventário nas fábricas ou perto delas e servem principalmente como amortecedores de variação entre os calendários de produção e a procura.
- **Armazém de Produto acabado:** O armazém tem como função efetuar a ligação entre a linha de produção e os clientes, atuando como um sistema de alimentação para que os produtos sejam servidos aos clientes nas melhores condições de tempo e qualidade.
- **Armazéns de distribuição:** recebem produtos de diferentes fábricas e atendem aos clientes com entrega no mesmo dia ou no dia seguinte
- **Armazéns públicos:** armazéns abertos ao público para o que são normalmente acordos de armazenagem de curto prazo, permitindo uma resposta rápida ao cliente.

Para um funcionamento correto das operações de um armazém, são realizadas determinadas atividades essenciais, apresentadas de seguida por ordem de acontecimento [77]:

1. **Descarga:** As matérias-primas ou produtos acabados chegam a um armazém para serem preparados para o processo de produção ou para serem fundidos com outros produtos acabados para operações futuras.
2. **Receção:** Controlo e verificação da quantidade, qualidade e codificação dos produtos e respetivos documentos que os acompanham. Aqui também é realizada a verificação e monitorização no Sistema de Gestão de Armazéns (SGA).
3. **Armazenagem dos produtos.** Os produtos são colocados em espaços de acordo com o tipo de carga, do elemento de contenção, da tecnologia de armazenagem e o Sistema de Gestão de Armazenagem (SGA) é atualizado com a informação necessária.
4. **Localização e extração:** O SGA regista com precisão o local exato ou a localização dos produtos armazenados, de modo a comandar qualquer transferência de produtos para o seu destino utilizando os dispositivos de manuseamento instalados nesse armazém. A regra geral utilizada num armazém para rodar corretamente os produtos é a FIFO (*First In First Out*); os produtos que entram primeiro no armazém são os primeiros a sair (normalmente isto é estabelecido pelas datas de expedição dos produtos).
5. **Consolidação para expedição:** Embalamento e acondicionamento do materiais antes de serem enviados para o seu destino, quer seja a linha de produção ou um cliente.
6. **Expedição:** Confirmação das quantidades dos materiais e carregamento do veículo ou meio de transporte ou entregam os bens a uma empresa transportadora ou a outro ponto da fábrica no caso de um armazém de aprovisionamentos. Os dados relativos à expedição são inseridos no SGA para que a rastreabilidade seja possível.

2.3.2 O conceito de Armazenagem *Lean*

A melhoria das atividades de armazenagem é um conceito que exige dos trabalhadores a sua disponibilidade plena para que a condição de melhoria contínua seja cumprida no processo de armazenagem. Um armazém é um local no qual também se encontram processos que acrescentam valor ao cliente, mas é também um local com grande potencial de causar inúmeros tipos de desperdício. Para que se preste um serviço ao cliente correto, num determinado tempo e local definido, a armazenagem *Lean* é um conceito que se deve ter em conta pois influencia direta ou indiretamente a redução de desperdícios quer na região a montante ou a jusante de uma cadeia de abastecimento, sendo isto apenas dependente da localização e da função dos armazéns nessa mesma cadeia de abastecimento [80].

Dentro do grupo de custos que constituem um processo logístico, 20 a 30% desses custos correspondem à armazenagem o que faz com este parâmetro seja um dos níveis mais relevantes da cadeia de abastecimento. Apesar disso, a armazenagem de *stock* nos armazéns e a própria movimentação de materiais são atividades que não oferecem valor acrescentado ao produto [81].

Ainda assim, as atividades que ocorrem num armazém não são apenas uma fonte de custos para a empresa, mas uma oportunidade de ser uma fonte de vantagem competitiva caso se consiga um nível de serviço elevado. Para isso, é imperativo que se instaure uma cultura *Lean* no trabalho de armazém para maior contribuição na redução de custos para a empresa.

Como já foi descrito, as operações de armazém são a descarga, receção, armazenagem, recolha de encomendas, embalagem e expedição. Assim, para a armazenagem *Lean*, é necessário que sejam nestas operações que é trabalhada a minimização de atividades que não acrescentam valor, que, dentro da filosofia *Lean*, estão englobadas em 7 tipos de desperdícios [80]:

1. Sobreprodução: reabastecimento, embalagem e recolha de produtos antes de serem necessários;
2. Tempo de espera: inclui a espera de inspeção e controlo, recolha, expedição, espera de dados,
3. Transporte: envolve transporte de inventário interno(materiais ou produtos);
4. Excesso de *stock*: todas as situações que causam excesso de inventário e congelamento dos activos da empresa ou rutura de *stock* e utilização não otimizada do espaço,

5. Sobreprocessamento: inclui actividades de inspeção desnecessária, recolha e embalagem de encomendas
6. Movimento: envolvem movimentos desnecessários de empregados causados por encaminhamento ineficiente,
7. Defeitos: envolve actividades causadas por retrabalho, devoluções de ajuste de acordo com o pedido do cliente, porque o manuseamento e expedição de produtos defeituosos, danificados, errados ou mal rotulados, erros, discrepâncias de inventário ou materiais em falta;

A aplicação da estratégia *Lean* no armazém centrar-se-á na eliminação das perdas e, por conseguinte, na minimização dos custos do armazém. Como resultado, pode esperar-se uma vantagem competitiva crescente com base numa resposta eficiente e eficaz aos pedidos dos clientes.

Apesar de na cultura *Lean* a visão ser influenciada pelo pilar *Just in Time*, que tem como objetivo diminuir os níveis de inventário através de uma coordenação perfeita entre a oferta e a procura, nem sempre é conveniente e confortável porque o serviço ao cliente pode ser afetado, algo que traria consequências negativas para o negócio de qualquer empresa [77].

2.4 Utilização de ferramentas *Lean* na indústria vidreira

Ao longo dos anos as empresas têm vindo a procurar métodos de inovação nas suas áreas nomeadamente através do uso da filosofia *Lean* nos seus processos e métodos, sendo que a grande maioria das empresas que adotam o uso desta filosofia centram-se na indústria automóvel e de componentes eletrónicos, estando ainda escassa a implementação das ferramentas *Lean* na indústria alimentar [76]. Apesar disso, têm vindo a surgir na indústria alimentar algumas técnicas *Lean* à medida que aumenta não só o conhecimento sobre estas mas também a adaptação das mesmas aos contextos da indústria alimentar.

São diversos os casos de estudo que enfatizam a implementação bem-sucedida de ferramentas *Lean*, sendo que também existem outros casos em que foram feitas análises acerca de uma futura implementação nesse sentido.

Num estudo de caso intitulado "Aplicação da metodologia SMED na indústria vidreira", desenvolvido por Hélder Sanches, apresentado em 2015 na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), foi aplicada a metodologia SMED na empresa BA Vidros para reduzir o tempo de mudança de ferramentas. Primeiramente, o autor implementou o 5S para organizar o ambiente e preparar a equipa de trabalho para um ambiente de melhoria contínua.

Entre as melhorias aplicadas, destacou-se a criação de folhas de registo para controlar as afinações e o uso de garrafas antigas sem defeitos para calibrar as máquinas sem precisar esperar pela produção. O autor também propôs a aquisição de um centro de máquina que permitiu a pré-montagem das estrelas, convertendo o tempo interno em externo, além de introduzir escalas e máquinas pneumáticas para agilizar o processo de mudança. A normalização do processo de mudança de fabrico foi outro ponto importante, facilitando intervenções rápidas e garantindo que todos os operadores seguissem os mesmos procedimentos. As melhorias implementadas no estudo de Hélder Sanches incluíram a colocação de ajudas visuais nas máquinas rotativas, a criação de instruções de trabalho para os valores de autoconfiguração de um dos tipos de máquina rotativa, a introdução de um quadro de afinação de padrões nas máquinas rotativas, além de fichas de afinação para essas máquinas e para os paletizadores. Essas ações resultaram em maior eficiência e redução do tempo de *setup* na produção da BA Vidros [97].

Em 2022, Marcelo Cardoso realizou um estudo de caso utilizando a metodologia SMED, integrada com outras ferramentas *Lean* na empresa SBVidros. Neste estudo intitulado de "Implementação de SMED em máquinas de inspeção automáticas da indústria do vidro" as melhorias propostas foram baseadas na recolha de informações dos afinadores e na análise dos dados das mudanças de ferramenta. Como resultado, a média geral do tempo de mudança foi reduzida em 18%, um valor significativo considerando a maturidade da empresa e melhoria já existente nos processos. Além disso, a qualidade das mudanças foi mantida, sem aumento na rejeição de amostras [98].

Noutro estudo de caso desenvolvido em 2014 por Francisco Ferrão um estudo intitulado de "Aplicação da Metodologia *Lean* Seis Sigma na Otimização do Nível de *Stocks*. Caso de Estudo na Indústria Vidreira", teve-se como objetivo reduzir o valor financeiro imobilizado no armazém de produtos acabados de uma empresa da indústria vidreira, por meio da criação de *stocks* de segurança e da melhoria dos níveis de *stocks*. Diversas ferramentas *Lean* e Seis Sigma foram aplicadas para recolha e análise de dados, identificando a ausência de *stocks* de segurança e uma classificação inadequada dos *stocks* como causas de baixa rotatividade dos produtos. A aplicação do ciclo DMAIC, especialmente a Análise ABC, mostrou-se eficaz para melhorar a gestão e o controlo dos stocks, trazendo benefícios que podem ser replicados em outras organizações, resultando em maior qualidade e satisfação dos clientes [99].

ESTUDO DE CASO

Numa fase introdutória deste capítulo são apresentados conteúdos relativos à empresa onde foi desenvolvido o estudo, tendo em conta a história da empresa, o produto e a caracterização dos processos. Numa segunda fase são identificadas as operações em estudo e os respetivos problemas identificados para que posteriormente sejam apresentadas propostas de melhoria e respetivas implementações.

3.1 O vidro e sua introdução na indústria alimentar

O produto correspondente ao processo no qual se desenvolve este estudo, o vidro, é um material sólido, transparente, reciclável e com uma elevada resistência térmica e química [82]. Formado pela mistura de diversos minerais retirados da natureza, na sua formação são utilizados a areia de sílica, o carbonato de sódio, calcário e ainda vidro reciclado. A somar a estes elementos, para dar coloração ao vidro, podem ser adicionados outros ingredientes que sirvam para o efeito [83, 84].

O vidro pode ser modificado de várias maneiras para atender a diferentes necessidades e aplicações. Algumas formas de modificar o vidro incluem a adição de outros componentes, como óxidos metálicos (altera as propriedades físicas e químicas, como cor, resistência e ponto de fusão), tratamentos especiais, tratamentos térmicos ou químicos para melhoria das propriedades (como resistência mecânica, resistência química, transparência), e combinação com outros materiais (como plástico, para criar produtos híbridos com propriedades específicas, como resistência ao impacto em vidros de segurança para automóveis). Essas modificações permitem que o vidro seja adaptado para uma ampla gama de aplicações, como são exemplos os recipientes de laboratório ou noutra gama as fibras óticas [82].

Segundo a norma NP-3548, são definidos alguns termos a utilizar na indústria do vidro de embalagem no que diz respeito à nomenclatura, representada na Figura 3.1, especificações técnicas e defeitos.



Figura 3.1 - Nomenclatura das zonas de uma garrafa de vidro

A zona da marisa é a área da garrafa cujo o destino é a alocação de um sistema de fecho, sendo a primeira zona a ser moldada no processo produtivo. O corpo é a zona de maior área na garrafa, e incorpora também o ombro e o calcanhar da garrafa. Por fim o fundo assume-se como a zona onde a garrafa é sustentada.

Aos dias de hoje uma grande porção de alimentos é embalada em recipientes de vidro, sendo vários os exemplos: café instantâneo, misturas secas, especiarias, alimentos transformados para bebês, produtos lácteos, açúcar, conservas, pastas para barrar, xaropes, fruta transformada, legumes produtos à base de peixe e carne, mostardas e condimentos, por exemplo. Já as garrafas de vidro são bastante utilizadas para produtos alimentares como cervejas, vinhos, bebidas espirituais, licores, refrigerantes e águas minerais. Dentro destas categorias de alimentos e bebidas, os produtos variam de pós secos a líquidos, alguns dos quais são carbonatados e embalados sob pressão, e produtos que são esterilizados pelo calor. As embalagens de vidro oferecem diversas vantagens para a indústria alimentar, são elas [85]:

1. Aparência - a embalagem de vidro oferece uma imagem de qualidade.
2. Transparência - uma vantagem distintiva, permitindo que o comprador veja o produto.
3. Variedade de texturas possíveis - inclui superfície lisa, textura de gelo ou designs específicos.
4. Diversidade de cores - disponíveis com o uso de diferentes materiais.
5. Opções decorativas - são exemplos a impressão cerâmica, revestimento em pó e rótulos.

6. Impermeabilidade - o vidro é adequado quer para alimentos líquidos quer para sólidos.
7. Potencial de design.
8. Estabilidade térmica - o vidro é adequado para processos como enchimento a quente e esterilização.
9. Adequado para uso em micro-ondas, com recomendações de segurança.
10. Resistente a violações de segurança, podendo ser evidenciado por métodos como envolvimento com plástico termo retrátil.
11. Facilidade de abertura - o que reduz o risco de mau alinhamento do fechamento.
12. Proteção UV - especialmente para o caso do vidro âmbar.
13. Resistência ao impacto e alta capacidade de carga - facilita o manuseio e reduz custos de armazenagem e distribuição.
14. Facilidade de limpeza e secagem - as superfícies de vidro são fáceis de limpar e secar antes de enchimento.
15. Benefícios a nível ambiental - as embalagens de vidro são retornáveis, reutilizáveis e recicláveis.

3.2 Grupo Vidrala

O Grupo Vidrala, cujo logotipo está representado na Figura 3.2 é uma organização espanhola cujo negócio é o fabrico de embalagens de vidro para uso alimentar, oferecendo um leque de serviços de embalagem, incluindo soluções logísticas e de enchimento de bebidas.



Figura 3.2 - Logotipo Vidrala [86]

O Grupo Vidrala tem no seu leque organizacional um conjunto de empresas situadas em vários países da Europa e América, como identifica a Figura 3.3, nomeadamente em Espanha, Portugal, Reino Unido e Irlanda, e Itália, com 3, 2, 2 e 1 unidades industriais, respetivamente, constituindo um total de 8 fábricas em todo o Grupo. O Grupo Vidrala é composto por duas unidades de negócios diferentes, estando a sede central localizada em Llodio, Álava (Espanha):

- Fifty (Instalações de Espanha e Portugal)
- Encirc (Instalações do Reino Unido e Itália)

Nestas unidades industriais ocorrem atividades baseadas num processo industrial contínuo e ininterrupto, 24 horas por dia, 365 dias por ano, estando cada fábrica sujeita a riscos e complexidades inerentes à natureza intensiva da produção.

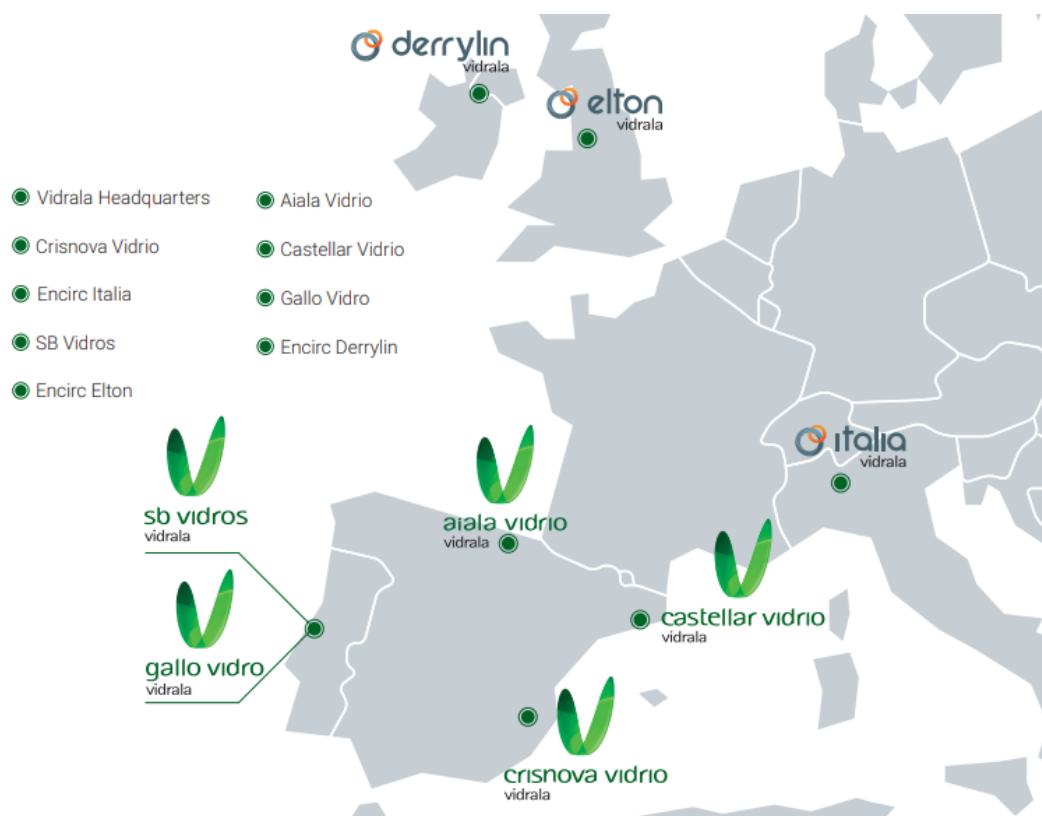


Figura 3.3 - Unidades industriais do Grupo Vidrala [83]

No Grupo Vidrala, os produtos são vendidos a um vasto leque de clientes, normalmente detentores de marcas de consumo de alimentos e bebidas, nos seus respectivos setores de atividade.

Atualmente as vendas do Grupo Vidrala situam-se maioritariamente na região geográfica da Europa Ocidental e do Reino Unido. As embalagens de vidro produzidas destinam-se a uma vasta gama de produtos alimentares e bebidas, entre os quais estão o vinho, cerveja, conservas alimentares, água, refrigerantes, água e bebidas espirituais. Neste sentido são produzidas mais de 8 mil milhões de garrafas e frascos por ano, que posteriormente são vendidos a mais de 1600 clientes.

3.2.1 Evolução histórica, visão, missão e valores do Grupo Vidrala

O Grupo Vidrala foi fundado em Llodio, um município da província de Álava, em Espanha, no ano de 1965. No ano 1966, foi criada a primeira fábrica, Vidrierias de Álava S.A., com a instalação de um forno e duas máquinas com capacidade de produção anual de 25000 toneladas, e uma dúzia de modelos.

Após 10 anos de estabelecimento no mercado vidreiro, em 1977 foi iniciado o processo de produção sob pressão, um processo de sopor em garrafas leves, que viria a permitir à Vidrala tornar-se num líder tecnológico no mercado espanhol, reduzindo o peso médio dos seus recipientes. Em 1981, a produção finalmente conseguiu atingir o resultado de 130000 toneladas anuais, tendo sido obtido ao mesmo tempo uma poupança energética de 50% através da transformação dos fornos, mantendo ao mesmo tempo a capacidade produtiva [83, 84]. Após este crescimento exponencial da empresa, no ano de 1985 a Vidrala conseguiu estar cotada com sucesso nas bolsas de Madrid e Bilbao, ponto de partida para novos desafios e investimentos, tanto que, em 1989 foi iniciada a atividade em Caudete (Espanha), com capacidade produtiva de 95000 anuais, permitindo um aumento da capacidade de produção total da empresa para 225000 toneladas anuais, agora com três fornos de fusão. Em 1995, foi instalado o terceiro forno em Aiala, que aumentou a sua capacidade produtiva anual em 110000 toneladas, o que permitiu ao então Grupo Vidrala aumentar o total de produção para 340000 toneladas. Três anos depois, em 1998, foi instalado o segundo forno em Crisnova, permitindo ao Grupo atingir um total produtivo de 450000 toneladas anuais [83, 84].

Em 2003, o Grupo Vidrala entra oficialmente na indústria portuguesa, o ponto de partida para a internacionalização do Grupo através da aquisição da fábrica Ricardo Gallo Vidro de Embalagem, uma produtora vidreira com mais de 100 anos situada na cidade da Marinha Grande. Com a adição desta fábrica, o grupo passou a ter uma capacidade produtiva total anual de 610000 toneladas [83, 84]. O ano de 2005 ficou marcado pela aquisição de duas fábricas, a BNS *Glasspack* em Castellar del Vallés (Espanha) e a *Avir* em Corsico (Itália), investimentos como resultado do plano estratégico, que permitiram o crescimento da

capacidade produtiva anual para 805000 toneladas na Península Ibérica, e 950000 toneladas na totalidade do grupo. No ano de 2006 foi estabelecida a nova imagem corporativa do Grupo, sendo o nome Vidrala a encabeçar este Grupo constituído até à data pela *Aliala Vidrio*, *Crisnova Vidrio*, *Castellar Vidrio*, *Gallo Vidro* e *Corsico Vetro*. Em 2007, foi adquirida pelo Grupo Vidrala a empresa belga de vidro *Manufacture Du Verre S.A*, por intermédio da aquisição das instalações produtivas da *Verlipack* [83, 84]. Em 2015, o Grupo Vidrala consegue tornar-se o 4º maior operador europeu, através da aquisição da *Encirc Limited* passando o grupo a oferecer um serviço industrial completo na área vidreira, passando a incluir não só o fabrico de embalagens de vidro, mas também serviços logísticos associados e processos de enchimento. O ano de 2017 marca a aquisição da empresa SBVidros localizada na Marinha Grande. Esta aquisição permitiu consolidar a posição do Grupo Vidrala no mercado ibérico, trazendo grandes benefícios para os clientes, funcionários e *shareholders*. No ano de 2019, o Grupo Vidrala completou a venda da *Manufacture Du Verre S.A* que desde o ano de 2007 estava integrada no Grupo. Desta forma, foi terminada a participação da Vidrala na Bélgica.

O Grupo Vidrala tem como visão "Uma organização de classe mundial onde os nossos clientes, colaboradores e fornecedores estão no centro da nossa ação" e como missão " Uma equipa, inovadora e em constante melhoria, que fornece soluções de embalagem sustentáveis". Neste sentido, o o Grupo definiu para si vários valores, os quais são o compromisso com os clientes, compromisso com o desenvolvimento das pessoas, a sustentabilidade o alto desempenho, a inovação e melhoria contínua e a colaboração [84].

A somar a isto, na identidade do Grupo Vidrala estão inseridos pilares estratégicos os quais são a satisfação dos clientes, satisfação dos empregados, desempenho operacional e a rentabilidade e reinvestimento contínuo. Já os pilares de medição são os clientes, as pessoas, a excelência operacional e a criação de valor através de um investimento melhorado.

3.2.2 Unidade industrial SBVidros

Como já foi referido a SBVidros foi fundada em 12 de novembro de 1889, sendo a mais antiga fábrica de vidro em laboração em Portugal. Apesar de ser mais do que centenária, é uma unidade industrial moderna e competitiva, possuindo uma significativa capacidade de produção, obtida através de processos altamente sofisticados e automatizados.

Esta unidade industrial de elevada dimensão, como se verifica pela Figura 3.4, traduz-se numa grande capacidade de produção ao produzir anualmente mais de 1600 milhões de embalagens, sendo a empresa na qual foi feito o estudo de caso que aqui será exposto [83, 84].



Figura 3.4 - Unidade industrial da SBVidros [87]

Atualmente a SBVidros é a maior unidade produção de vidro de embalagem da Península Ibérica. Integra, desde outubro de 2017, o Grupo Vidrala, e possui um volume de negócios que a coloca entre as 200 maiores e melhores empresas do país. É ainda uma das maiores empresas do distrito de Leiria e a maior e mais antiga empresa do concelho da Marinha Grande, empregando cerca de 550 trabalhadores.

A SBVidros possui 4 fornos de fusão de vidro, 13 máquinas AIS/NIS de gota dupla, tripla e quádrupla. A fábrica em uma produção de cerca de 400000 toneladas de vidro por ano e o número de trabalhadores desta unidade industrial ronda as 550 pessoas.

A estrutura organizacional da SBVidros, apresentada na Figura 3.5, está depende da sua própria fábrica nas operações do dia a dia, existindo uma dependência funcional dos serviços centrais. Em primeiro lugar, na hierarquia encontra-se a direção de exploração da Vidrala na península ibérica, seguidos do diretor da fábrica. Noutra grau hierárquico surgem os diferentes departamentos da fábrica, a Tecnologia do vidro, Aprovisionamentos, Logística, Tecnologia de informação, Finanças, Comercial, Produção, Recursos humanos, Qualidade e segurança alimentar, Segurança e Higiene, Ambiente, Manutenção e Melhoria contínua. Nos casos do departamento de produção e de manutenção, existem divisões de acordo com áreas específicas dentro da fábrica, tendo para cada uma delas responsáveis específicos que coordenam o trabalho

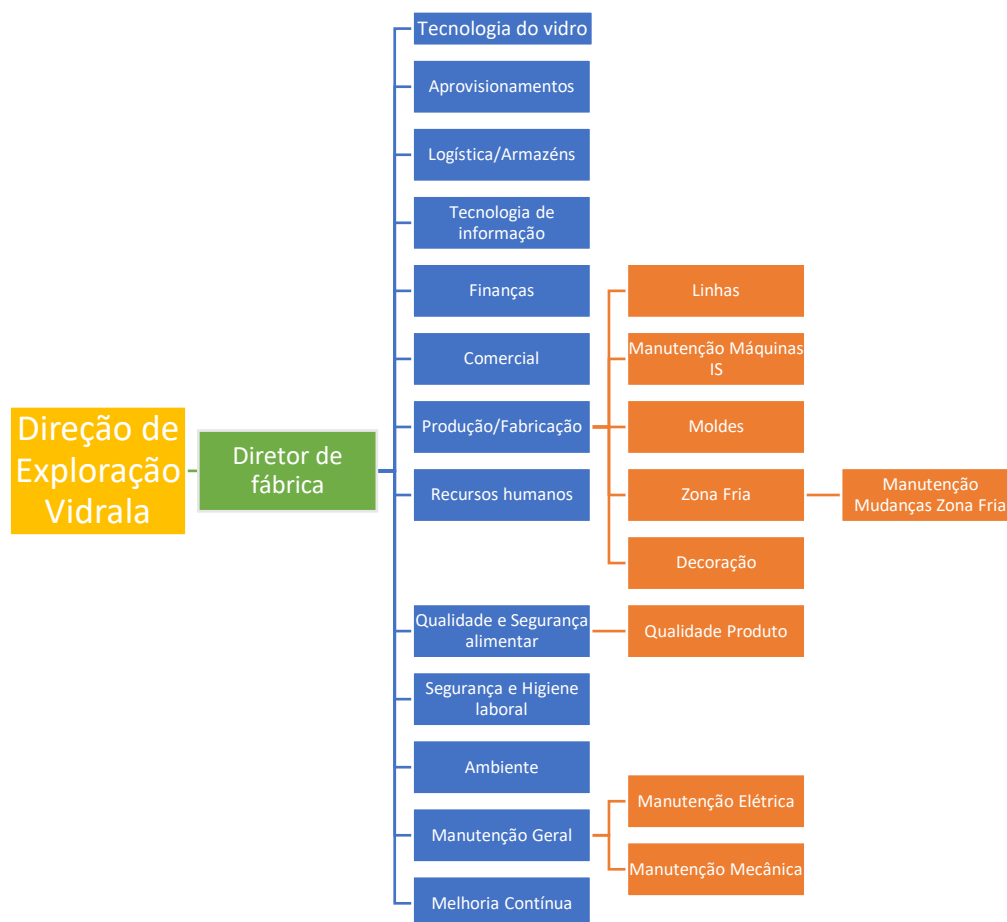


Figura 3.5 - Organograma SBVidros

3.3 Processo de fabrico da embalagem de vidro

O processo produtivo é totalmente equivalente em todas as unidades industriais que constituem o Grupo Vidrala, no qual se inclui o processo produtivo da SBVidros, e a grande particularidade que valoriza o Grupo Vidrala está assente no facto de a matéria-prima que irá constituir as embalagens, o vidro, ser totalmente produzida em todas as fábricas.

Na Figura 3.6 é apresentado um esquema representativo da produção de embalagens de vidro, desde a formação do vidro à produção da garrafa, controlo de qualidade e paletização. As fases gerais do processo produtivo estão ainda representadas na Figura A.1, no Anexo A.

Estas fases de produção traduzem-se dentro da fábrica a várias unidades distintas, e qualquer embalagem de vidro produzida pela Vidrala passa por zonas da fábrica que se assemelham em todas as fábricas do grupo, sendo elas [83]:

1. Composição e fusão
2. Zona Quente
3. Zona Fria I
4. Zona Fria II
5. Armazém de produto acabado e Logística

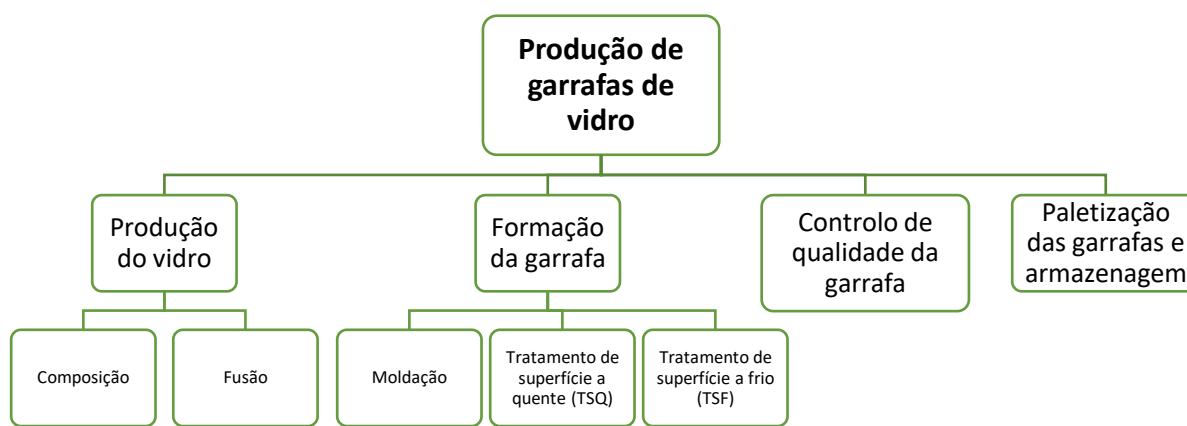


Figura 3.6 - Produção de garrafas de vidro

3.3.1 Produção do Vidro

Esta área inicia com a receção da matéria prima até à entrega do vidro nas máquinas de moldação em condições de homogeneidade, estabilidade e de temperatura indicadas pela produção.

3.3.1.1 Composição

Nesta fase, procede-se à armazenagem da matéria-prima, seguida da sua dosagem e mistura. Inicialmente, a matéria-prima proveniente dos camiões de aprovisionamento faz o carregamento dos silos responsáveis pela armazenagem da matéria-prima, durante um processo onde também é verificado o estado de qualidade. Por conseguinte é executado o doseamento dos componentes que farão parte da mistura para que seja garantida a homogeneidade da mesma. O processo característico desta fase encontra-se representado por um diagrama SIPOC presente na Figura A.2, no Anexo B.

A partir da Tabela 3.1 é possível conhecer todos os componentes que constituem a mistura que dará origem ao vidro de embalagem, componentes estes que, segundo a sua dose na mistura, permitem fabricar garrafas com características distintas. Exemplo dessas características é a cor que, neste momento, a SBVidros tem catalogadas três cores diferentes, o âmbar, âmbar escuro e verde escuro.

Tabela 3.1 - Composição do vidro de embalagem

| COMPOSTO | % DO TOTAL |
|---|------------|
| DIÓXIDO DE SILÍCIO (SiO_2) | 70-72 |
| ÓXIDO DE SÓDIO (Na_2O) | 12-14 |
| ÓXIDO DE CÁLCIO (CaO) | 9-11 |
| ÓXIDO DE MAGNÉSIO (MgO) | 0-3 |
| ÓXIDO DE ALUMÍNIO (Al_2O_3) | 1-2 |
| ÓXIDO DE POTÁSSIO (K_2O) | 0-1 |

No entanto, é possível ocorrer variações ao nível do tipo de produto desejado que conduzirá naturalmente a uma variação da quantidade matérias-primas utilizadas. Para cada um destes compostos, um aumento pode provocar alterações ao nível das propriedades do vidro. O processo de mistura de matérias-primas encontra-se representada por um diagrama SIPOC presente na Figura A.3, no Anexo B.

3.3.1.2 Fusão

Após a junção de todas as matérias-primas, a mistura formada em lote e o vidro reciclado deslocam-se através de uma correia transportadora até aos fornos constituídos por tijolos refratários cujo funcionamento é assegurado por gás natural e eletricidade. Nestes fornos o material é fundido a uma temperatura entre os 1500°C e 1600°C, num processo que ocorre durante 24 horas. O processo característico desta fase encontra-se representado por um diagrama SIPOC presente na Figura A.4, no Anexo B.

O vidro fundido, ou massa vítrea, move-se sob ação da gravidade ao longo de um tanque de fusão e, através deste percurso, a massa é homogeneizada e afinada através de um controlo minucioso da temperatura do forno. É nesta fase que se torna essencial garantir a homogeneidade térmica de toda a massa para que no final do processo produtivo seja possível obter um produto de qualidade. Para que ocorra o aquecimento dentro do forno, existem em cada um queimadores alimentados a gás natural presentes nas paredes do tanque de fusão e

também existe um sistema de *boosting* constituído por diversos eléctrodos colocados de forma estratégica ao longo do solo do tanque, eléctrodos esses que contactam diretamente com o vidro fundido. É através deste sistema de *boosting* que se eleva a temperatura mais rapidamente, no entanto, este sistema consome uma quantidade elevada energia eléctrica, pelo que o seu funcionamento acarreta um custo maior em comparação com os queimadores alimentados a gás natural. Para a coordenação do uso energético, é utilizado um *software* adequado para leitura de temperaturas através de diversos termopares instalados ao longo das paredes de cada forno.

Na Figura 3.7 é possível observar um forno idêntico com os fornos presentes na unidade industrial SBVidros.



Figura 3.7 - Forno de fusão de vidro

Na zona de fusão, o vidro fundido é direcionado para a zona de trabalho e seguidamente distribuído para os *feeders* que o entregam a cada linha de produção nas máquinas de moldação da fase seguinte. Este momento do processo encontra-se representado por um diagrama SIPOC presente na Figura A.5, no Anexo B. Os *feeders* são equipamentos que conduzem a massa vítrea do forno até às máquinas de moldação, ajustando ao mesmo tempo a temperatura dessa massa de modo a produzir gotas com características desejadas, ou seja, o objetivo principal desta zona do processo é garantir a uniformização da temperatura do vidro em toda a massa que está a ser conduzida. O tipo de forno, assim como alguns componentes que o constituem, estão ilustrados na Figura 3.8. Desta forma a mistura de matérias-primas é transformada em vidro fundido.

Após o processo de fusão e refinação, o vidro fundido está pronto para ser moldado, sendo conduzido para um forno onde é acondicionado numa temperatura uniforme [83, 84].

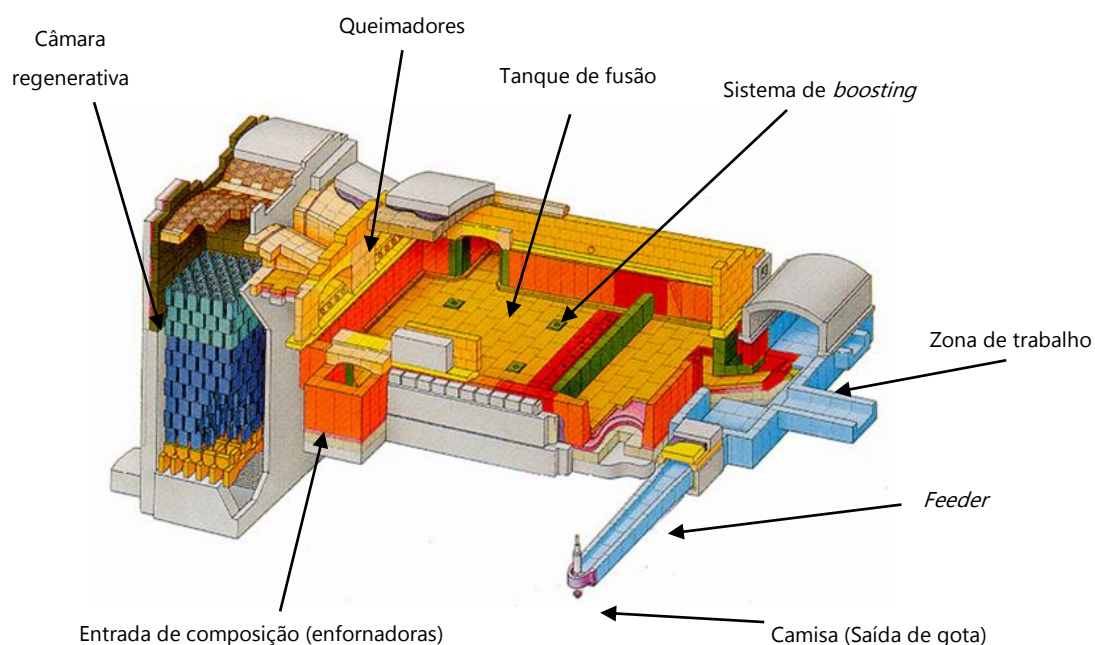


Figura 3.8 - Componentes de um forno regenerativo
(Adaptado de [89])

3.3.2 Formação da garrafa

A formação da garrafa, na zona quente, é responsável pelos processos de **moldação**, **tratamento de superfície a quente (TSQ)** e **recozimento**.

3.3.2.1 Moldação

Nesta fase, representada por um diagrama SIPOC presente na Figura A.6, no Anexo B, a matéria-prima proveniente da fase de fusão chega por meio de canais de acondicionamento, os *feeders*, às máquinas de moldação, as Máquinas *IS* (*Individual Sector*). Os *feeders* são canais construídos com o mesmo tipo de material refratário utilizado nos fornos e, além da função de transporte, são igualmente responsáveis pelo resfriamento parcial da mistura de 1500°C para cerca de 1100°C. O fluxo de vidro derretido entra num alimentador, na Figura 3.8 denominado de camisa, e é empurrado para o *feeder*. A partir daqui, o vidro fundido é dividido por tesouras mecânicas que cortam pedaços da massa vítrea em gotas que constituem o peso do recipiente final, gotas estas que irão cair em queda livre através de distribuidores, rampas e defletores para as diferentes secções das Máquinas *IS*. As máquinas *IS* caracterizam-se pelo número de setores, pelo tipo de gota e pela distância entre o centro das cavidades. O número

de garrafas produzidas em cada máquina depende do número de secções, número de cavidades em cada secção, e ainda da velocidade da própria máquina. No caso da SBVidros, existem máquinas com uma, duas e três cavidades, às quais se dão o nome de máquinas de gota simples, gota dupla e gota tripla, respetivamente. O caso de uma máquina de gota tripla está ilustrado pela Figura 3.9.



Figura 3.9 - Formação de garrafas numa máquina IS de gota tripla [90]

Existem dois métodos de moldação em vigor na SBVidros, o método *Blow and Blow* (BB) e o método *Narrow Neck Press and Blow* (NNPB). Em ambos os métodos uma pré-forma, ou *parison*, é moldada e só após isso é executado o sopro, sendo o sopro final da garrafa idêntico em ambos os casos. Os dois métodos distinguem-se pela maneira como é formada a *parison*.

- Processo BB

Ao longo do processo de moldação a principal variação tem lugar na forma como o *parison* é formado. No caso do processo *Blow & Blow*, BB, quando é cortada pelas tesouras, a gota é encaminhada para o contra-molde, como indica a imagem A da Figura 3.10, a partir do qual ocorre uma ação pneumática, como indica a imagem B da Figura 3.10. Por conseguinte, é dada à gota a forma do molde por ação de um sopro contrário ao primeiro, como indica a imagem C da Figura 3.10. Nesta altura é formado o *parison*. Esta pré-forma da embalagem final fica com a marisa formada de imediato, e condiciona o sucesso da moldação final pois é nisto que é dada a capacidade ao vidro de se alongar para as zonas pretendidas da embalagem final. Até aqui, no processo BB, a ação é apenas pneumática sem haver a intervenção mecânica de um punção que dê a primeira forma à gota. Numa segunda fase do processo BB o *parison* é invertido, como se pode ver na imagem D da Figura 3.10, sendo transferido para o molde final no qual ocorre a ação de um sopro pneumático, como indica a imagem F da Figura 3.10,. É aqui que é finalizada a forma da embalagem final. Na imagem G da Figura 3.10 embalagem

está pronta para dar saída da máquina IS e entrar no tapete que a vai conduzir aos tratamentos de superfície [83, 84].

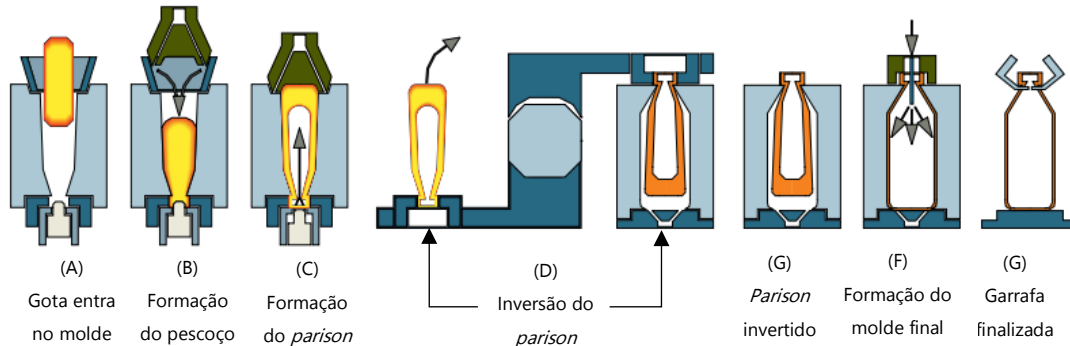


Figura 3.10 - Processo *Blow & Blow*

- Processo NNPB

O processo NNPB, representado na Figura 3.11, é um método utilizado na fabricação de recipientes de vidro, que foi introduzido para permitir um melhor controlo sobre a distribuição de vidro no recipiente. No decorrer deste processo, ao contrário do processo soprado-soprado, o *parison* é formado pela ação de um punção metálico. Este punção empurra o vidro de encontro ao contra-molde conferindo-lhe a sua pré-forma, e, ao mesmo tempo permite retirar energia térmica ao interior do vidro. Após a inversão do *parison*, o processo NNPB é em tudo semelhante ao processo BB, ou seja, por ação pneumática, o vidro é empurrado contra o molde que lhe confere a sua forma final [83, 84]. No processo NNPB, o *plunger* desempenha um papel fundamental na distribuição uniforme do vidro dentro da cavidade do molde e na remoção da energia térmica suficiente das superfícies externas do vidro para permitir a transferência para a próxima etapa do processo de formação, a etapa de sopro [92].

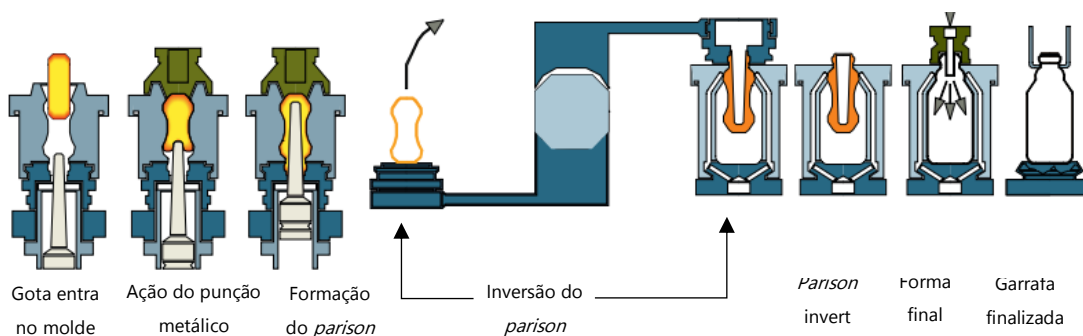


Figura 3.11 - Processo *Narrow Neck Press & Blow*

3.3.2.2 Tratamento de superfície a quente (TSQ)

O vidro é um material com elevada resistência teórica, no entanto, no decorrer do processo produtivo de uma embalagem de vidro, e na ausência de proteção externa adicional, são diversas as situações nas quais esta fica exposta à possibilidade de ocorrência de danos mecânicos que podem conduzir à sua rutura.

Assim, após o processo de moldação, quando as garrafas se encontram a uma temperatura entre 520 a 650° C, é feita uma deposição química em fase de vapor (CVD - *Chemical Vapour Deposition*) de uma camada metálica à base de cloreto de estanho ($C_4H_9SnCl_3$) nas garrafas recém-formadas que providencia à embalagem uma maior resistência mecânica [93]. Este material é aplicado através de túneis onde os componentes orgânicos entram em contacto por evaporação. Durante este tratamento o cloreto de estanho reage com a superfície do vidro, formando uma camada fina de estanho na superfície, que reage então com os grupos hidroxila (OH) presentes na superfície do vidro, formando ligações químicas covalentes entre o estanho e o vidro.

Na Figura 3.12 está exemplificado o caso para a aplicação de MonobutilTricloreto de estanho ($C_4H_9SnCl_3$).

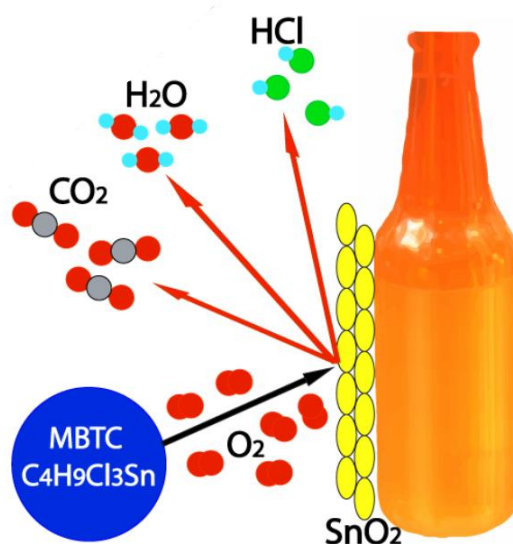


Figura 3.12 - Deposição de TSQ

(Adaptado de [94])

Para se conseguir uma correta aplicação do TSQ, é imperativo o controlo de certos parâmetros, são eles:

- Velocidade do ar de recirculação movimentado por um sistema que permite diminuir o consumo;
- Concentração do produto químico no ar circulante;
- Temperatura de superfície das garrafas;
- Temperatura do ar de recirculação, que se deve situar entre os 120 e os 180°C, visto que abaixo dos 120°C a o produto não evapora corretamente e acima de 180° evapora em excesso.

Esta deposição tem também como objetivo a formação de uma base para o tratamento que irá proceder o TSQ, que é o tratamento de superfície a frio (TSF). O processo característico destas duas fases encontram-se representados por diagramas SIPOC presentes na Figura A.7, no Anexo B.

A espessura do revestimento de cloreto de estanho é expressa na indústria como "*Coating Thickness Unit*" (CTU) e é medida no departamento de controlo de qualidade através de um aparelho de medição do TSQ da *American Glass Research* (AGR), ilustrado na Figura 3.13. Este dispositivo mede a intensidade da luz refletida pela superfície do vidro e converte o sinal em CTU's calibrado em função da quantidade de estanho presente na superfície do vidro. Através deste aparelho de medição de CTU's, é possível analisar a distribuição do revestimento a quente nos diferentes pontos do perímetro da garrafa [95].



Figura 3.13 - Aparelho de medição do TSQ (corpo)

Os valores de CTU são adaptados a cada tipo distinto de garrafa, estando os seus valores médios na SBVidros atualmente a rondar os 30 a 90 CTU para o corpo da garrafa, e os 0 a 20 CTU para a marisa da garrafa. O motivo pelo qual os valores de TSQ na marisa são inferiores aos de TSQ no corpo da garrafa, é o facto de o excesso de TSQ nessa região favorecer o aumento do processo de oxidação na tampa metálica que futuramente será colocada na garrafa, tendo como exemplo uma garrafa de cerveja.

A técnica de medição do TSQ não deteta nem corrige a espessura do revestimento a frio de polietileno que é descrito na fase de tratamento de superfície a frio. Os valores de CTU são também influenciados por alterações do índice de refração que resultam de outras alterações que ocorrem na composição da película de cloreto de estanho ou do vidro de base. O alcance da máquina de medição é de 1 a 99 CTU. Cada unidade de CTU equivale a cerca de 0,20 nm de espessura [95].

3.3.2.3 Recozimento

Posteriormente ao TSQ, as garrafas são novamente aquecidas até uma temperatura de 550°C através de um forno de recozimento no qual também se dará um arrefecimento lento e controlado durante cerca de 45 minutos, tempo no qual as garrafas atingem aproximadamente a temperatura ambiente. Este processo, a que se dá o nome de recozimento, garante uma maior durabilidade para as garrafas, permitindo reduzir as tensões internas no vidro que tiveram origem no processo de moldação até valores mínimos, inferiores ao da tensão de rutura para melhoria das propriedades mecânicas por meio da reorganização molecular da estrutura vítrea [83, 84]. O recozimento é um processo que se dá em quatro fases distintas:

1. Pré-aquecimento: o vidro aquece até à temperatura de recozimento (TSR).
2. Manutenção: após atingir o TSR, a garrafa permanece um período de tempo suficiente para que ocorra a redução das tensões internas através da homogeneização da estrutura molecular.
3. Arrefecimento: a garrafa arrefece a uma velocidade baixa e constante, até à temperatura inferior de recozimento TIR (*Strain Point*) para que novas tensões internas não apareçam ou reapareçam.
4. Arrefecimento Rápido até à temperatura ambiente

O tempo do processo de recozimento está relacionado com a espessura da garrafa de vidro. O processo característico desta fase encontra-se representado por um diagrama SIPOC presente na Figura A.8, no Anexo B.

Após o recozimento efetuado nas garrafas, estas chegam à Zona Fria, secção que é responsável pelo transporte e controlo de qualidade, sendo subdividida em dois processos, o revestimento a frio e o controlo da qualidade.

3.3.2.4 Tratamento de superfície a frio (TSF)

Nesta fase é feita a aplicação de um revestimento a frio de um líquido lubrificante à base de polietileno cujo objetivo é permitir que as garrafas possuam uma maior resistência a riscos e fraturas que possam ocorrer devido ao atrito entre elas. Neste momento do processo, a garrafa que é sujeita ao TSF deve estar a uma temperatura que varia entre os 66 a 177°C, e a substância de polietileno aplicada na mesa representada na Figura 3.14 deve estar a uma temperatura que entre os 82 a 113°C [93].



Figura 3.14 - Mesa de aplicação de TSF

Este revestimento permite uma melhoria no transporte das garrafas nas linhas de montagem e nos paletizadores, quer nos da própria fábrica, quer nos dos clientes [83, 84]. Esta fase deve também ser caracterizada pela aprovação de órgãos reguladores que garantam não só que a aparência da garrafa não é posta em causa, mas também que o produto que será acondicionado na garrafa não seja contaminado por este revestimento.

O revestimento deve ser também caracterizado pela sua transparência permitindo ao mesmo tempo a aplicação de rótulos na fase final do processo produtivo. Para controlo e aferição da eficiência do TSF, o laboratório da SBVidros utiliza um instrumento de medição denominado *Tilt Table*, um aparelho que mede os ângulos de deslizamento.

Neste aparelho desenvolvido pela AGR a análise do ângulo de deslizamento faz-se sabendo que quanto menor o ângulo, maior será a lubricidade da garrafa, logo melhor a deposição do TSF. Nesta medição usando uma *Tilt Table* são utilizadas três garrafas, colocadas na mesa na posição horizontal. Ao longo da medição a *Tilt Table* inclina-se e, ao ser ultrapassado o atrito estático, a garrafa escorrega e atinge uma parede que interrompe automaticamente a inclinação da mesa. A fase de TSF encontra-se representada por um diagrama SIPOC presente na Figura A.19, no Anexo B.

3.3.3 Controlo de qualidade

Nesta zona é feita a análise para inferir se a embalagem reúne o conjunto de características ou especificações requeridas pelos clientes. O processo característico desta fase encontra-se representado por um diagrama SIPOC presente na Figura A.10, no Anexo B.

A qualidade do produto é controlada de duas formas, através da amostragem regular pelos técnicos de laboratório de controlo de qualidade e através de máquinas de inspeção automática (MIAS). Na área de inspeção automática, são utilizadas verificações de natureza eletrónica, mecânica e manual que garantam a elevada qualidade das garrafas. Estas máquinas que detetam defeitos e rejeitam, através de um sopro de ar comprimido, as que não cumprem com os requisitos pré-estabelecidos.

As MIAS podem ser divididas em:

- Mias de inspeção visual: identificam defeitos das paredes da garrafa;
- Mias de inspeção rotativa (representada na Figura 3.15): verificam se existem fissuras e controla, a espessura da parede e parte dimensional do gargalo da garrafa;
- Mias de inspeção de boca e fundo: medem a capacidade e fazem análise dimensional através de máquinas laser que regulam a qualidade individual de cada garrafa.

Os resultados das amostragens, bem como as rejeições das máquinas de inspeção automática, são imediatamente comunicados à Zona Quente para que sejam novamente fundidas no forno. Esta comunicação deve-se ao facto de as garrafas possuírem um código de pontos que identifica o molde as originou. Assim, por meio da leitura do código de cada garrafa, torna-se possível identificar diretamente os moldes que produzem os defeitos e, numa segunda fase, proceder à sua substituição.



Figura 3.15 - MIA rotativa da SBVidros

3.3.4 Paletização e etiquetagem

A somar aos controlos de qualidade executados, na Zona Fria ocorrem ainda processos de embalagem, encaixotamento e rotulagem. Numa secção diferente da anterior, a Zona Fria II é responsável por paletizar, de acordo com requisitos dos clientes, as garrafas já inspecionadas. Em alguns casos, diversas garrafas vão para a zona de Decoração onde são executadas operações de serigrafia nas garrafas antes de irem para a paletização. Os requisitos de paletização estão relacionados com o tipo de palete utilizado, o tipo de inter camadas e ainda a altura das paletes, requisitos estes que permitem garantir a rigidez das paletes. O processo de paletização obedece a requisitos que são dados pelos clientes. Estes requisitos têm em conta o tipo de estrado utilizado, número de camadas por palete, tipo de cobertura de plástico, tipo de cintagem a envolver a palete, tampa ou bandeja sobre a palete e por fim o tipo de saia que está na parte inferior da palete.

Em primeiro lugar ocorre a formação de uma camada pelo *stacker*, posteriormente são colocados os tabuleiros de separação das camadas. Estando completada a palete, é colocada uma cinta que envolve as as paletes de forma vertical ou horizontal, conforme o material em questão. Numa fase posterior, as paletes são revestidas com uma manga de plástico ou com um filme de plástico retrátil de polietileno através de uma estufa que faz com que o plástico adira à palete. Este processo serve para oferecer maior robustez à palete, para proteção do conteúdo e para facilitação do transporte. Após a paletização ocorre a rotulagem onde se expõe a informação necessária, seguindo-se depois a gravação do chip RFID (*Radio Frequency*

Identification) necessário para identificação por parte das empilhadoras. A partir daqui, as paletes são embaladas e ficam prontas a ser armazenadas no armazém de produto acabado [83], [84]. Os processos característicos destas fases encontram-se representados por diagramas SIPOC presentes na Figura, A.11, no Anexo B.

3.3.5 Armazenagem de produto acabado e transporte

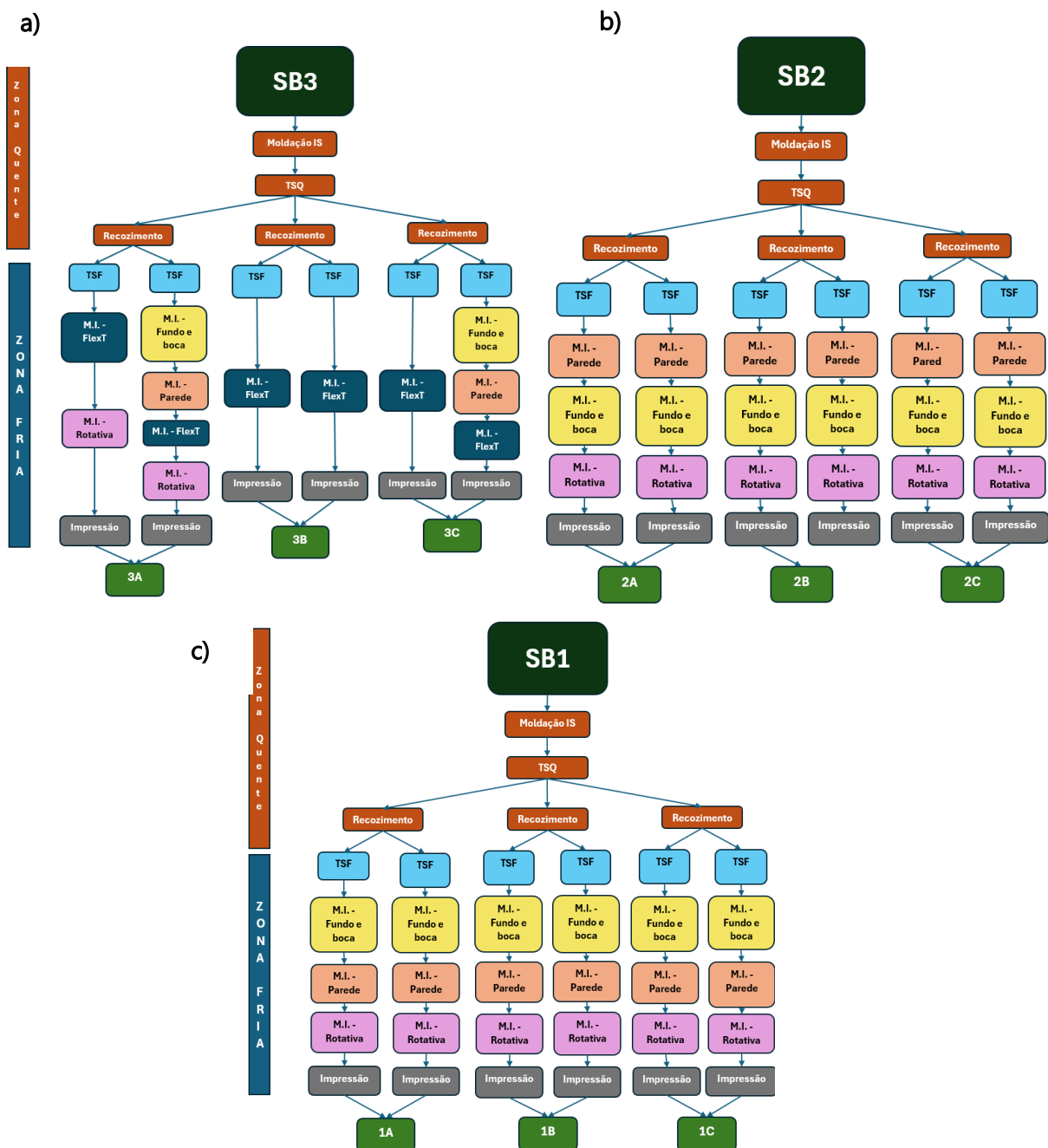
Após o processo de paletização, dá-se lugar à alocação das paletes que contêm essas garrafas para o armazém de produto acabado, por meio da utilização de empilhadoras. Este processo encontra-se apresentado na Figura A.12, no Anexo B. Ao contrário da produção dos fornos de produção do vidro, a procura que caracteriza os clientes não é constante, pelo que deve ser garantido uma quantidade elevada de *stock* que é responsável pela grande ocupação de superfície em armazém. Desta forma, nos armazéns é procurada a flexibilidade para corresponder a cada cliente e ao mesmo tempo garantir a eficiência no deslocamento das paletes e ocupação que as mesmas têm em armazém, visto que os custos totais de armazenagem são elevados. Para transporte de produto acabado até ao cliente, e mesmo no transporte entre armazéns, utilizam-se camiões pertencentes à própria empresa ou, na necessidade de mais viaturas para estas tarefas, são contratadas empresas que efetuam o restante transporte [83, 84]. No processo de expedição para o cliente e também no transporte entre armazéns do Grupo Vidrala, são utilizados camiões pertencentes à secção responsável pelos transportes, a Vidrala *Logistics*. Esta secção do Grupo Vidrala tem na sua frota ao momento 70 camiões, como é exemplo o apresentado na Figura 3.16.



Figura 3.16 - Camião da Vidrala *Logistics* [96]

3.3.6 Mapeamento das linhas de produção SBVidros

No âmbito do reconhecimento do processo produtivo e de iniciação á análise de processos, foi elaborado um mapeamento às linhas de produção da SBVidros, mapeamento esse representado pela Figura 3.17. Na imagem a) encontra-se o mapeamento das linhas de produção do forno 3, na imagem b) o mapeamento das linhas de produção do forno 2, e na imagem c) o mapeamento das linhas de produção do forno 1.



a) forno 3; b) forno 2; c) forno 1

Figura 3.17 - Mapeamento de linhas de produção

Atualmente a unidade industrial SBVidros conta com a presença de quatro fornos, o Forno SB1, o Forno SB2, o Forno SB3 e o Forno SB4. Posteriormente a estes fornos, segue-se a moldação nas máquinas IS, seguidas do TSQ. Por conseguinte, após o TSQ, é dada origem a três linhas que se direcionam para uma arca de recozimento. A partir daqui, as linhas seguem dois ramais distintos, à exceção do Forno SB4, que ao momento se encontra em manutenção. Nestes ramais, é feito o TSF nas garradas seguidas da passagem pelas máquinas de inspeção automática (Mias), que, de acordo com a linha de produção, diferem na ordem de passagem e na quantidade de máquinas. Tendo em conta atualmente a existência de três fornos em funcionamento que originam seis ramais cada existem no total 18 ramais na Zona Fria que afunilam para 9 linhas de saída.

3.3.7 Metodologia de projeto 5S no Armazém de Aprovisionamentos

O projeto 5S, antes de se dar início aos passos que o caracterizam, teve como base a identificação e mapeamento dos processos de trabalho centrais que ocorrem no armazém de aprovisionamentos da SBVidros. Para isso foi acompanhado um operador de armazém na execução das tarefas características da receção, entrega e devolução de material. Após o mapeamento destas tarefas, das quais se obtiveram algumas oportunidades de melhoria, procedeu-se à fase do 5S, descritas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Passos do Projeto 5S do armazém de aprovisionamentos

| PASSO NÚMERO | PASSO TÍTULO | OBJETIVO | RECURSOS |
|--------------|--|--|--|
| PASSO 0 | Zero S PREPARAÇÃO DO PROJETO, PLANEAMENTO & KICK OFF | Revisão do processo de aplicação do 5S para adoptar e aplicar na fábrica. Formação na metodologia 5S. Definição de recursos e elementos necessários para a equipa. | - Responsável de área - Equipa - Quadro de gestão de projecto - Camera - Plant Manager |
| PASSO 1 | 1º S Triagem (Seiri) INSPEÇÃO | Identificar, classificar, separar e remover da zona de trabalho todos os itens desnecessários, mantendo somente aquilo que é usado. Arrumar a área com toda a equipa e redefinir novas condições padrão. | - Formador - Equipa - Etiquetas - Área de "Items à espera de decisão" - Camera - Equipa |
| PASSO 2 | 2º S Arrumação (Seiton) ORGANIZAÇÃO & IDENTIFICAÇÃO | Determinar onde e como os materiais necessários devem ser armazenados. | - Formador - Camera - Equipa |
| PASSO 3 | 3º S Limpeza (Seiso) ELIMINAÇÃO/MITIGAR FONTES DE SUJIDADE & DEFINIÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA ROTINEIROS | Identificar e eliminar as fontes de sujidade. Manter a área de trabalho organizada e limpa. Definir tarefas padrão de limpeza. | - Equipa - Formador - Serviços subcontratados de limpeza |
| PASSO 4 | 4º S Padronização (Seiketsu) DEFINIÇÃO DE STANDARDS | Padronizar as regras de limpeza, organização e (Verificações/ lubrificações básica, níveis de lubrificação/ reposição de consumíveis) Estabelecer pontos visuais de arrumação fáceis e instintivos, de modo a ser fácil de perceberem de como deve estar de modo correcto a área de trabalho. | - Formador - Equipa - Formador |
| PASSO 5 | 5º S Suster e sistematizar (Shitsuke) SUSTENTABILIDADE | Criar uma cultura de rigor, controlo dos standards e melhoria Alcançar os níveis de standardização e assegurar que a cultura de limpeza e organização é um hábito | - Responsável da área - Equipa - Formador |

Em primeiro lugar, no passo 0, procedeu-se se a uma breve explicação sumária do projeto aos elementos da área seguida da explicitação de tarefas e funções a executar.

Posteriormente neste passo deu-se lugar a uma avaliação do *layout* da área de trabalho e foi colocado um quadro de gestão visual na área onde estão a ser executados projetos.

Em segundo lugar, no passo 1, foram tiradas fotografias prévias à atuação do projeto que servissem para comparar no fim do projeto as áreas onde o projeto 5S incidiu. Posto isto, na lógica do primeiro passo, o *Seiri*, iniciou-se não só a identificação e listagem de todos os itens necessários e desnecessários em armazém mas também o envio para a uma zona definida dos itens em que existam dúvidas sobre o seu destino final. Ainda neste passo foram analisadas as razões para o aparecimento de itens desnecessários. Neste passo, teve lugar durante um largo período a realização de inventário ao armazém para confirmação de itens existentes no ERP, e para descoberta de itens não identificados

Em terceiro lugar iniciou-se o passo 2. Neste passo foi definida a melhoria de *layout*, principalmente na definição de zonas de trabalho concretas, algo que não existia até então. Por conseguinte foi feita uma análise da frequência de utilização de cada item, análise ABC, de modo a encontrar um ponto adequado de arrumação. De seguida foi feita a definição do modo de identificação de cada elemento e equipamento, através da elaboração e alocação de etiquetas padronizadas para todos os materiais do armazém. Por fim procedeu-se ao estabelecimento de uma localização da estação de limpeza e definição dos itens que a devem constituir.

Em quarto lugar, o passo 3, o *Seiso*, teve em grande medida a limpeza a fundo de toda a área e identificação de fontes de sujidade e de desorganização. Para isso, foram identificados pontos críticos para limpeza e elaboradas instruções diárias, semanais e mensais para correta padronização da limpeza do armazém.

Em quinto lugar, no passo 4, foram integradas as padronizações definidas com os operadores de armazém e ainda feita a definição de pontos chave de verificação para cada procedimento ou instrução de trabalho

Por último, no passo 5, planeou-se a identificação, medição e definição de objetivos de pontuação das auditorias, e ainda desenvolveu-se um plano de reuniões de evolução do programa de 5S (semanal, mensal ou trimestral).

3.3.8 Metodologia do projeto de redução do consumo de TSQ

No projeto de redução de consumos de TSQ, seguiu-se uma metodologia que incidiu em vários departamentos, nomeadamente o controlo de qualidade, a fabricação, manutenção e a ainda a oficina IS. Para organizar este projeto seguiram-se as seguintes etapas descritas na Figura 3.18.

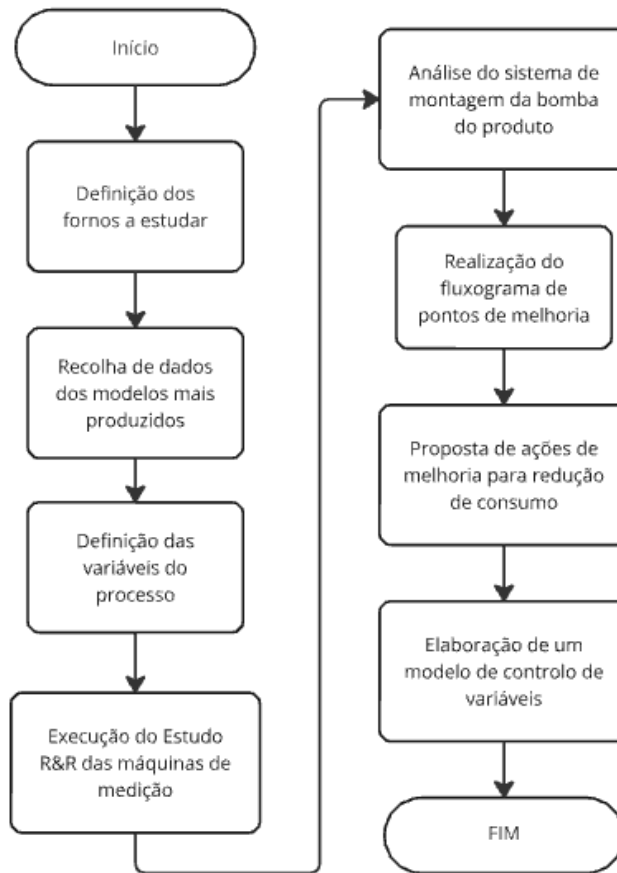


Figura 3.18 - Metodologia do Projeto Redução de Consumos TSQ

Em primeiro lugar foi definido o local de estudo, isto é, as linhas de produção dos fornos que seriam alvo de análise e redução de consumos do TSQ. Posto isto deu-se lugar á recolha de dados relativos aos consumos feitos para os modelos mais produzidos nos fornos seleccionados na etapa anterior. Por conseguinte foram estudadas as variáveis do processo que se haviam de controlar a par do próprio consumo de TSQ.

Os valores de consumo de TSQ que foram estudados são resultado de testes executados no laboratório de controlo de qualidade da SBVidros, e, como tal, procedeu-se a uma análise de fiabilidade do sistema de medição baseada num estudo de repetibilidade e reprodutibilidade, comumente conhecido como estudo R&R. De seguida foi analisado o sistema de bombeamento do produto de TSQ e não só foi feita a caracterização deste sistema, como também foi feito o mapeamento e instrução de montagem do mesmo,

A partir daqui, seguiu-se a análise das ações feitas no processo de dosagem do produto e a análise da comunicação feita entre departamentos para controlo do TSQ, a partir daí conseguiu-se obter várias oportunidades de melhoria nos diferentes papéis que cada

departamento desempenhava neste processo. Por último, foi elaborado um modelo de controlo do consumo de TSQ através da ferramenta *Power BI*.

3.3.9 Metodologia do projeto de organização do material de embalagem

O projeto desenvolvido teve como objetivo reduzir o impacto da presença de material destinado a embalagem no armazém de produto acabado. Neste sentido, de modo a atingir os objetivos, foi seguido um conjunto de etapas para alcançar o objetivo final. A metodologia utilizada está representada no fluxograma da Figura 3.19.

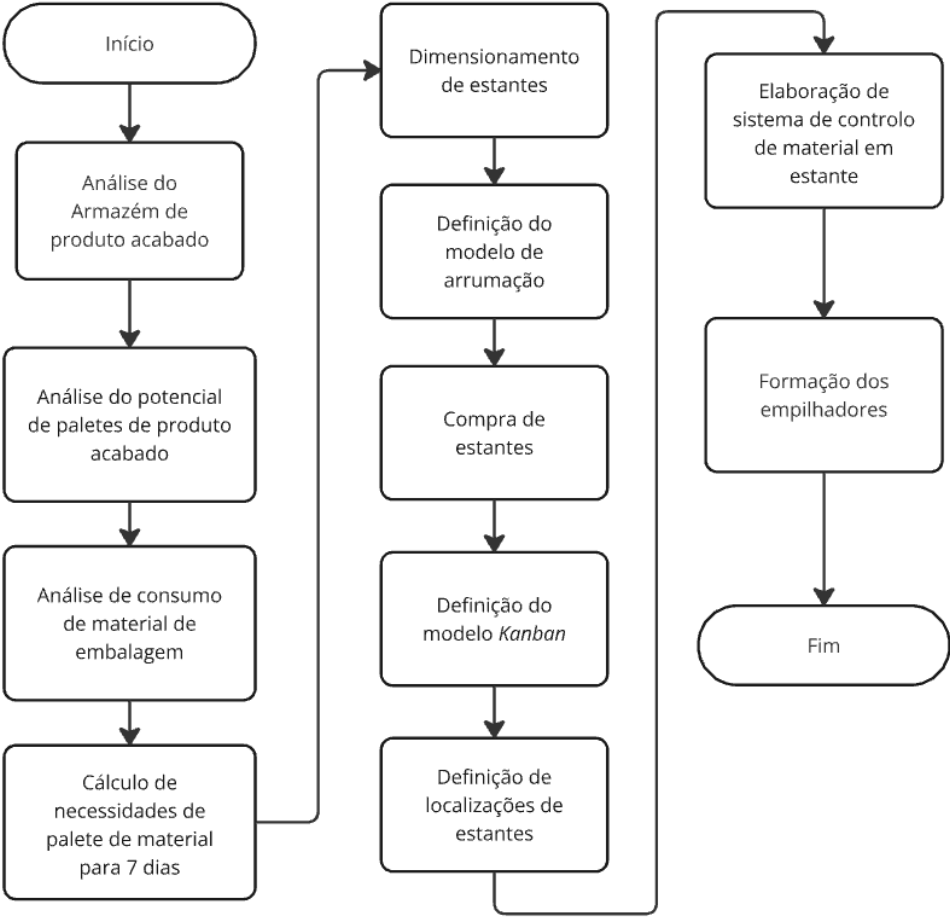


Figura 3.19 - Metodologia Projeto organização de material de embalagem

Durante os primeiros dias do projeto, foi feito um mapeamento da zona que estava a ser alvo do estudo, uma vez que existia uma grande área de material de embalagem a ocupar um local que poderia ser ocupado por paletes de produto acabado. Em contacto com os

supervisores de logística, foi possível entender qual o verdadeiro potencial de paletes de produto acabado que aquele local poderia albergar.

Após a primeira fase de análise do armazém, iniciou-se a terceira etapa, que consistiu na recolha dos consumos de material de embalagem anuais com todos os fornos em funcionamento, a partir da informação disponibilizada pelo departamento de compras. A partir destas informações deu-se início à quarta etapa, na qual se desenvolveu através do *Excel*, um modelo de cálculo das necessidades de material de embalagem para 7 dias, necessidades essas que iriam ser o pontapé de saída para conhecer o número de paletes de material de embalagem que iria ser necessário arrumar nas estantes que viriam a ser dimensionadas posteriormente. Assim, a partir das dimensões das paletes para cada tipo de material de embalagem conseguiu-se dar início à etapa 6.

Através das dimensões das paletes já conhecidas na etapa 5 e com o auxílio da ferramenta de desenho *EdrawMax*, foi possível, na etapa 6, dimensionar as estantes tendo também em consideração a planta da zona destinada a estas em armazém. Foram várias as opções analisadas, e vários os modelos de arrumação das paletes observados, e a escolha da opção de arrumação final teve em conta critérios de poupança de espaço que até então estava a ser desperdiçado para arrumação de paletes de produto acabado. Na etapa seguinte foi feita a compra das estantes.

Feita a organização das estantes no que diz respeito ao seu dimensionamento e localização, iniciou-se um trabalho de elaboração de um sistema de controlo do material que lá seria colocado. Desta forma foi organizado um modelo que controlasse as saídas e entradas dos materiais neste local de arrumação através de um sistema de *QR Codes* que permitisse fazer o rastreamento dos materiais que estivessem a ser manobrados. Em soma a isto, também era necessário conhecer as necessidades concretas de materiais a armazenar a cada semana de trabalho, pelo que se executou uma relação direta entre o programa de produção semanal de produto acabado e as necessidades respetivas de paletes de material de embalagem.

Assim, conseguiu-se obter as necessidades semanais de material de embalagem a ter que armazenar nos novos locais de arrumação que haviam sido definidos.

3.4 Caracterização dos processos em estudo

Neste capítulo estão divididas em três secções as operações em análise nos três projetos de melhoria que foram levados a cabo na SBVidros.

3.4.1 Caracterização do Armazém de Aprovisionamentos

Esta projeto está inserido no armazém de aprovisionamentos da unidade industrial SBVidros e visa a implementação de um plano de ação 5S para gestão do armazém, na zona interna do mesmo.

3.4.1.1 *Layout* das instalações

Para o abastecimento de todas as necessidades que a unidade de produção necessita, é no armazém de aprovisionamentos que cada secção se desloca para ver supridas as suas necessidades. Assim, o *layout* da zona interna deste espaço encontra-se representado na Figura 3.20.

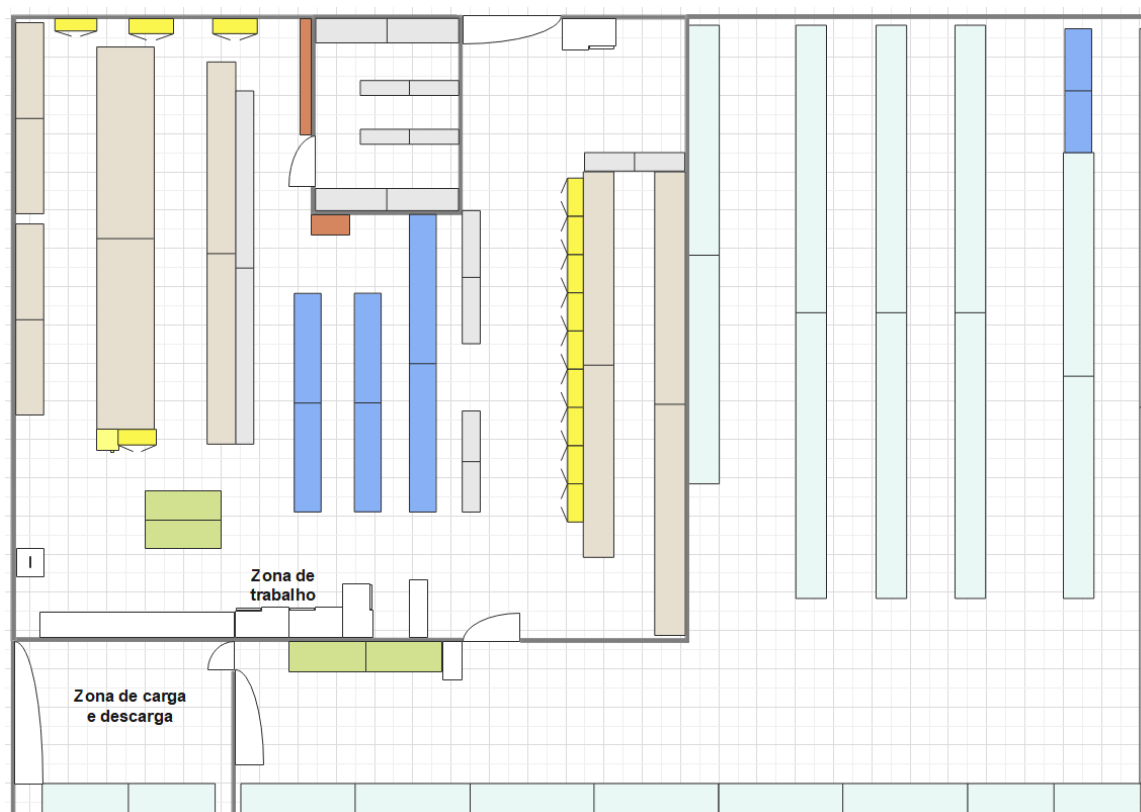


Figura 3.20 - *Layout* inicial do armazém

É possível observar que já existia uma zona definida de carga e descarga na qual o inventário permanece após a sua chegada, antes da sua arrumação devida nas estantes, gavetas ou armários, conforme a dimensão de cada um desse inventário. Na figura existem várias fileiras de estantes, armários e bancadas, sendo que as cores identificam a tipologia de cada mobília:

- Azul claro: estantes de 5 andares
- Azul escuro: estantes de 3 andares
- Amarelo: móveis
- Cinzento: estantes de 3 andares com gavetas de suporte
- Laranja: Gavetas

Na Figura 3.21, encontra-se apresentada a zona de carga e descarga do armazém:



Figura 3.21 - Zona de carga e descarga do armazém

Ao lado desta zona, existe uma impressora que é utilizada na impressão das guias das encomendas durante o *picking* e ainda uma mesa para os operadores pousarem os portáteis e para poderem gerir da melhor forma a operação e os seus processos. Além disso, esta é a zona onde os funcionários da fábrica preenchem e entregam as requisições de material desejado.

3.4.1.2 Mapeamento de processos de armazém

Com o intuito de analisar os processos normais executados em armazém, foi seguido um colaborador durante a elaboração de várias tarefas comuns em armazém.

Em primeiro lugar foi analisado o processo de receção de material em armazém, ou seja, quando um fornecedor entrega um material adquirido pela fábrica.

Assim, o processo de entrada de material em armazém está representado no fluxograma da Figura 3.22.

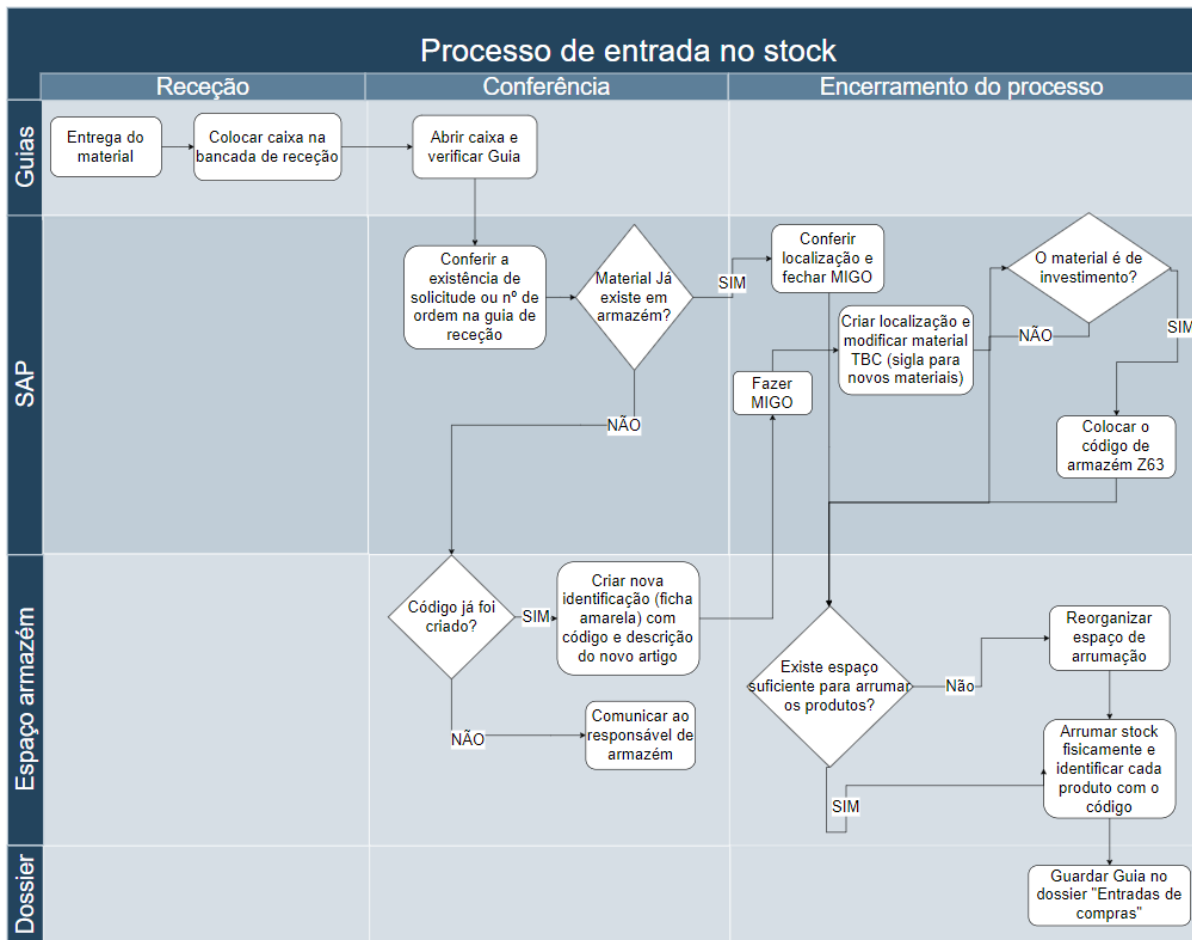


Figura 3.22 - Processo de entrada de material em armazém

A entrada de material em armazém tem início na colocação de material no chão do local de cargas e descargas, ou, para o caso de caixas, colocar o material sob uma das bancadas de trabalho disponíveis em armazém, identificadas a verde no *layout*.

De seguida, o operador abre a caixa e verifica a guia que está associada à chegada do material em análise de modo a verificar a conformidade da encomenda. No caso do material já existir em armazém ou de possuir um código no ERP e localização física já definidos, dá-se lugar ao processo de entrada do material no ERP, verificação do local destinado ao material, e arrumação do mesmo caso o espaço esteja disponível para o efeito. No caso do material ainda não existir em armazém ou de ainda não possuir um código ERP e localização física definidos, afere-se se de facto já foi criado um código para o material em fábrica. Caso isto não tenha acontecido, é comunicado ao responsável de armazém a situação e o material fica em espera até nova indicação. Caso o material já tenha um código atribuído pela fábrica, é de imediato

criada uma ficha de identificação com o código e descrição do material e feita uma ficha no ERP na qual é descrito o material e atribuída uma localização física ao mesmo.

Por fim, cada material é identificado um por um com o seu código, e a guia que acompanhou o material à chegada é arquivada num dossier denominado de "Entradas de compras".

Outro processo feito em armazém corresponde à saída de material, representado pelo fluxograma da Figura 3.23.

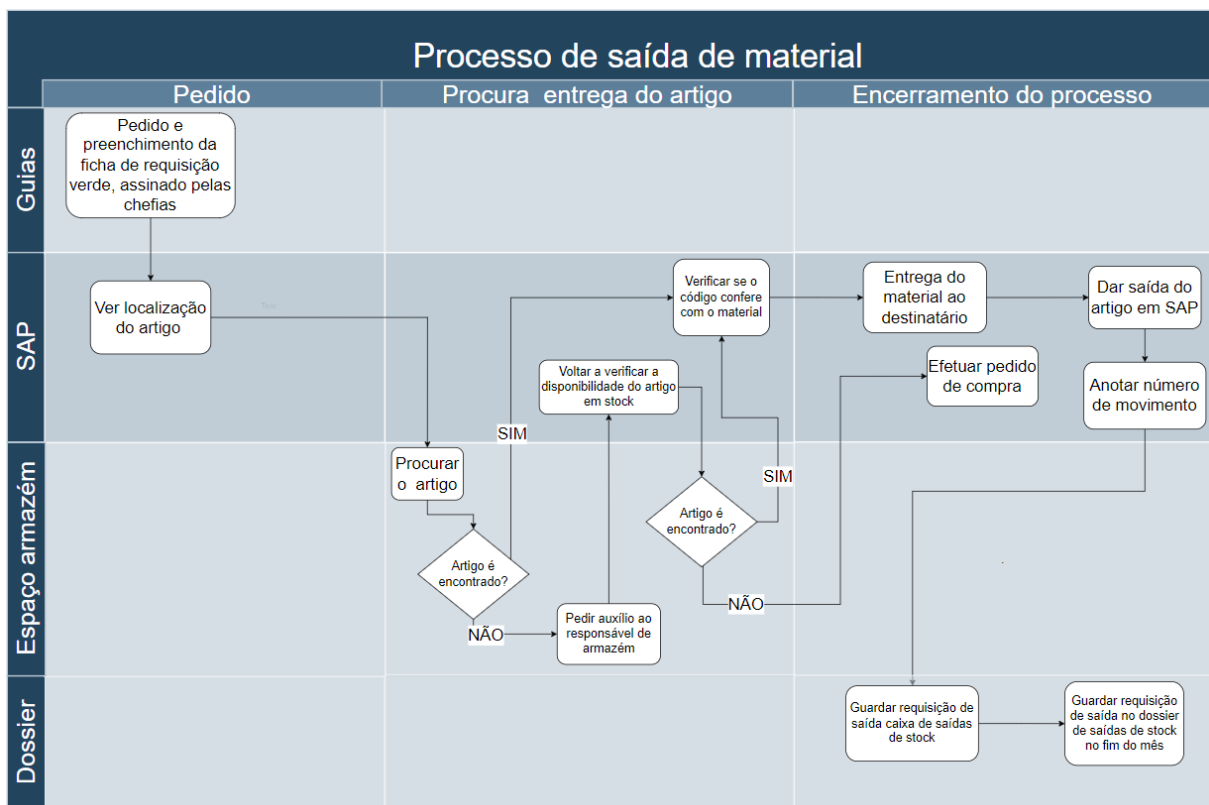


Figura 3.23 - Processo de saída de material de armazém

Este processo inicia-se com a chegada de um trabalhador já acompanhado de uma ficha de requisição de material. Esta ficha, apresentada na Figura 3.24, deve vir já com as informações completas do material a requisitar, nomeadamente o código ERP, descrição do material e o número de unidades a requisitar.

A somar a isto, a ficha deve vir também com a informação sobre o trabalhador destinatário, isto é, o nome, número de funcionário, assinatura e ainda a assinatura do chefe da secção à qual o trabalhador pertença.



Figura 3.25 - Sistema de aplicação de SEPOAN 601 TC

Para um entendimento mais detalhado do funcionamento do sistema de aplicação de TSQ nas garrafas, foi realizado o seguinte diagrama de tartaruga da Figura 3.26:



Figura 3.26 - Processo de deposição de TSQ

3.4.2.2 Ações atuais

Para definição do processo de atuação do TSQ, foram seguidos os diversos intervenientes deste processo, nomeadamente o laboratório de controlo de qualidade, a secção de manutenção, a Oficina IS, a fabricação e os mecânicos de turno. Para cada um, foram observadas as ações que realizavam perante os resultados de TSQ obtidos em laboratórios, avarias no sistema de aplicação de TSQ ou também as ações feitas no âmbito da manutenção do sistema. Neste sentido, foi possível obter o fluxograma representado na Figura 3.27, o qual descreve a comunicação existente entre os vários departamentos envolvidos no processo de controlo do TSQ.

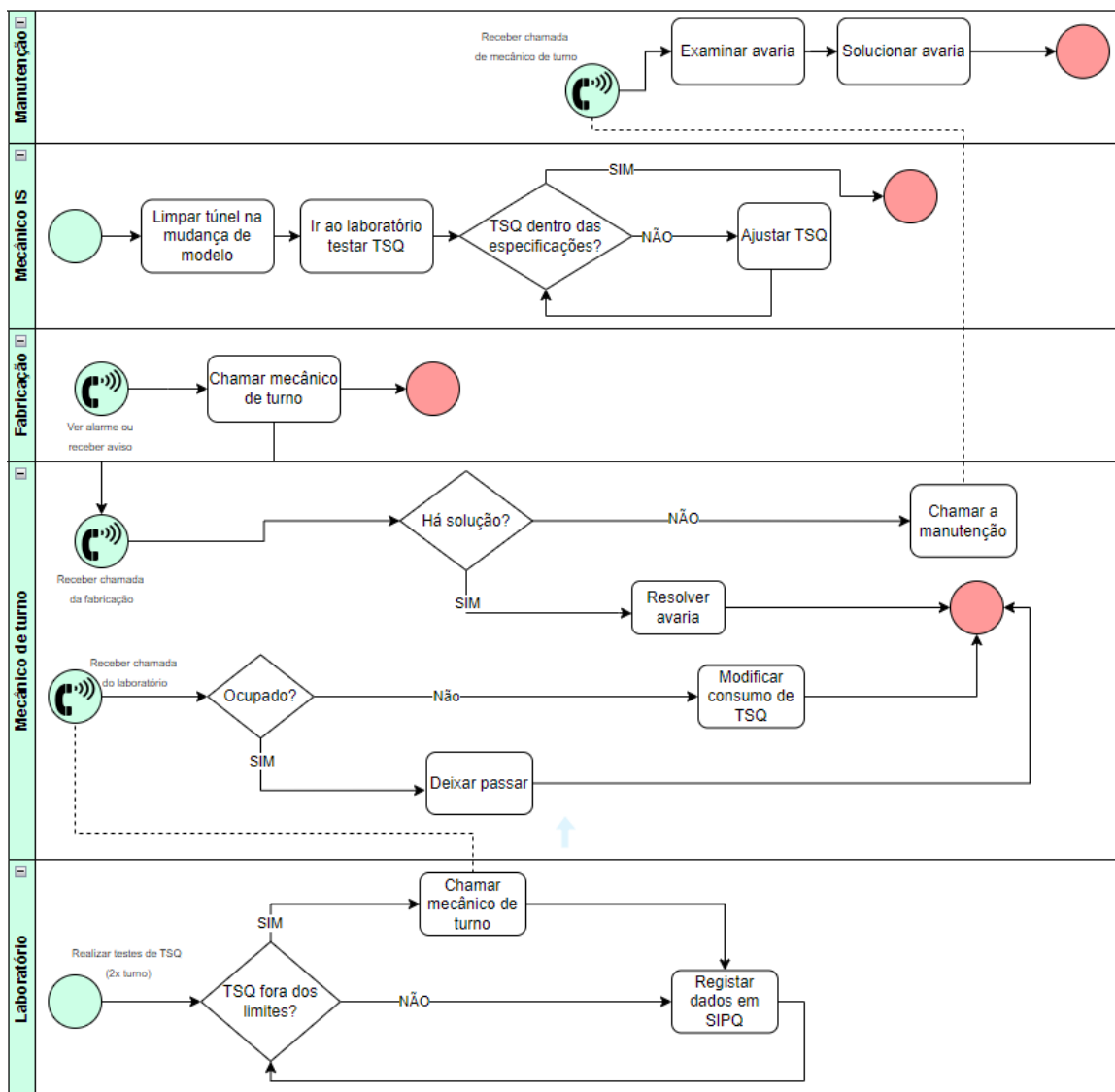


Figura 3.27 - Processo de atuação do TSQ

Neste processo de controlo do TSQ, tudo se inicia no trabalho diário que é feito pelo controlo de qualidade que tem a responsabilidade de verificar os níveis de produto de cloreto de estanho que estão depositados nas garrafas de cada tipo de modelo em produção, como já descrito anteriormente no capítulo 3.3.2.2.

Para ocasiões em que os níveis de TSQ estão dentro dos limites estabelecidos pelo controlo de qualidade, este departamento regista os dados de medição na banco de dados do controlo de qualidade. No caso dos níveis de TSQ estarem fora dos limites estabelecidos, é feita uma comunicação aos mecânicos de turno que são responsáveis pela regulação dos níveis de TSQ através do mecanismo de doseamento.

Noutra linha de atuação, no que mais diz respeito à limpeza e manutenção do sistema de doseamento de TSQ, entram em cena o departamento de manutenção, fabricação e oficina IS.

O mecânico da oficina IS está responsável pela limpeza do túnel de aplicação do TSQ, limpeza esta que é feita aquando da mudança de modelo de garrafa na linha de produção. O trabalho do mecânico da oficina IS fica feito quando, após a limpeza do túnel de aplicação estar feita, este testa os novos níveis de TSQ em laboratório e os ajusta conforme os limites estabelecidos pelo controlo de qualidade.

O departamento de manutenção é responsável pela resolução de avarias no sistema de doseamento de TSQ, quando a avaria não tem solução por parte do mecânico de turno.

Por fim, ao departamento de fabricação pertence um papel de vistoria para que quando ocorrem avarias ou sinais de alerta por parte do sistema de doseamento de TSQ sejam contactados os departamentos responsáveis pela resolução dos problemas que causam essas avarias ou sinais de alerta.

3.4.3 Caracterização do processo de armazenagem de material de embalagem

O projeto de organização de *stocks* de material de embalagem teve incidência no armazém de produto acabado e teve a colaboração do departamento de compras da fábrica.

O objetivo foi organizar os *stocks* relativos ao material de embalagem de uma palete de produto acabado.

3.4.3.1 Materiais de embalagem

Os materiais de embalagem referem-se a todo o tipo de material envolvido na paleta de produto acabado, à exceção do próprio produto acabado. Na Figura 3.28 é possível verificar um exemplo dos constituintes de uma paleta de produto acabado da SBVidros.



Figura 3.28 - Exemplo de materiais de Paleta de produto acabado

Neste exemplo verifica-se a existência de quatro materiais distintos. Em primeiro lugar tem-se na base o estrado, encarregado de suportar todo o material que lhe sobrepõe.

Em segundo lugar observa-se a presença de intercaladores, também chamados de separadores, responsáveis por separar os diferentes patamares de garrafas, o produto acabado.

Por conseguinte, de modo a que todo o produto acabado esteja bem acondicionado e isolado do exterior, verifica-se a existência de uma manga de plástico que faz a cobertura total da paleta de produto acabado, sendo que, em alternativa a este material noutro tipo de

produto acabado e conforme os requisitos do cliente final, poderá ser utilizado um filme de plástico.

Por fim, existe também cartão que tem uma responsabilidade variada em diferentes paletes, no caso deste exemplo serve para tapar a superfície superior da paleta de produto acabado, mas, para outros casos, também poderá servir como intercalador de produto acabado.

No Anexo C é possível ver representados todos os tipos de materiais de embalagem utilizados atualmente pela SBVidros onde não só é feita a descrição do material, mas também a distinção de cada tipo de material, como anteriormente na análise à Figura 3.29.

Para organização dos *stocks* deste tipo de material abordado, o departamento de compras da SBVidros era responsável por comprar consoante a previsão do planeamento de produção da fábrica, numa plataforma que fornece informação sobre o número de unidades de material necessárias para cada dia.

3.5 Caracterização dos problemas

Após a caracterização dos processos dos diferentes projetos de melhoria, foram identificados os problemas existentes em cada um.

3.5.1 Problemas no Armazém de Aprovisionamentos

No armazém de aprovisionamentos foram identificados problemas como a falta de organização e deficiente ocupação dos postos de trabalho e espaços.

Para fazer face a estes problemas, concluiu-se que a aplicação da ferramenta *lean* de 5S seria de elevada importância, pois iria ter como resultado um aumento da produtividade, das condições de segurança e do conforto dos operadores, assim como iria provocar uma redução do tempo perdido na procura pelas ferramentas requeridas causado pela desorganização dos postos de trabalho ou dos espaços de arrumação de produtos e/ou ferramentas.

3.5.1.1 Entrada, saída e devolução de material

Através das tarefas do armazém de aprovisionamentos caracterizadas anteriormente, foi possível iniciar a identificação de problemas na entrada, saída e também na devolução de material.

Em primeiro lugar no processo de entrada de material em armazém estão identificados dois problemas na Figura 3.29, um na fronteira dos subprocessos "Receção" e "Conferência" e outro no subprocesso "Encerramento".

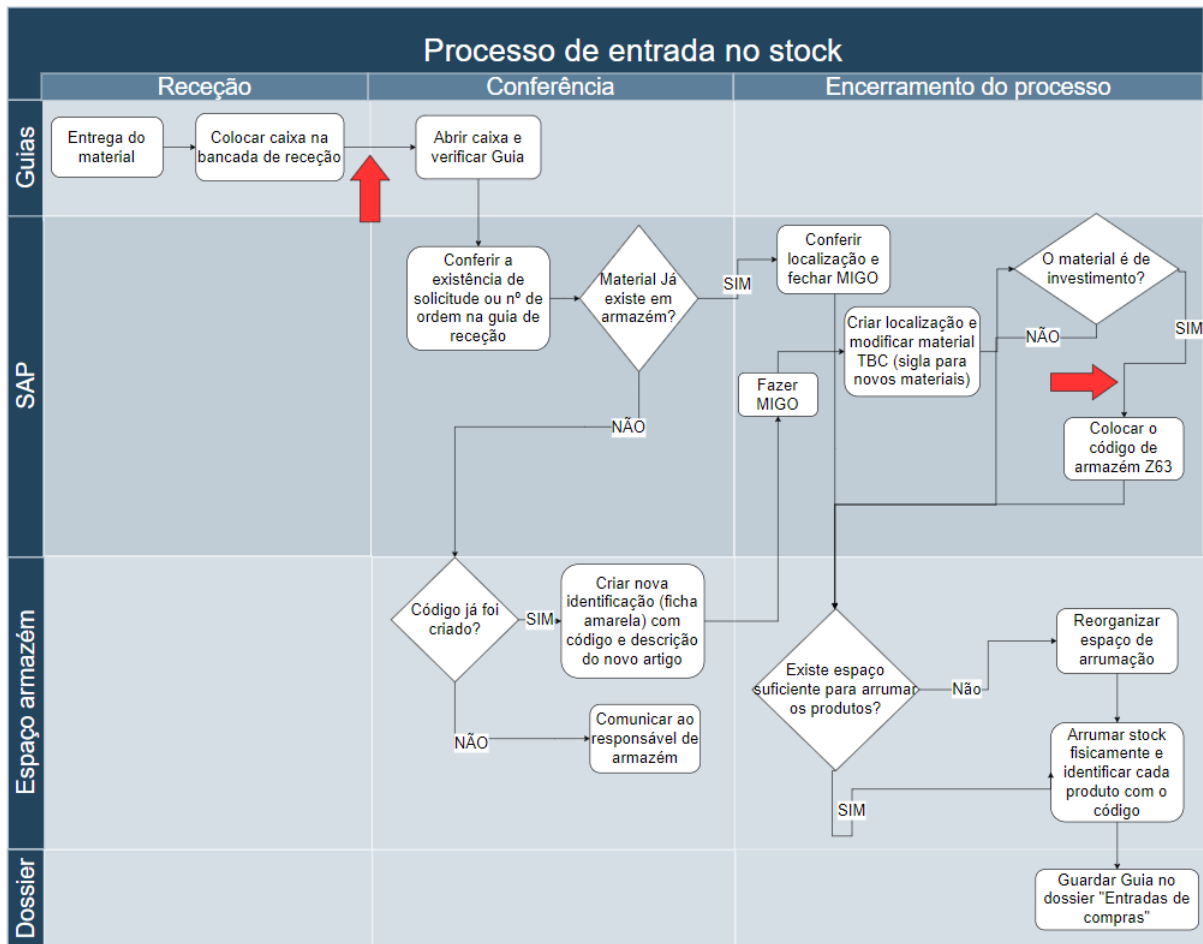


Figura 3.29 - Problemas no processo de entrada de material em armazém

O primeiro problema assinalado ocorre pois existe um grande intervalo de tempo desde a chegada de material e a verificação do mesmo e da guia que o acompanha, sendo feita essa verificação normalmente apenas no final do dia de trabalho. Este prolongar do tempo de receção de material conduz a uma acumulação desse mesmo material em zonas não desejadas, como é o caso dos corredores do armazém, como a Figura 3.30 testifica.

Além disso, muitas vezes não se torna possível, devido a restrições de tempo, dar lugar ao processo oficial em ERP de entrada de material em armazém, pelo que, virtualmente o material continua sem estar registado.



Figura 3.30 - Bancada de trabalho com material a dar entrada

Em segundo lugar no processo de entrada de material em armazém estão identificados dois problemas na Figura 3.31, um no subprocesso "Pedido" que corresponde ao pedido de requisição feito pelos funcionários da fábrica, e outro no subprocesso "Encerramento".

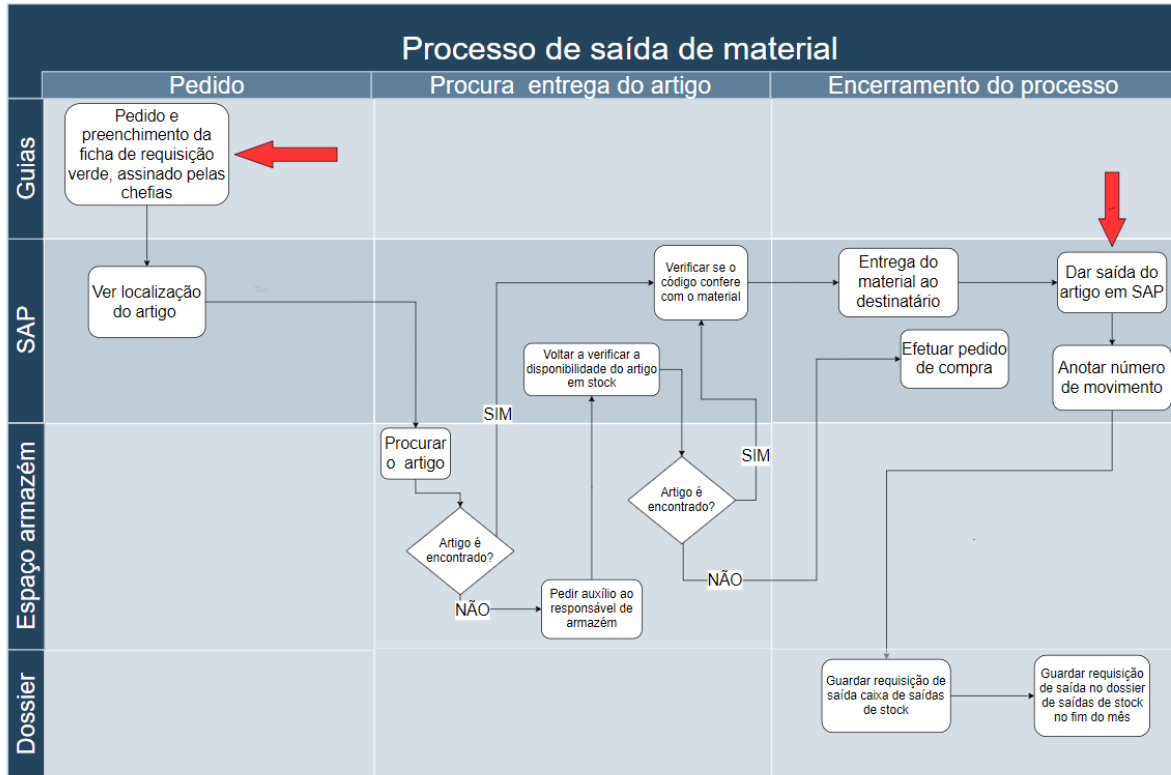


Figura 3.31 - Problemas no processo de saída de material em armazém

O primeiro problema deste processo surge nesta fase, pois inúmeras vezes os trabalhadores surgem com o pedido de material mas acompanhados da ficha de requisição incompleta, ou por desconhecimento acerca do código do material, ou por não terem a assinatura das chefias necessária. Neste impasse, são os operadores de armazém que acabam por ter de procurar o código e ainda confirmar com as chefias posteriormente a autorização para acesso ao material requerido pelos trabalhadores. Desta forma é desperdiçado uma grande quantidade de tempo dos operadores de armazém pela forma deficitária com que os trabalhadores executam a requisição de material. Um dos aspetos a mais melhorar no armazém e que grande tempo ocupa na procura de materiais quando estes são requisitados é a falta ou a deficiente identificação dos mesmos. Até à data de execução do projeto 5S, maioria dos materiais estavam identificados através de fichas da fábrica, chamadas de fichas amarelas. Estas fichas têm no seu conteúdo o código no ERP, descrição do material, local de armazenagem e ainda os movimentos que são feitos do material ao longo do tempo. Como estas fichas já eram antigas na fábrica, sucede que para alguns materiais com muitos movimentos, as fichas ficavam rapidamente ocupadas com informação, que por vezes ocultava a informação que realmente importava, ou seja, o código no ERP e a descrição do material. Exemplo de um caso destes está exemplificado na Figura 3.32.

| DATA | ENTRADA | SAÍDA | QTD. DE ARTIGO | QUANT. | OBSERVAÇÃO |
|-------|----------|-------|----------------|--------|------------|
| | | | | 5 | |
| 8/11 | 26315 | | 2 | 3 | |
| 4/12 | 36751 | | 2 | 1 | |
| 10/12 | Fig | | 6 | 7 | |
| | | | | 97 | |
| 6/1 | 38190 | | 2 | 5 | |
| 21/4 | 43063 | | 1 | 5 | |
| 23/7 | 43090 | | 1 | 3 | |
| 1/6 | 46201 | | 2 | 1 | P. |
| 24/6 | 45673 | | 1 | 0 | |
| 8/7 | 6uf. Fig | | 6 | 6 | |

Figura 3.32 - Ficha amarela de identificação danificada

Noutras situações, pelo simples facto de as fichas não estarem agarradas ao material ou ao local do material, ocorria dispersão destas pelo armazém, o que conduzia a situações em que não era possível imediatamente identificar o material requisitado e também a situações

de confusão entre fichas de materiais diferentes. Em algumas ocasiões, nomeadamente em material de pequenas dimensões armazenados em gavetas, ocorria alguma confusão entre os próprios materiais caso as características físicas dos mesmos fosse idêntica, como testifica a Figura 3.33.



Figura 3.33 - Gaveta com material confundido

Principalmente para casos destes, é essencial ter um método de identificação de cada material bem vincado.

O segundo problema que surge neste processo é a saída do artigo em ERP. Em inúmeras ocasiões os operadores de armazém não efetuam imediatamente após a entrega do material ao destinatário a saída no ERP, pelo que acumulam-se fichas de requisição no espaço de trabalho do operador, e ainda corre-se o risco de se perder as mesmas fichas quanto maior for o tempo sem lhes dar o destino devido.

3.5.1.2 Auditoria 5S no armazém

Após visita e análise do *layout* do armazém, verificou-se que existia um claro mau aproveitamento do espaço. Escolheu-se a metodologia 5S como a mais adequada ferramenta para normalização, organização e arrumação de locais de trabalho, tendo em conta os conceitos registados no capítulo 2. A aplicação dos 5S abrangeu apenas zona interna do armazém de aprovisionamentos, sendo que se recorreu a elaboração de uma lista de verificação, para se localizar quanto ao estado atual do armazém.

A auditoria 5S do estado do armazém de aprovisionamentos teve como base os pontos da que podem ser consultados na Tabela 3.3:

Tabela 3.3 - Parâmetros de avaliação 5S

| 1º S - Distinguir entre o que é necessário e o que não é necessário |
|---|
| Área segura e que transmite a ideia de cuidado e organização. |
| Existem materiais que não são necessários? (equipamentos, ferramentas, suportes, documentação, amostras...) |
| Existem objectos nos corredores, escadas, foras das marcações definidas? |
| Existe um excesso de materiais obsoletos, utensílios ou outros itens na zona de trabalho? |
| 2º S - Um sítio para cada coisa e cada coisa em seu sítio |
| Existem materiais que não têm lugar definido? (paletes, amostras, documentação, ferramentas, etc) |
| Existem objectos que não estão colocados no seu sítio? |
| Existem elementos que não estão identificados? (pontos de arrumação, trabalhos a decorrer, ...) |
| As zonas de passagem estão delimitadas por linhas, em bom estado, rectas e claramente visíveis? |
| Existem objectos em cima das máquinas, equipamentos ou apoiados nas paredes? |
| Estão as ferramentas guardadas metodicamente num lugar limpo e sem risco de se danificarem, assim como os objectos pessoais? |
| Estão no posto de trabalho apenas os documentos necessários à realização deste, os restantes estão guardados metodicamente, actualizados e num lugar limpo? |
| 3º S - Limpeza e Manutenção |
| Verificação da limpeza do solo, das paredes e das diferentes superfícies. |
| Estão os equipamentos sujos com massa consistente, óleo, poeira - em excesso? |
| As mesas de trabalho, caixas e armários estão limpos? |
| Estão acessíveis e perto os produtos/objetos de limpeza? |
| 4º S - Manutenção e Controlo dos 3 primeiros S |
| Está disponível a informação necessária dos 5S? (situação, evolução,...) |
| São conhecidas as instruções e/ou procedimentos de trabalho? (processos) |
| Existem instruções para manter os postos de trabalho limpos? |
| 5º S - Seguir as regras |
| Existe acompanhamento em relativo a motivação com a aplicação dos 5S |

Da primeira auditoria, devidamente preenchida na Figura A.14, no Anexo D, conseguiu-se obter uma pontuação de 36% e puderam-se retirar alguns problemas principais:

- Ausência de material de limpeza;
- Corredores impedidos com encomendas por abrir;
- Caixas de artigos colocadas fora das localizações destinadas;
- Excesso de material obsoleto;
- Falta de organização;

- A maioria dos espaços de armazenagem assim como o material, não têm identificação;
- Excesso de sujidade e falta de rotinas de limpeza;

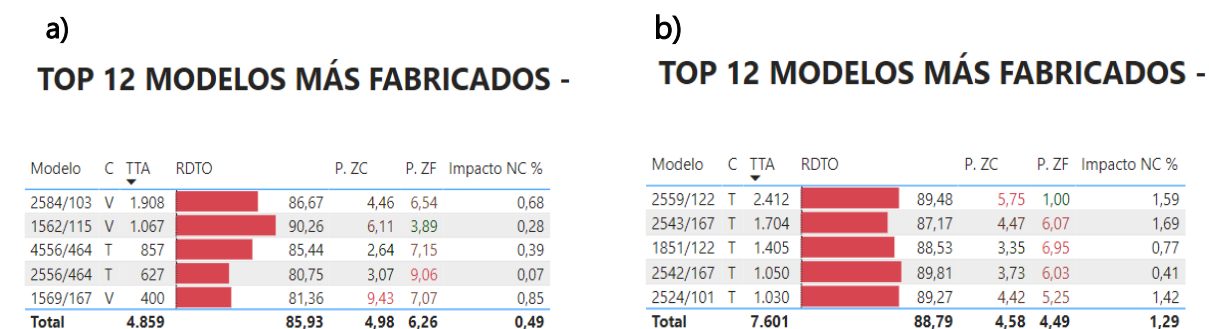
Com estes resultados que eram esperados, foi possível demonstrar à equipa a falta de organização que se verificava no armazém.

3.5.2 Problemas nos consumos de TSQ

No projeto de redução do consumo de TSQ, foram encontrados alguns problemas. Numa primeira fase é abordado a deteção dos altos níveis de TSQ em modelos de garrafas escolhidos, e numa segunda fase abordado os problemas detetados no modo de atuação dos diversos departamentos nesta fase do processo produtivo.

3.5.2.1 Deteção de altos níveis de TSQ

Para definição dos modelos de garrafa que iriam ser sujeitos ao estudo de aferição da realidade de consumos de TSQ, verificou-se em primeiro lugar quais os modelos mais fabricados na SBVidros, durante o mês anterior ao início do estudo. Para isso, acedeu-se ao relatório de rendimentos diários da fábrica, o qual contém os dados de rendimentos diários, e que acumula desde o início do ano. Assim, obteve-se a informação, apresentada na Figura 3.34, sobre os modelos mais fabricado no mês, tanto para o Forno 2 como para o Forno 3.



a) Forno 2; b) Forno 3

Figura 3.34 - Modelos mais fabricados no Forno 2 e Forno 3

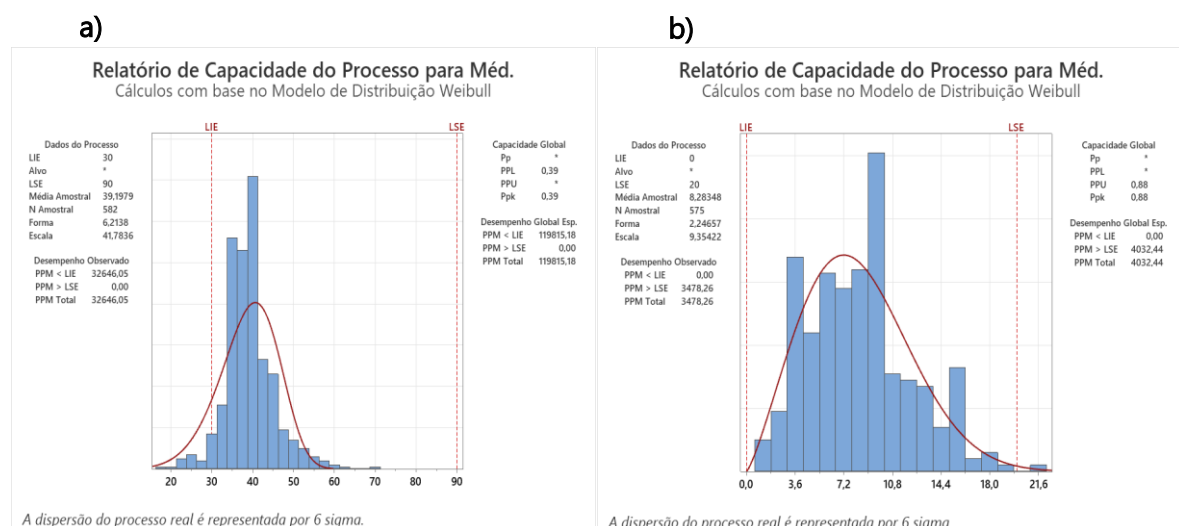
Perante estes dados, decidiu-se analisar a variação dos consumos relativos ao TSQ do Forno 2 e do Forno 3 através de modelos de garrafas que coincidissem na lista de mais fabricas do mês e na lista de produção em vigor à data do estudo. Além disso, para a escolha destes

modelos de garrafa importava saber se o intervalo permitido de valores para quantidade de tratamento que se coloca era idêntica. Assim, na Tabela 3.4, estão apresentados os modelos de garrafas selecionados para análise:

Tabela 3.4 - Modelo analisados na aferição de quantidades de TSQ

| MODELO DE GARRAFA | FORNO |
|--|-------|
| 2584/103 ALHAMBRA RESERVA 1925 NACIONAL LW | 2 |
| 1569/167 15 CL HEINEKEN K2 OW EM LIGHT | 2 |
| 2559/122 MSM 25 BC NR | 3 |
| 2542/167 XLN-02 33 C | 3 |
| 2543/167 XLN-01 25 CL | 3 |

Para cada modelo de garrafa, foram selecionados todos os dados relativos às diferentes séries de produção desse modelo que estavam disponibilizados no banco de dados do controlo de qualidade da fábrica. Partindo para análise do modelo mais fabricado no Forno 2, considerou-se o histórico de todas as séries de produção do modelo 2584/103 ALHAMBRA RESERVA 1925 NACIONAL LW, foi feita a análise de capacidade do processo através do *Minitab*, pelo que se obtiveram os seguintes resultados, para o TSQ no corpo na imagem a) da Figura 3.35 e para o TSQ na marisa na imagem b) da Figura 3.35.

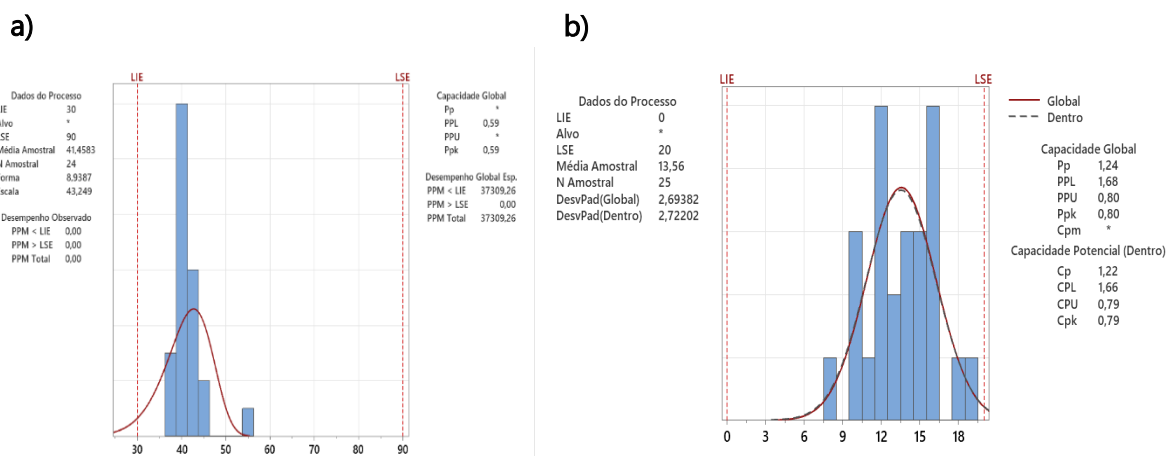


a) corpo; b) marisa

Figura 3.35 - Capacidade do processo para o TSQ no corpo e na marisa

Pela figura, observa-se que, contemplando todas as séries de produção juntas do modelo 2584/103 ALHAMBRA RESERVA 1925 NACIONAL LW, existe uma grande quantidade de amostras retiradas com um valor de cerca de 39,2 ctu's para a análise do corpo da garrafa, um valor ainda longe do limite inferior de aceitação de garrafas. Para o caso da marisa da garrafa, verifica-se que existe uma grande quantidade de amostras que acusam um TSQ a rondar os 9 ctu's, quando o valor mínimo objetivo para o TSQ nesta zona da garrafa é 0 ctu's.

Para um conhecimento mais concreto da realidade de cada série de produção, fez-se o mesmo exercício isolando as séries de produção. Na Figura 3.36 está exemplificado o caso para a série de produção 48508, para o corpo e marisa da garrafa na imagem a) e b), respetivamente:



a) corpo; b) marisa

Figura 3.36 - Capacidade do processo para o corpo e marisa (Série 48508)

Pela figura, observa-se que, para a série de produção 48508 do modelo 2584/103 ALHAMBRA RESERVA 1925 NACIONAL LW, existe uma média amostral de 41,46 CTU's, um valor ainda longe ainda longe do limite inferior de aceitação de garrafas (30 CTU's). A somar a isto, o valor da média amostral de TSQ no corpo para esta série de produção é ainda superior à média amostral do agrupamento de todas as séries de produção deste modelo. Para o caso da marisa da garrafa, verifica-se que existe uma média amostral de 13,56 ctu's, quando o valor mínimo objetivo para o TSQ nesta zona da garrafa é 0 ctu's. Em suma, e tendo partido para a mesma análise em outros modelos produzidos no Forno 2 e também no Forno 3, conseguiu-se observar que eram depositados elevados valores de TSQ nas garrafas em geral.

Esta realidade acarreta várias consequências para a fábrica. Em primeiro lugar a consequência é ao nível económico, devido aos altos custos que o produto utilizado no TSQ tem. Em segundo lugar a níveis de manutenção, segurança e saúde, pois quanto mais altos

valores de produto forem administrados nas garrafas, maior serão os riscos de avaria no sistema de aplicação, e também maiores serão os riscos de fuga e vaporização de produto para zonas de passagem de operadores de fabricação.

3.5.2.2 Problemas no modo de atuação dos departamentos

No seguimento do acompanhamento do processo de atuação no TSQ, foram identificados alguns problemas nos diferentes intervenientes do processo, como indicado na Figura 3.37:

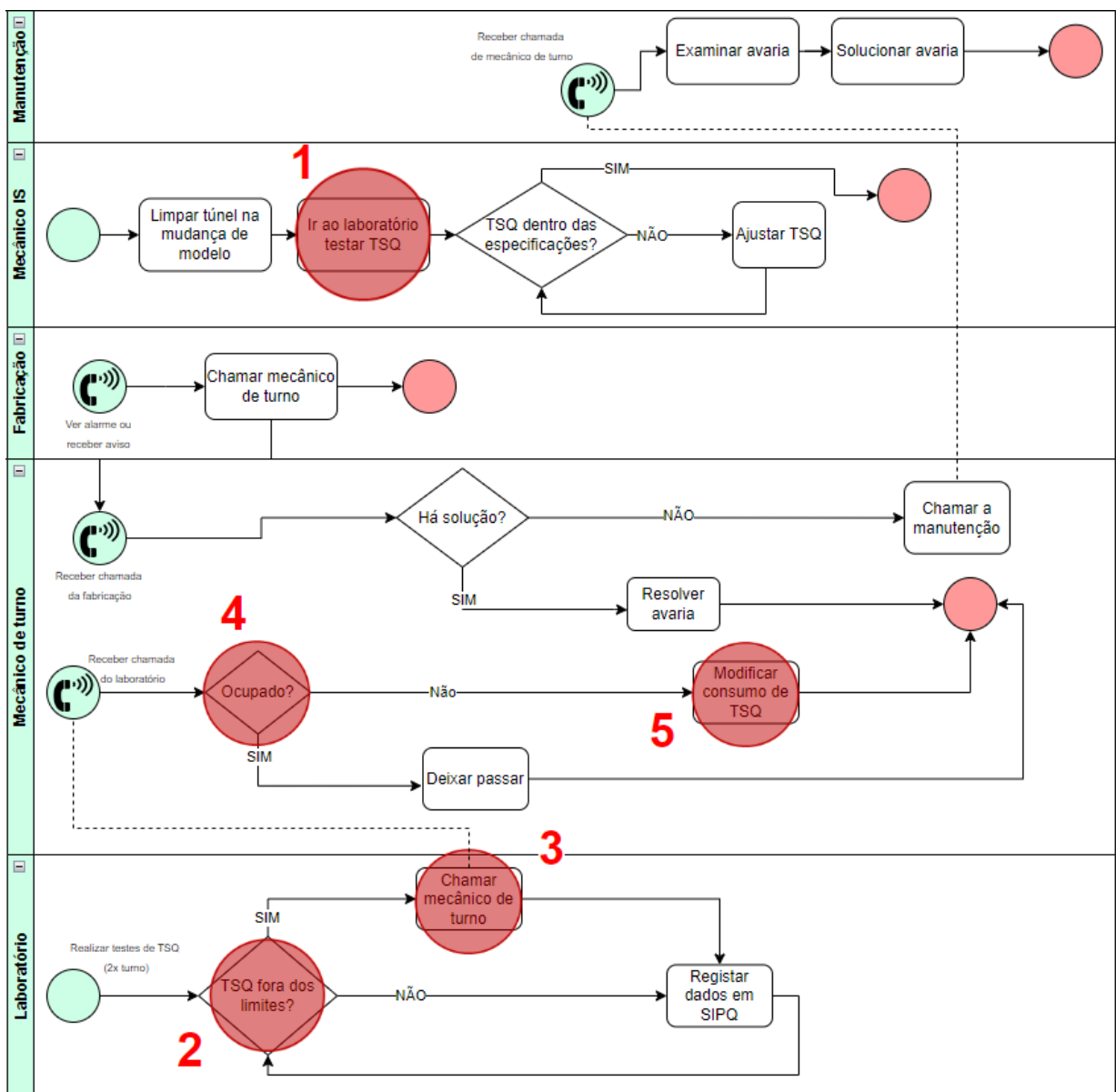


Figura 3.37 - Problemas no processo de atuação do TSQ

Na figura estão assinalados alguns números que identificam esses problemas:

1. Falta de padrões de modelos de atuação nas mudanças de modelo nas linhas de fabricação - responsabilidade da Oficina IS.
2. Limites de aceitação de TSQ demasiado altos e erros de medição em laboratório - responsabilidade do laboratório de controlo de qualidade.
3. Falta de comunicação entre laboratório e fabricação - responsabilidade do laboratório e fabricação.
4. Falta de importância dada ao processo por parte dos intervenientes - responsabilidade de todos os intervenientes.
5. Modificação do consumo de TSQ "a olho" - responsabilidade da fabricação.

Para o segundo problema enumerado, detetaram-se possíveis causas para os erros de medição do TSQ em laboratório. Para esta situação foi elaborado um diagrama de Ishikawa na Figura 3.38, que demonstra este problema. Esta figura pode ser vista com maior detalhe na Figura A.15, no Anexo E.

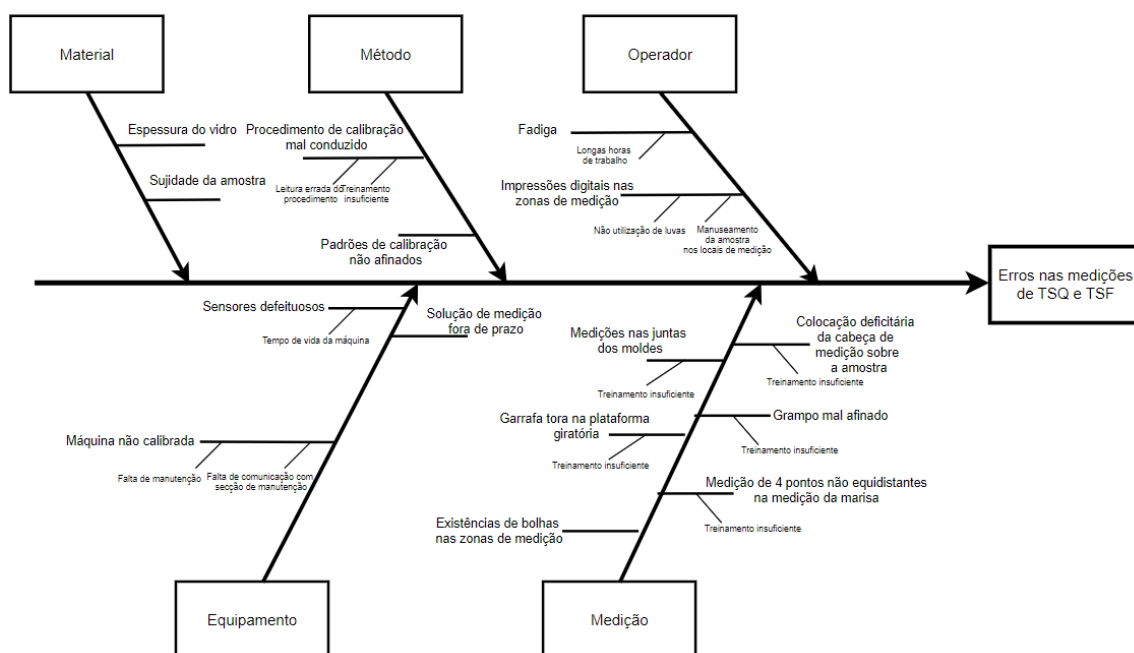


Figura 3.38 - Diagrama de Ishikawa para erros de medição do TSQ e TSF

3.5.3 Problemas na armazenagem de material de embalagem

Como se pode verificar pela Figura 3.39, a arrumação atual do material de embalagem no armazém de produto acabado não é a ideal porque, com a presença deste tipo de material num armazém dedicado a outro fim, é retirado espaço para arrumação de paletes de produto

acabado, o que conduz não só ao desperdício de espaço como também a custos de alocação de paletes de produto acabado para outras regiões neste armazém ou outros externos à fábrica. Assim, devido a limitações de espaço no armazém de aprovisionamentos da fábrica, o qual seria em condições normais responsável único pela gestão deste tipo de materiais, atualmente estes materiais estão arrumados não só no armazém de aprovisionamentos, representado na imagem a) da Figura 3.39 numa secção dedicada a esse material, mas também numa parte do armazém de produto acabado, representada na imagem b).

a)



b)



a) armazém de aprovisionamentos; b) armazém de produto acabado

Figura 3.39 - Armazenagem de material de embalagem

Numa primeira fase, foi analisada a região que estava a ser dedicada à arrumação de material de embalagem no armazém de produto acabado. A partir desta análise, foi efetuado um procedimento de cálculo do potencial de paletes de produto acabado sem considerar a real existência de material de embalagem neste meio.

Posto isto, foi feita uma reunião com os supervisores de logística para aferir as condições do armazém para este tipo de projeto e para análise do espaço tendo em conta critérios que a planta exigia, assim com existência de corredores com uma distância de segurança de 5 metros que permitissem aos empilhadores manobrar. O espaço analisado foi o que está rodeado na Figura 3.40, abaixo representada.



Figura 3.40 - Zona dedicada a material de embalagem

Através da reunião com os supervisores de logística, foi possível também aferir o número de paletes que poderiam estar em terceiro andar, pois, na zona estudada, o teto possuía uma subida seguida de uma descida gradual ao longo da zona.

Outra informação recolhida foi acerca da orientação com que as paletes eram arrumadas. As dimensões das paletes de produto acabado, na sua maioria, são 1,2x1m.

Após verificação destes critérios, foi possível confirmar a quantidade de paletes de produto acabado que poderiam ser arrumadas no espaço destinado para arrumação de material de embalagem.

A Figura 3.41 representa um esboço da vista de cima do potencial de arrumação de paletes de produto acabado.

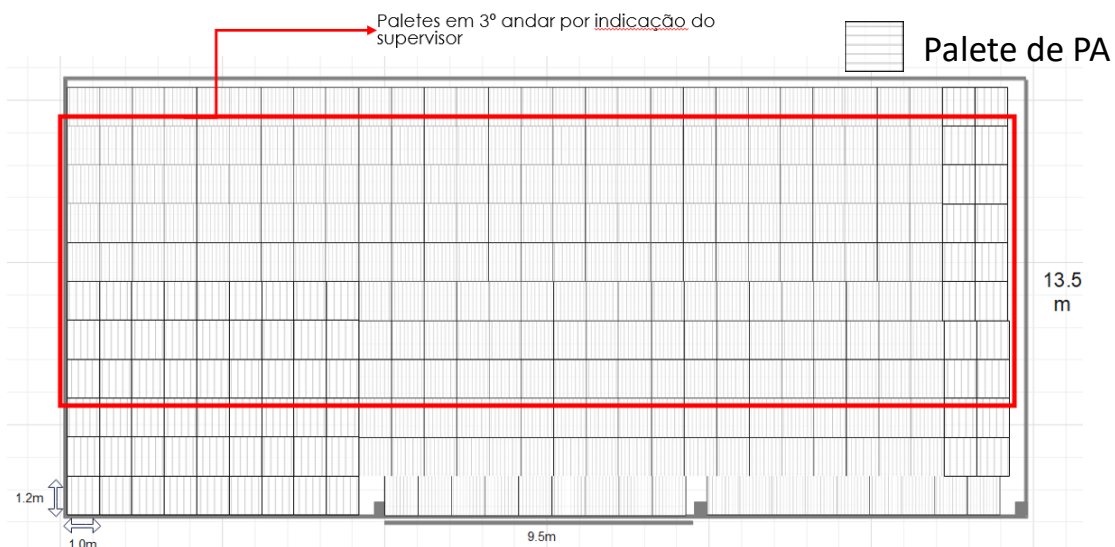


Figura 3.41 - Potencial de arrumação de paletes de produto acabado no local de estudo

Pelo que se pode observar, uma quantidade significativa de paletes de produto acabado tem sido alocada para outras áreas não desejáveis da fábrica por diversos problemas, sendo um fator contribuinte para este efeito a ocupação deficiente e excessiva de paletes de material de embalagem.

PROPOSTAS E IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS

Neste capítulo são apresentadas soluções desenvolvidas para os problemas encontrados e também propostas de implementação para as mesmas.

4.1 Propostas de melhoria a executar

As propostas de melhoria apresentadas visaram melhorar diversos aspetos operacionais de uma organização, abrangendo desde a gestão dos dois armazéns da fábrica até aos processos envolvidos na fase produtiva TSQ. Estas melhorias, cada uma parte de um respetivo projeto de melhoria, visam aumentar a eficiência, reduzir desperdícios e melhorar a organização geral dos processos e espaços de trabalho.

As melhorias propostas, referidas na Tabela 4.1, afetam múltiplos departamentos e processos, indicando uma abordagem concreta para a melhoria organizacional.

Tabela 4.1 - Propostas de melhoria

| Melhoria | Projeto | Local/Processo/Departamento |
|--|---------------------------------|--|
| Limpeza material obsoleto | 5S Armazém de aprovisionamentos | Espaço do armazém de aprovisionamentos |
| Definição de zonas de trabalho | | Espaço do armazém de aprovisionamentos |
| Reorganização do <i>layout</i> | | Espaço do armazém |
| Obrigatoriedade de assinaturas de requisição | | Processo de saída de material |
| Colocação de terminal (computador) na saída de materiais | | Processo de saída de material |

Tabela 4.1 - Propostas de melhoria (continuação)

| Melhoria | Projeto | Local/Processo/Departamento |
|---|--------------------------------------|---|
| Realização de entrada de material até final do dia | 5S Armazém de aprovisionamentos | Processo de entrada de material |
| Etiquetagem com fichas magnéticas | | Estantes e armários do armazém |
| Definição de instruções de limpeza | | Limpeza e organização do armazém |
| Elaboração de <i>checklists</i> 5S | | Limpeza e organização do armazém |
| Redução do nível máximo aceitável de TSQ | Redução de TSQ | Atuação do Controlo de Qualidade |
| Definição de ajustes máximos permitidos | | Atuação Mecânico IS |
| Definição de comunicação | | Atuação Mecânico de turno |
| Validação de sistemas de medição | | Laboratório de controlo de qualidade |
| Elaboração de protocolos de medição | | Laboratório de controlo de qualidade |
| Elaboração de instruções de montagem do sistema de doseamento | | Atuação da fabricação |
| Elaboração de <i>dashboard</i> de controlo | | Controlo dos níveis de TSQ diários |
| Reorganização do <i>layout</i> com estantes | | Espaço do armazém de PA |
| <i>Heijunka box</i> de controlo de necessidades | Organização de material de embalagem | Controlo de materiais |
| <i>QR Codes</i> de identificação | | Estantes do armazém de PA |
| Elaboração de instruções de trabalho | | Departamento de compras e armazém de PA |

A implementação de melhorias no âmbito do projeto 5S no armazém de aprovisionamentos, promoveram um ambiente de trabalho mais organizado e seguro, facilitando a gestão dos recursos e reduzindo o tempo de movimentação de materiais. Por outro lado, as melhorias para redução dos índices de TSQ resultaram numa melhoria significativa na qualidade dos produtos finais e nos processos internos, minimizando as perdas e trabalhos repetitivos.

Por fim, a organização do material de embalagem assegurou um fluxo mais racional e eficiente de materiais, melhorando o uso do espaço físico e dos recursos disponíveis.

Em conjunto, essas ações contribuíram para uma operação mais organizada e focada na excelência.

4.2 Implementação de Melhorias no Armazém de Aprovisionamentos

Nesta secção encontram-se as soluções desenvolvidas no âmbito do projeto 5S do armazém de aprovisionamentos.

4.2.1 Definição de zonas de trabalho e reorganização do *Layout*

Até ao momento do estudo apenas existia em armazém zonas definidas para a carga e descarga de material, fosse qual fosse a natureza do mesmo. Não existia diferenciação de locais de armazenagem para material cujo destino era o próprio armazém, material encomendado diretamente pelas secções da fábrica, material para reparar ou material já reparado e material pendente de aceitação de outros departamentos. A somar a isto, existia uma grande quantidade de material não codificado em armazém que se encontrava distribuído por vários locais sem distinção.

De modo a evitar situações destas, estabeleceram-se locais próprios para cada tipo de material assim como instruções de trabalho que conduzissem esses materiais aos locais definidos:

- **Material recebido e material reparado:** deve ser colocado na bancada de receção de material recebido (Figura 4.1) e, nos casos de material com maiores dimensões, na estante L1B. Dar entrada assim que possível. Ao final do dia a bancada deve estar arrumada



Figura 4.1 - Bancada de material recebido

- **Material pendente:** arrumar sob o móvel de gavetas J18 (Figura 4.2) com respectivas distinções de motivos de pendente.



Figura 4.2 - Bancada de material pendente

- **Material para outros departamentos:** arrumar no Móvel 4 (Figura 4.3), ou bancada de *Work-In-Progress* (WIP), com as respectivas distinções.

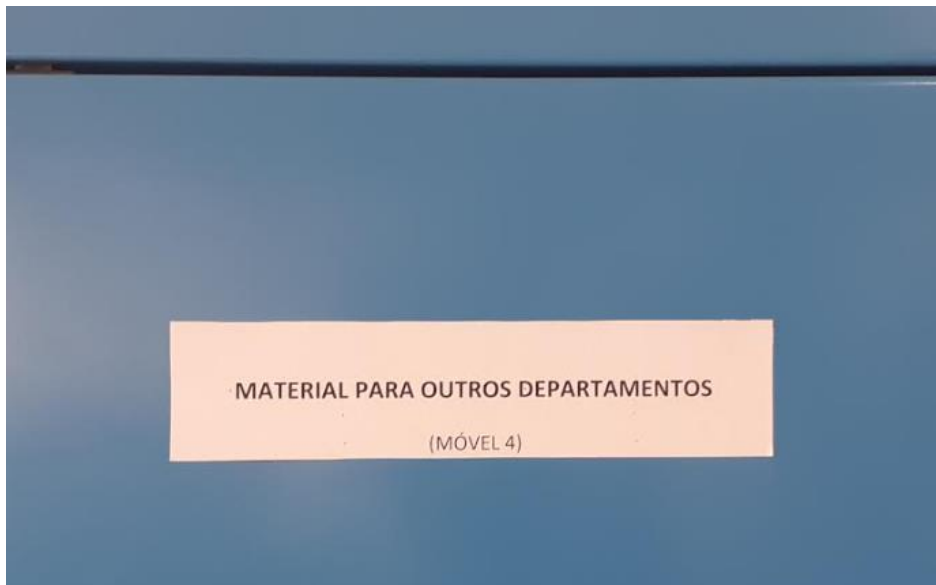


Figura 4.3 - Móvel de material para outros departamentos

- **Material para reparação:** arrumar na estante L2A (Figura 4.4) e L2B e, no caso de peças de maiores dimensões, junto ao armazém dos óleos. Cada material deve estar acompanhado do respetivo mail informativo, ou solicitude para as peças que são de armazém.



Figura 4.4 - Estante de material para reparação/material reparado

- **Material de investimento:** colocar na zona de Material de investimento definida (Figura 4.5). Esta zona foi definida para uma zona mais próxima da entrada do armazém.



Figura 4.5 - Local para material de investimento

Desta forma foi possível obter um *layout*, representado na Figura 4.6, com zonas de trabalho e controlo de material melhor definidas.

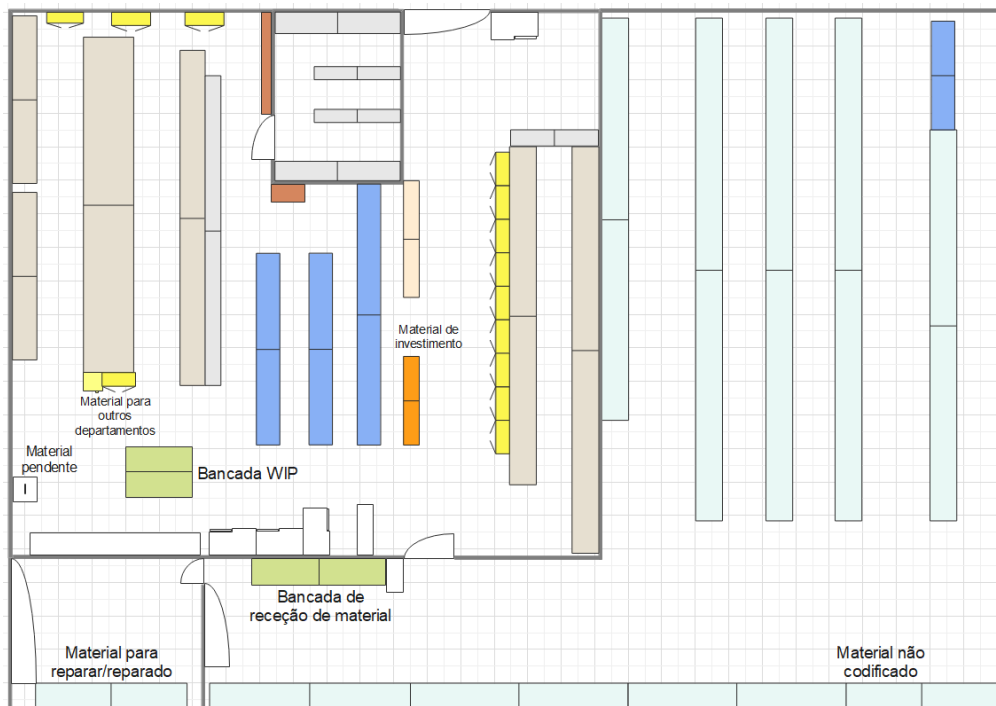


Figura 4.6 - *Layout* com zonas de trabalho e controlo de material definidas

4.2.2 Processo de saída e entrada de material

Para fazer face aos problemas identificados no processo de saída de material de armazém, isto é, quando funcionários da fábrica se deslocam ao armazém para requisitarem os seus materiais, procedeu-se a duas ações concretas.

1. Requisições terão de vir sempre preenchidas pelas chefias.
2. Colocar um terminal em cima da bancada de trabalho para dar logo saída logo no ERP.

A primeira ação tem como objetivo padronizar o comportamento dos funcionários a cada ida ao armazém pelo que se sensibilizou a que não houvesse situações em que as requisições não viesse assinadas logo pelas chefias e também que a cada vez que se chegasse ao armazém, a ficha de requisição viesse com todas as informações necessárias para se proceder à entrega do material.

A segunda ação tem incidência na fase de dar saída do material, no ERP. Para fazer face a situações em que a ficha de requisição é guardada para mais tarde se dar saída do material no ERP por parte dos operadores de armazém, colocou-se um terminal em cima da bancada de trabalho (Figura 4.7) para ser mais prático fazer este passo de saída de material o mais cedo possível no processo, ao invés de adiar para outra altura do dia.



Figura 4.7 - Bancada de trabalho com terminal

Para fazer face aos problemas identificados no processo de entrada de material de armazém, isto é, quando fornecedores se deslocam ao armazém para entregarem encomendas de materiais, procedeu-se a uma ação concreta.

1. Verificar chegada de encomendas e dar entrada até ao final do dia de todas os materiais presentes na bancada de receção de material.

Esta ação teve como objetivo evitar a sobrecarga da área que foi definida para receção de material, o que até então ocorria em demasia, conduzindo a que outros locais fossem ocupados com este material. Assim foi indicado que a cada receção de material, se possível, fosse aberta logo a encomenda e se procedesse aos passos seguintes do processo de entrada de material descritos no fluxograma da Figura 3.31, no capítulo 3.

4.2.3 Limpeza, organização, identificação de material e *Checklist 5S*

No âmbito do primeiro senso da metodologia 5S, algum material que foi identificado como obsoleto foi retirado de armazém para os departamentos que lhes correspondiam. Desta forma procedeu-se à identificação de materiais eventuais que precisassem de ser identificados e retornados a armazém, e também à eliminação dos materiais que não constituíssem valor nenhum para a fábrica.

Noutro âmbito, na sequência do aparato encontrado em alguns armários e em algumas gavetas, nos quais os materiais frequentemente eram confundidos, os materiais foram organizados em caixas empilháveis e devidamente identificados com o código no ERP e descrição de material em etiquetas.

Para melhoria da identificação dos materiais que outrora estavam apenas distinguidos com as fichas de identificação amarelas, foram adquiridas etiquetas magnéticas para se afixar nas estantes. Esta aquisição permitiu passar algumas identificações que já estavam feitas nas fichas amarelas soltas, para uma identificação mais segura e com menor probabilidade de erro.

Estes magnéticos passaram a albergar a identificação de cada material, no local que lhe correspondia, tendo apenas no seu conteúdo o código no ERP, a descrição do material o local onde se situa o magnético, e observações potenciais que os operadores de armazém queriam fazer. Numa perspetiva de futuro, nestas novas etiquetas magnéticas, representadas na Figura 4.8, também se colocou a possibilidade de identificar o máximo e mínimo de unidades a ter em armazém de cada material numa lógica de um sistema *Kanban*. Esta ação foi a que levou

mais tempo mas conduziu a uma melhoria significativa na redução das perdas de tempo na procura de material.

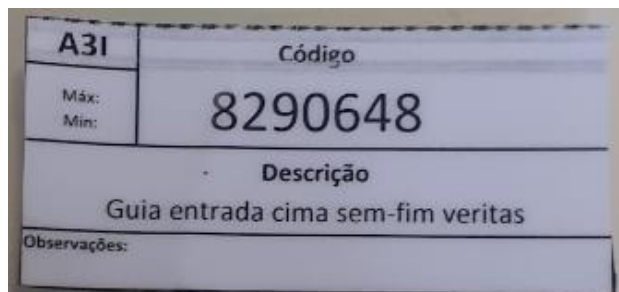


Figura 4.8 - Etiqueta de identificação

4.2.3.1 Elaboração de instruções de limpeza e manutenção

No âmbito da terceira fase do projeto de 5S, foram elaboradas instruções de limpeza com vista à padronização de procedimentos diários a tomar durante e no final de um dia de trabalho, procedimentos estes cujo o tempo não deveria exceder 10 minutos. As instruções ficaram afixadas no armazém, como a Figura 4.9 demonstra:

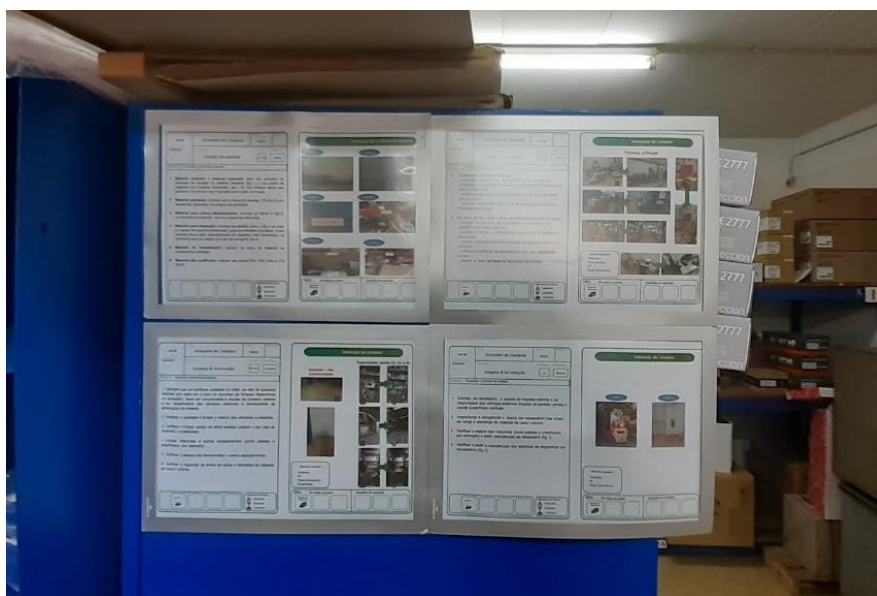


Figura 4.9 - Instruções de limpeza e organização no armazém

Assim foram estabelecidas as seguintes instruções diárias:

- **No final do dia:**
 - Deve ser limpa a área, removendo o lixo do chão e utilizando os recursos disponíveis – Exemplo: vassoura, pá, papel absorvente.

- Verificar organização das prateleiras e se existem itens fora do lugar.
- Remover obstáculos das zonas de passagem e remover embalagens vazias.
- Colocar os resíduos das bancadas e superfícies de trabalho nos locais próprios.
- Verificar e limpar a sujidade das superfícies de trabalho e bancadas.
- Colocar equipamentos/ferramentas de trabalho nos locais próprios.
- Verificar existência de documentos fora das respetivas zonas.
- Manter a zona "Material Recebido" arrumada.

Em adição às instruções diárias, foram também elaboradas instruções para execução no final de uma semana de trabalho e também ao fim de um mês de trabalho, para o caso de tarefas mais elaboradas e necessárias.

- **No final da semana:**

- Sempre que se verifique sujidade no chão, se não for possível eliminar por cada um e com os recursos de limpeza disponíveis no armazém, deve ser comunicada à equipa de limpeza externa e ao responsável dos serviços externos a necessidade de eliminação.
- Verificar a sujidade e limpar o interior dos armários e estantes.
- Verificar e limpar zonas de difícil acesso (cantos e por trás de estantes e prateleiras).
- Limpar máquinas e outros equipamentos (porta paletes e empilhador, por exemplo).
- Verificar o estado das ferramentas e outros equipamentos.
- Verificar níveis de água e óleo do empilhador e comunicar o nº de quilómetros percorridos.
- Verificar e organizar as áreas de carga e descarga de material de maior volume.

- **No final do mês:**

- Solicitar, se necessário, à equipa de limpeza externa e ao responsável dos serviços externos limpeza de janelas, portas e outras superfícies verticais.
- Inspeccionar e reorganizar o *layout* (se necessário) das áreas de carga e descarga de material de maior volume.
- Verificar o estado das máquinas (porta paletes e empilhador, por exemplo) e pedir manutenção se necessário.

- Verificar e pedir a manutenção dos sistemas de segurança (se necessário).

Para visualização mais detalhada dos procedimentos estabelecidos, as instruções encontram-se no Anexo F, nomeadamente nas Figuras A.17, A.18 e A.19. Em associação a estas instruções foram elaboradas também instruções de controlo de material e um quadro de calendarização de limpeza, representados na Figura A.19 e A.20, respetivamente.

4.2.3.2 *Checklist 5S*

Para fazer face ao problema que existia de não controlo de organização do espaço do armazém, e para que todos os operadores estejam constantemente dentro do objetivo da metodologia 5S, foi proposto a implementação de uma *checklist* mais simples do que a folha habitual utilizada nas auditorias 5S. O objetivo desta *checklist* é ser preenchida uma vez por semana por um colaborador. Na Figura A.21 do Anexo F, encontra-se um modelo de uma *checklist* 5S criada para avaliar o estado do armazém.

O formato da *checklist* elaborada teve por objetivo principal facilitar a sua compreensão e execução, de modo a que o seu preenchimento pudesse durar no máximo 5 minutos. A *checklist* possui os diferentes sentidos constituintes do 5S, aos quais surgem associadas questões relevantes para a operação.

O preenchimento da *checklist* deve ser feito pelos colaboradores usando critérios de avaliação com uma escala de 0 a 5 pontos. O zero corresponde a "nunca ocorre", "nunca se faz" ou um "não", e o cinco corresponde a um "ocorre sempre", "sempre se faz" ou um "sim". As questões colocadas nos cinco sentidos da *checklist* 5S devem ser respondidas pelos critérios onde, após finalizar, se faz o somatório de todos os elementos obtendo, assim, a pontuação final.

Após as melhorias implementadas no armazém de aprovisionamentos, definiu-se a pontuação de 70 para que se considere que o armazém está em boas condições. Caso a pontuação esteja abaixo, devem ser tomadas as devidas precauções para melhorar os sentidos que têm pior pontuação.

4.3 Implementação de melhorias - redução do consumo de TSQ

De seguida serão abordadas as melhorias implementadas para o projeto de redução de TSQ. Neste sentido procedeu-se à melhoria dos padrões de atuação dos departamentos

intervenientes do processo, e, numa segunda fase, à elaboração de um modelo de controlo diário de variáveis importantes para o ajuste do TSQ.

4.3.1 Melhoria nos padrões de atuação dos departamentos

Com base nos problemas identificados nos padrões de atuação dos diferentes departamentos envolvidos no processo de controlo da fase do TSQ, foram estabelecidas algumas melhorias, discriminadas por departamento.

- **Controlo de Qualidade**

Para fazer face ao segundo problema identificado no capítulo 3.6.2.2, é proposto reduzir o nível máximo permitida de 90 ctu's para 45 ctu's, mantendo o nível mínimo de 30 ctu's. Os dados da Tabela 4.2, foram fornecidos pelo departamento de compras da SBVidros.

Tabela 4.2 - Dados unitários do produto

| | |
|-----------------------------|-----------|
| Custo produto SEPOAN | 21,3 €/Kg |
| Massa do recipiente | 1kg/L |

- **Mecânico IS**

Para fazer face ao primeiro problema identificado no capítulo 3.6.2.2, é proposto ajustar as alterações que ocorrem na mudança de modelo de produção de modo a que o nível de TSQ fique acima apenas 1 a 5 ctu's do limite inferior da média.

- **Mecânico de turno**

Para fazer face ao segundo, terceiro e quarto problema identificados no capítulo 3.6.2.2, é proposto uma melhoria ao nível da comunicação feita entre o mecânico de turno e o laboratório. Desta forma, pretende-se que seja feita uma chamada ao laboratório por parte do mecânico no turno da tarde para perguntar qual a linha cujo os níveis de TSQ estão mais altos de acordo com os seus limites e ajustar o caudal em 1 ctu. Após o ajuste de TSQ, foi definido que o mecânico de turno deve ligar para o laboratório a comunicar esta alteração.

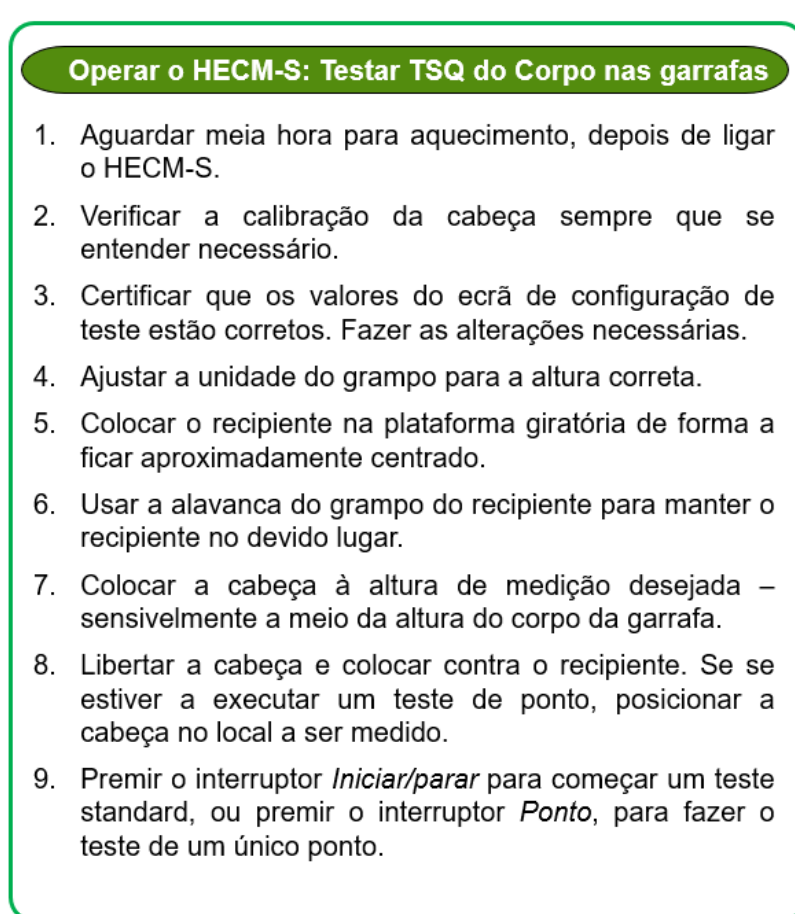
- **Laboratório**

Outra proposta de melhoria surge para aplicação no laboratório de controlo de qualidade. Em primeiro lugar, propõe-se a implementação da validação do sistema de medição

em todos os turnos para que a fiabilidade com que as medições dos níveis de TSQ são feitas seja posta à prova. No capítulo seguinte é exposto um estudo R&R que expõe um primeiro teste feito neste sentido.

Um dos aspetos que foi verificado durante a observação das medições de TSQ era que vários técnicos de laboratório realizavam essas medições de forma diferente, quer no respeitava à posição da garrafa no sistema de medição, quer no que respeitava ao método utilizado.

Assim, como foi explicado anteriormente, escolheu-se um técnico de laboratório para apoio na criação de instruções de trabalho para cada tipo de mudança que ocorriam mais frequentemente. Por conseguinte foi proposta a elaboração de protocolos de medição e instruções de trabalho para as medições dos níveis de TSQ no corpo e na marisa da garrafa, medições estas que são feitas duas vezes por turno. Para o caso das medições do TSQ no corpo da garrafa as instruções de medição estão representada pela Figura 4.10.



Operar o HECM-S: Testar TSQ do Corpo nas garrafas

1. Aguardar meia hora para aquecimento, depois de ligar o HECM-S.
2. Verificar a calibração da cabeça sempre que se entender necessário.
3. Certificar que os valores do ecrã de configuração de teste estão corretos. Fazer as alterações necessárias.
4. Ajustar a unidade do grampo para a altura correta.
5. Colocar o recipiente na plataforma giratória de forma a ficar aproximadamente centrado.
6. Usar a alavanca do grampo do recipiente para manter o recipiente no devido lugar.
7. Colocar a cabeça à altura de medição desejada – sensivelmente a meio da altura do corpo da garrafa.
8. Libertar a cabeça e colocar contra o recipiente. Se se estiver a executar um teste de ponto, posicionar a cabeça no local a ser medido.
9. Premir o interruptor *Iniciar/parar* para começar um teste standard, ou premir o interruptor *Ponto*, para fazer o teste de um único ponto.

Figura 4.10 - Instrução de utilização de máquina de medição de TSQ no corpo

Para o caso das medições do TSQ na marisa da garrafa, não só foram elaboradas instruções de medição, como também foram elaboradas descrições das teclas de comandos da máquina. As instruções e descrições estão representadas pela Figura 4.11.

Operar o HECM-S: Testar TSQ da Marisa nas garrafas

1. Aguardar hora e meia para aquecimento, depois de ligar o FCM-S.
2. Verificar a calibração da cabeça sempre que entender necessário.
3. Ajustar a unidade do grampo para a altura correta.
4. Colocar o recipiente na plataforma giratória de forma a ficar aproximadamente centrado.
5. Usar a alavanca do grampo do recipiente para manter o recipiente no devido lugar.
6. Colocar a cabeça à altura de medição desejada e pré orientar a cabeça de medição.


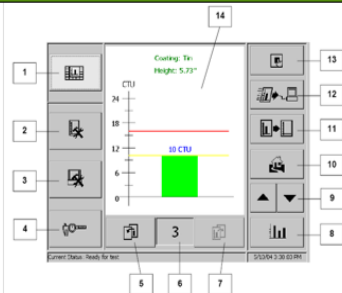


Figura 316.3

7. Tocar no botão de reset dos dados no ecrã principal.
8. Tocar no botão de medição no ecrã principal para iniciar o teste.
9. Observar o movimento vertical da cabeça de medição. A cabeça deverá inclinar-se para baixo e depois para cima e depois para baixo para o pico de leitura. Se a cabeça não se inclinar para baixo para o pico, quer dizer que o pico está no limite superior da inclinação, onde o sistema irá estabelecer uma nova posição vertical de origem (home).
10. Para recolha de 4 pontos equidistantes da marisa, rodar a plataforma giratória até travar.

Descrição das teclas de comando – FCM-S



- 1 – Aceder ao menu principal.
- 2 – Aceder à configuração do teste.
- 3 – Aceder à configuração do sistema.
- 4 – Aceder à calibração.
- 5 – Visualizar resultados da medição anterior (caso exista).
- 6 – Visualizar n.º de medições realizadas (incrementa cada vez que se carrega no botão de medição (13)).
- 7 – Visualizar os resultados da medição seguinte (caso exista).
- 8 – Aceder à opção estatística onde é apresentado um gráfico com o mínimo, máximo e média desde que foi feito o último reset aos valores lidos.
- 9 – Mover a cabeça de leitura para cima e para baixo fazendo-se desta forma uma pré orientação da mesma.
- 10 - Colocar a cabeça de medição na posição horizontal e vertical correta e realinhar horizontalmente a cabeça de medição.
- 11 – Apagar todos os resultados.
- 12 – Enviar os resultados para um PC externo.
- 13 – Medir.
- 14 – Ecrã de resultados e gráficos. A linha amarela nos gráficos representa o valor de aviso e a linha vermelha representa o valor limite.

Figura 4.11 - Instruções de medição de TSQ na Marisa

Estas instruções elaboradas para as medições dos níveis de TSQ no corpo e marisa da garrafa, são um auxílio para os novos técnicos que estão a entrar na empresa e uma forma de se conseguir, começando pelos mais novos, criar uma padronização na forma como são medidos os níveis de TSQ.

O novo protocolo que deve ser adotado surge em situações em que os valores médios de CTU sejam inferiores ao mínimo estabelecido. Para estes casos, em vez de se registar as medições diretamente, deve-se repetir com mais duas garrafas a medição antes de se chamar o mecânico de turno, como habitual. Estas melhorias irão atenuar o terceiro e quarto problema assinalados no capítulo 3.3.2.2.

4.3.1.1 Fabricação

Para auxiliar o departamento de fabricação neste processo, foram elaboradas instruções de montagem do sistema de aplicação de produto de TSQ. O que outrora era feito

sem um procedimento claro, passou a estar padronizado, como o fluxograma da Figura 4.12 representa.

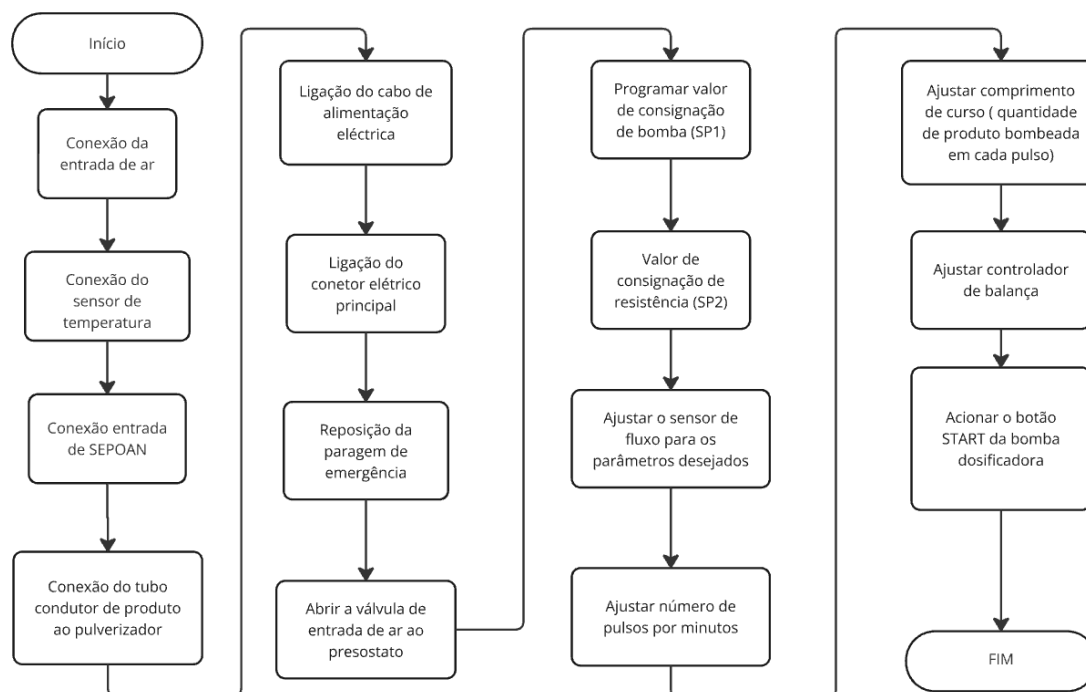


Figura 4.12 - Procedimento de montagem da bomba de SEPOAN 301 TC

Este fluxograma possui as etapas principais, estando divididas em três colunas paralelas de atividades. Na coluna da esquerda tem-se as conexões físicas, nomeadamente a conexão da entrada de ar, conexão do sensor de temperatura, conexão da entrada de SEPOAN e a conexão do tubo condutor de produto ao pulverizador. Ao centro encontram-se as configurações elétricas e de segurança, nomeadamente a ligação do cabo de alimentação elétrica, ligação do conector elétrico principal, reposição da paragem de emergência e abertura da válvula de entrada de ar do presostato.

Por fim as duas colunas mais à direita identificam as funções de programação e ajustes, nomeadamente a programação do valor de consignação da bomba (SP1), definição do valor de consignação de resistência (SP2), ajuste do sensor de fluxo para os parâmetros desejados, ajuste do número de pulsos por minuto, ajuste do comprimento de curso (quantidade de produto bombeada em cada pulso), ajuste do controlador de balança e por fim o acionamento do botão START da bomba dosificadora.

4.3.2 Estudo R&R de aparelhos de medição

A análise de um sistema de medição tem como objetivo concluir se um dado sistema de medição é adequado para um dado produto, tendo de se considerar, para um produto proveniente de um processo, duas fontes de variação, nomeadamente a variação entre peças e a variação do sistema de medição. Neste sentido, antes da recolha dos dados de um determinado processo em estudo, é relevante analisar se o sistema de medição executa a sua tarefa consistência e precisão , [101].

A variação total de um processo é dada pela variação peça-a-peça somada à variação do sistema de medição. No que se refere à variação dos sistema de medição, é da responsabilidade do estudo de medição R&R estimá-lo, e essa variação está assente em dois componentes dos erros de medição, a repetibilidade e a reprodutibilidade, [100]:

Repetibilidade: A repetibilidade de um sistema de medição refere-se à variação das medidas feitas repetidamente com o mesmo instrumento de medida e pelo mesmo operador, usando o mesmo procedimento, no mesmo item.

Reprodutibilidade: A reprodutibilidade de um sistema de medição refere-se à variação que pode ser esperada quando há mais de um operador (avaliador) fazendo medições, em diferentes períodos de tempo, diferentes ambientes, ou seja, em diferentes condições).

O Estudo R&R serve portanto para avaliar um sistema de medição antes de o usar para monitorização ou melhoria de processos. Este estudo tem como objetivo aferir se o sistema de medição consegue fazer a diferenciação correta das peças, se o sistema de medição é estável ao longo do tempo, e ainda se o sistema de medição é preciso para todos os tipos de peça, [100].

O Estudo de R&R cruzado usa-se quando cada operador mede várias vezes a mesma peça que tem origem no processo em análise.

4.3.2.1 Análise de variância e método ANOVA

A utilização de componentes de variância tem como objetivo avaliar a quantidade variação que uma fonte de erro de medição e as diferenças peça a peça têm na variação total. Nesta lógica, a diferença que existe entre pelas deve ser responsável pela maioria da variabilidade enquanto a variação causada pela repetibilidade e reprodutibilidade deve ser responsável pela minoria da mesma variabilidade.

A variância do erro de medição é a soma da variância relativa à repetibilidade com a variância relativa à reprodutibilidade, ou seja, pela Equação 4.1 [101]:

$$\sigma_{\text{erro de medição}}^2 = \sigma_{\text{Gauge}}^2 = \sigma_{\text{repetibilidade}}^2 + \sigma_{\text{reprodutibilidade}}^2 \quad (4.1)$$

Considerando as Equações 4.2 e 4.3, [101]:

$$\sigma_{\text{repetibilidade}}^2 = MQ_E = \sigma^2 \quad (4.2)$$

$$\sigma_{\text{reprodutibilidade}}^2 = \sigma_{\text{avaliador}}^2 + \sigma_{\text{produto*avaliador}}^2 \quad (4.3)$$

Para efeitos de análise, considera-se um sistema de medição aceitável, quando se respeita a Equação 4.4, [101]:

$$\frac{\sigma_{\text{erro de medição}}}{\sigma_{\text{total}}} < 10\% \quad (4.4)$$

No caso de a Equação 4.4 ser excedida, deve-se mudar o sistema de medição se:

- $\frac{\sigma_{\text{repetibilidade}}}{\sigma_{\text{total}}}$ for alto.

No caso de a Equação 4.4 ser excedida, deve-se mudar o sistema de medição se:

- $\frac{\sigma_{\text{reprodutibilidade}}}{\sigma_{\text{total}}}$ for alto.

Considerando que existem α produtos selecionados aleatoriamente e β avaliadores selecionados aleatoriamente e cada avaliador mede o produto n vezes, as medidas podem ser representadas pelo seguinte modelo, na Equação 4.5, [101]:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + O_j + (PO)_{ij} + \epsilon_{ijk}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, \alpha, j = 1, 2, \dots, \beta \text{ e } k = 1, 2, \dots, n \quad (4.5)$$

onde Y_{ijk} é a variável aleatória que denota a ijk -ésima medida, μ é o parâmetro da média global, e $P_i, O_j, (PO)_{ij}, \epsilon_{ijk}$ são as variáveis aleatórias independentes que representam o efeito dos produtos, avaliadores, interação entre os efeitos dos produtos com avaliadores e o erro aleatório, respetivamente.

Se a variância dos efeitos dos tratamentos $P_i, O_j, (PO)_{ij}$, forem $\sigma_P^2, \sigma_O^2, \sigma_{PO}^2$ e σ^2 , temos pela Equação 4.6, que a variância de qualquer observação é, [101]:

$$V(y_{ijk}) = \sigma_p^2 + \sigma_o^2 + \sigma_{po}^2 + \sigma^2 \quad (4.6)$$

e σ_p^2 , σ_o^2 , σ_{po}^2 e σ^2 chama-se componentes da variância e o modelo designa-se como Modelo de Análise de Variância para Sistemas de Medição, também designado por Modelo Padrão para o Estudo R&R, [100].

Os métodos de análise de variância podem ser utilizados para estimar os componentes de variância. O procedimento consiste em dividir a variabilidade total das medições nas seguintes componentes, sendo a designação SS a soma dos quadrados, que se obtém através da Equação 4.7, [101]:

$$SS_{Total} = SS_{Produto} + SS_{Avaliadores} + SS_{produto*avaliador} + SS_{Erro} \quad (4.7)$$

Embora estas somas de quadrados possam ser calculadas manualmente, normalmente utiliza-se um software para efetuar esta tarefa, tendo sido utilizado o *Minitab*. Cada soma de quadrados do lado direito da equação é dividida pelos seus graus de liberdade para produzir quadrados médios (MS), cujos valores se obtêm através das Equações 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11, [101]:

$$MS_p = \frac{SS_{Produto}}{p - 1} \quad (4.8)$$

$$MS_o = \frac{SS_{Avaliadores}}{o - 1} \quad (4.9)$$

$$MS_{po} = \frac{SS_{Produto}}{(p - 1)(o - 1)} \quad (4.10)$$

$$MS_E = \frac{SS_{Erro}}{po(n - 1)} \quad (4.11)$$

Os componentes de variância podem ser estimados igualando os valores numéricos calculados dos quadrados médios do software de análise de variância aos seus valores esperados e resolvendo os componentes de variância, respetivamente obtidos através das Equações 4.12, 4.13, 4.14 e 4.15, [101]:

$$\sigma^2 = MS_E \quad (4.12)$$

$$\sigma_{PO}^2 = \frac{MS_{PO} - MS_E}{n} \quad (4.13)$$

$$\sigma_O^2 = \frac{MS_O - MS_{PO}}{pn} \quad (4.14)$$

$$\sigma_P^2 = \frac{MS_P - MS_O}{on} \quad (4.15)$$

Destas resoluções resulta a Tabela 4.3 ANOVA [101]:

Tabela 4.3 - Estrutura da tabela ANOVA

| Fonte de variação | Soma de Quadrados | Graus de liberdade | Média de Quadrados | F_0 | P -value |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------------------|------------------------------------|
| Produto | SQ_P | $a - 1$ | MQ_P | $\frac{MQ_P}{MQ_{PO}}$ | $P(F_{a-1, (a-1)(b-1)} > f_0)$ |
| Avaliador | SQ_O | $b - 1$ | MQ_O | $\frac{MQ_O}{MQ_{PO}}$ | $P(F_{b-1, (a-1)(b-1)} > f_0)$ |
| Interação | SQ_{PO} | $(a - 1)(b - 1)$ | MQ_{PO} | $\frac{MQ_O}{MQ_E}$ | $P(F_{(a-1)(b-1), ab(n-1)} > f_0)$ |
| Erro | SQ_E | $ab(n - 1)$ | MQ_E | | |
| Total | SQ_T | $abn - 1$ | | | |

De modo a atingir os objetivos do projeto de melhoria, deu-se lugar a um Estudo R&R para aferir a fiabilidade de medição, quer dos técnicos de qualidade, quer das máquinas de medição com que eles operam em laboratório. Para isso foi necessário delinear uma série de etapas para atingir o objetivo desta ferramenta de análise.

4.3.2.2 Estudo R&R nas máquinas de medição de TSQ

Para elaboração do Estudo R&R, iniciou-se por definir o número de avaliadores que iriam participar, assim como o número de medições a serem feitas por cada um deles. Estes avaliadores teriam de ser as mesmas pessoas que normalmente realizam as medições das amostra que são colocadas no banco de dados do controlo de qualidade, para que o Estudo

R&R consiga refletir a fiabilidade das medições que são tiradas diariamente em laboratório. Em reunião com o responsável do controlo de qualidade ficou definido que seria feito o estudo com dois técnicos de laboratório do turno 2, sendo que com cada um deles seriam feitas duas medições para as 10 amostras de garrafas selecionadas posteriormente.

Por conseguinte, verificou-se o estado das máquinas de medição de TSF e TSQ, nomeadamente a sua calibração, pelo que se verificou numa primeira instância que naquele momento encontravam-se descalibradas pelo que se chamou o responsável da secção elétrica para resolver este problema.

Após esta definição, selecionou-se cinco modelos de garrafas (Tabela 4.4), cuja produção estivesse em vigor, que iram constituir a amostra do estudo, tendo estas garrafas sido retiradas de 5 linhas de produção distintas:

Tabela 4.4 - Amostras usadas no Estudo R&R

| Modelo | Tipo de medição | Linha de produção | Nº de amostra |
|--|----------------------|-------------------|---------------|
| 2584/103V ALHAMBRA RSV 1925 NACIONAL LW | TSQ (corpo e marisa) | SB21 | 1, 2 |
| MSM 25 BC NR | TSQ (corpo e marisa) | SB31 | 3, 4 |
| 2543167T XLN-01 25 CL | TSQ (corpo e marisa) | SB32 | 5, 6 |
| 4889101T CERVEZA 25 CL ESTANDAR | TSQ (corpo e marisa) | SB33 | 7, 8 |
| 2588103V ALHAMBRA RSV 22,5 CL | TSQ (corpo e marisa) | SB22 | 9, 10 |

Retiradas as garrafas para este estudo, procedeu-se em laboratório às medições dos níveis de TSQ no corpo e marisa das garrafas com os técnicos de laboratório escolhidos para o efeito.

4.3.3 *Dashboard* de controlo de níveis de TSQ

Outro problema que se verificava como sendo comum a todos os departamentos foi a falta de um mecanismo de controlo para verificação da evolução diária dos níveis de TSQ para cada modelo de garrafa em produção. Devido a esta ausência de informação, apesar dos dados

já existentes no banco de dados do controlo de qualidade, surgiu a oportunidade de elaborar um modelo de controlo dos níveis de TSQ em *Power BI*. Este modelo de controlo integra a informação das medições feitas no laboratório de controlo de qualidade, mas com a particularidade de possibilitar a verificação da evolução histórica e diária dos níveis de TSQ para cada modelo de garrafa selecionado, caso esteja em produção no momento. Além dos níveis de TSQ, por indicação das chefias foi também colocado no modelo a possibilidade de verificar a evolução dos níveis de TSF e pressão interna, duas variáveis de qualidade que também têm influência nos níveis de TSQ.

Resultado deste modelo é o *dashboard* apresentado na Figura 4.13. Este *dashboard* permite ver diariamente os níveis de TSQ, TSF e pressão interna de cada modelo em produção nas últimas 24 horas, tomando em consideração também a evolução destes mesmos parâmetros para o mesmo modelo ao longo de todo o seu histórico de produção disponibilizado.

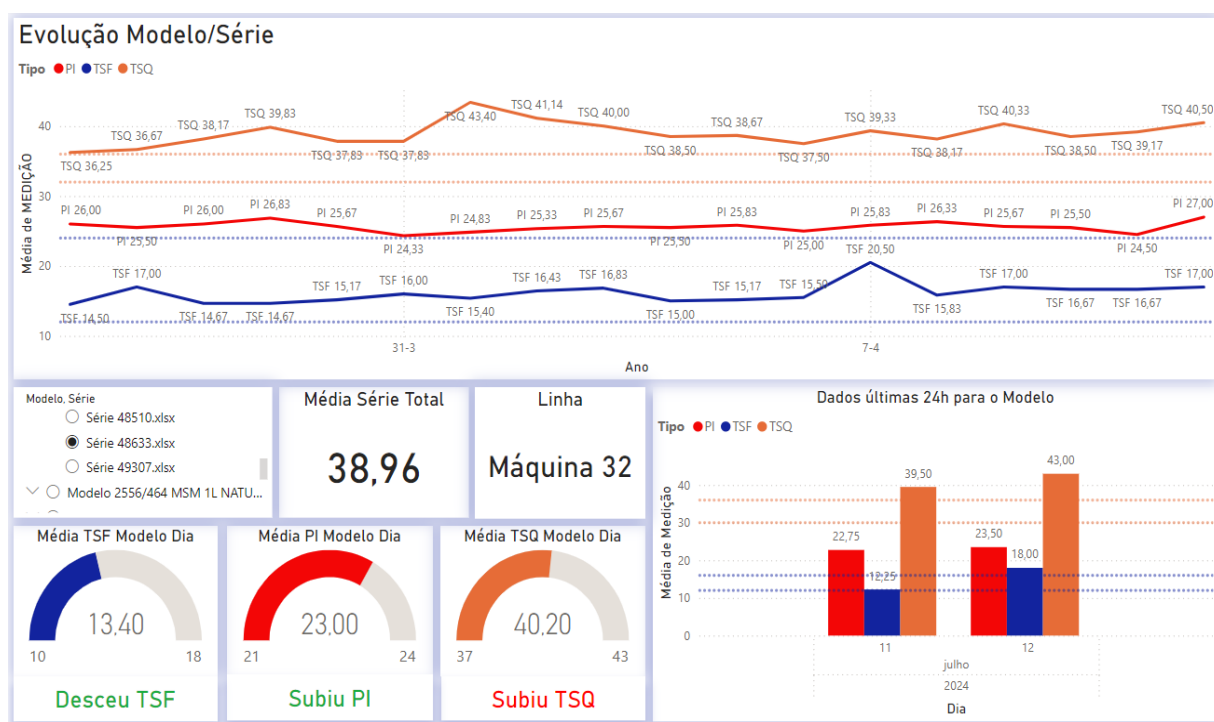


Figura 4.13 - *Dashboard* de controlo diário TSQ, TSF e pressão interna

Esta ferramenta ilustra com gráficos os indicadores, tendo apenas de abastecer o *Power BI* com ficheiros de *Excel* que se extraem do banco de dados do controlo de qualidade. O *dashboard* é composto por elementos que permitem escolher o modelo de garrafa a analisar assim como a sua respetiva série de produção. Na parte superior do *dashboard* encontra-se

um gráfico que, conforme a filtragem efetuada, possibilita observar a evolução histórica do modelo de garrafa selecionado. Neste primeiro gráfico é possível ver então a evolução histórica dos níveis de TSQ, TSF e pressão interna, a laranja, vermelho e azul, respetivamente. Esta evolução pode ser vista ao longo de vários dias, mas também é possível, verificar a evolução ao longo de vários meses, se desejável. Ao centro encontra-se um indicador denominado "Linha". Este indicador permite conhecer a linha de produção do modelo selecionado para análise. Também ao centro encontra-se um indicador denominado "Média Série Total". Este indicador permite conhecer a média das medições de todas as garrafas da série de produção em vigor para o modelo de garrafa selecionado. No canto inferior esquerdo do *dashboard* encontram-se três indicadores. Estes são os indicadores mais relevantes deste *dashboard* visto que são eles que permitem conhecer a evolução que acontece de um dia para o outro dos níveis de TSQ, TSF e pressão interna, apresentados pelas mesmas cores do primeiro gráfico. Nestes gráficos é apresentada a média, o mínimo e o máximo das medições de todas as garrafas medidas em laboratório para o modelo selecionado nos filtros. Colado a estes indicadores ainda é possível ter um indicador de texto que, consoante a evolução diária, mostra se o nível de TSQ, TSF e pressão interna subiu ou desceu. Por fim, no canto inferior direito encontra-se um gráfico que permite observar mais detalhadamente os dados das últimas vinte e quatro horas para o dia anterior e para o dia atual.

A partir deste *dashboard* de controlo, tem-se como objetivo que todos os dias seja extraída as novas informações relativas aos dados das últimas 24 horas para que o modelo esteja sempre atualizado.

4.4 Implementação de melhorias - Organização de material de embalagem

No sentido de mudar a situação atual de desperdício de espaço existente no armazém de produto acabado, devido à incorreta gestão do material de embalagem, foi projetada uma solução de arrumação que pudesse visar a poupança de espaço e também a quantificação correta de necessidades diárias de cada material, na lógica de um sistema *Kanban*.

4.4.1 Desenvolvimento do modelo de necessidades de estantes

Numa primeira fase, foram feitas reuniões com o departamento de compras da SBVidros para conhecer a tendência de consumos de materiais de embalagem. No momento em que foi executado este projeto, a fábrica encontrava-se com apenas 3 dos 4 fornos em funcionamento, devido à manutenção que estava a ser realizada no forno 4, pelo que a produção não se encontrava no seu expoente máximo. Assim, foram disponibilizados os consumos de material de embalagem na totalidade do ano de 2022, visto que todos os fornos estiveram em funcionamento durante todo este ano. Na Figura 4.14 estão exemplificados os movimentos relativos ao ano de 2022, departamento responsável de compra, código do material no ERP, e ainda o centro de custo de um tipo de material de embalagem correspondente a cartão, nomeadamente para o material "Plancha P03/KFK 1195x1010 ABBA".

| Material: PLANCHA P03/KFK 1195x1010 ABBA | | | | | |
|--|---------|-----------------|----------------------|-----|--------------|
| Departamento | Código | Data do Consumo | Quantidade Consumida | UMR | Centro custo |
| A500 | 8000366 | 31.12.2022 | -685 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 02.12.2022 | -5 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 24.11.2022 | -210 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 23.11.2022 | -1122 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 22.11.2022 | -1200 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 22.11.2022 | -1014 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 22.11.2022 | 1.2 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 22.11.2022 | -72 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 21.11.2022 | -66 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 21.11.2022 | -348 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 21.11.2022 | -234 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 21.11.2022 | -414 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 20.11.2022 | -1236 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 19.11.2022 | -1206 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 18.11.2022 | -1134 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 17.11.2022 | -900 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 16.11.2022 | 4.2 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 16.11.2022 | -4.2 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 31.10.2022 | -140 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 30.10.2022 | -75 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 30.10.2022 | -90 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 29.10.2022 | -180 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 28.10.2022 | -65 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 19.10.2022 | -204 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 18.10.2022 | -1.08 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 17.10.2022 | -1.122 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 16.10.2022 | -1.104 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 15.10.2022 | -1.128 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 14.10.2022 | -1.134 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 13.10.2022 | -1.14 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 12.10.2022 | -768 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 10.10.2022 | -108 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 09.10.2022 | -1.206 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 08.10.2022 | -1.164 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 07.10.2022 | -1.128 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 06.10.2022 | -426 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 21.09.2022 | -70 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 20.09.2022 | -100 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 09.09.2022 | -108 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 08.09.2022 | -1.11 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 07.09.2022 | -504 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 30.08.2022 | 2.4 | PEÇ | 229804 |
| A500 | 8000366 | 30.08.2022 | -2.4 | PEÇ | 229804 |

Figura 4.14 - Movimentos de um tipo de material de embalagem

Além dos dados dos consumos relativos a 2022 da maioria dos materiais, os dois materiais correspondentes a manga de plástico tiveram as informações do seu consumo dadas

oralmente pela gestora de compras do departamento de compras, sendo os consumos dados os seguintes:

- BOBINA PLAST.4740-1290X540MM 110 MIC UV6 → 3T/dia
- BOBINA PLAST.4740-1290X540MM 150 MIC UV6 → 5 bobines semanais

Para desenvolvimento do modelo de arrumação em estantes das necessidades de material de embalagem para 7 dias, eram necessárias as seguintes informações:

- Nº de unidades de material por palete
- Dimensões das paletes de cada tipo de material
- Cálculo da quantidade de material unitária para 7 dias
- Cálculo do nº de paletes de cada material necessárias para 7 dias:

Nº de unidades de material por palete

Através da Tabela 4.5 estão representados todos os tipos de materiais, códigos e também, para alguns casos, a quantidade de material que é trazido por palete comprada dos fornecedores, pois para esses casos a quantidade varia por fornecedor.

Tabela 4.5 - Quantidades de material por palete

| CÓDIGO | Artigo | QUANTIDADE (UNIDADES POR PALETE) |
|---------|---|----------------------------------|
| 8000211 | Tabuleiro Z/150/kfk-R 1200X980150 | 350 |
| 8000353 | PLANCHA P01/KFK 1200X1000 BBB | 600 |
| 8002557 | PLANCHA P12/KFK 1210X995 BBB | 500 |
| 8002711 | TAPA Y/125/KFB-ENG 1210X1010X125 | 400 |
| 8002712 | BANDEJA Y/100/KFK-R-ENG 1210X1010X100 | 600 |
| 8002715 | TAPA I/150/KFB-ENG 1200X970X150 | 400 |
| 8002716 | BANDEJA L/150/KFB-ENG 1190X990X150 | 600 |
| 8003111 | BANDEJA L/150/KFK-R-ENG 1190X990X150 | 600 |
| 8003946 | BANDEJA L/150/KFT+P-ENG 1190X990X150 | 600 |
| 8003387 | SEPARADOR DE CARTÃO P16/KFK-300 | 600 |
| 8003727 | SEPARADOR DE CARTÃO P17/KFK-300 1210X990 AABB | 550 |
| 8003385 | SEPARADOR DE CARTÃO P127kfk-300 | 550 |
| 8003402 | BANDEJA A/100/KFB-ENG 11200X1000X100 | 600 |
| 8003786 | BANDEJA H/125/KFK-ENG 1175X960X125 | 325 |
| 8002719 | K/150/KFB | 600 |
| 8004146 | A/150/KFK-R | 600 |
| 8003901 | TAPA T4/080/KFB-ENG 1160X980X80 CANTOS IGUAIS | 350 |
| 8003904 | TAPA T5/080/KFB-ENG 1160X980X80 CANTOS DIFERENTES | 400 |
| 8004177 | Y/125/KFK-ENG | 600 |
| 8003987 | TAPA A/125/KFK-ENG 1200X1000X125 | 600 |
| 8003989 | TAPA Z/125/KFK-R-ENG 1200X980X125 | 350 |
| 8003143 | PLANCHA P03/KFK-300 | 550 |
| 8003271 | L/100/KFB | 600 |
| 8004216 | BANDEJA B/125/KFK-ENG | 400 |
| 8004218 | BANDEJA B/075/KFB-ENG | 400 |
| 8001378 | PALETE ANIFE 1200X1000 | |
| 8001392 | PALETE VMF 1200X1000 | |
| 8003835 | PALETE HK 1200X1000 | |
| 8003625 | TOP FRAMES | 50 |
| 8000355 | PLACA 1200X1000 PP CPL ALVEOLAR PCA | 295 |
| 8003618 | PPLACA PP SMARTPAD 1200X1000 2,6-3 MM PSM | 310 |
| 8003836 | TAPA PP MACIZA SMARTCAP 1200X1000 TSM | 310 |
| 8003211 | PVE-AKYLUX | 295 |
| 8003121 | MANGA 110 | 3T/DIA |
| 8003517 | MANGA 150 | 0,195T/DIA |
| 8003936 | FILME PLÁSTICO 75 MM | |
| 8003896 | FOLHAS DE PLÁSTICO 1150X1350X0,80 MMPICOTADO | |
| 8003898 | FILME ESTIRÁVEL 500 MM 15MY MP501 | |
| 8003909 | BOBINE FITA PET 12X0,84 1800M | |
| 8002779 | BOBINE FITA EMBALCER VERDE 8,3 MM | |

Dimensões das paletes de cada tipo de material

Através de *Gemba Walks*, foram analisadas paletes existentes em armazém de modo a obter medidas manualmente.

Cálculo da quantidade de material unitária para 7 dias:

Através dos consumos de 2022 e dos consumos semanais dos materiais fornecidos oralmente pela gestora de compras, calculou-se através da Equação 4.16 a quantidade de material para 7 dias.

$$\frac{\text{Total de unidades consumidas}}{365} * 7 = \text{Quantidade de material para 7 dias} \quad (4.16)$$

Cálculo do nº de paletes de cada material necessárias para 7 dias:

Através do número de materiais por palete, e através do cálculo da quantidade de material feita no ponto anterior, obteve-se, através da Equação 4.17 o número de paletes necessárias para 7 dias de consumo de material.

$$\frac{\text{Quantidade de material necessárias para 7 dias}}{\text{Unidades por paleta}} = \text{N}^{\circ} \text{ paletes} \quad (4.17)$$

Para materiais cujo valor fosse 0, foi estabelecido que não se colocaria nenhuma paleta no local de arrumação em projeto. Através do modelo desenvolvido, é possível observar por meio da Tabela 4.6 a quantidade de paletes necessárias de cada material de embalagem para um total de 7 dias.

Tabela 4.6 - Necessidades de material de embalagem para 7 dias

| Descrição do material | Tipo de Material | Quantidade de paletes para 7 dias |
|---------------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| TABULEIRO Z/150/KFK-R 1200X980X150 | Cartão | 0 |
| PLANCHA P01/KFK 1200x1000 R30 | Cartão | 0 |
| PLANCHA P03/KFK 1195x1010 ABBA | Cartão | 1 |
| PLANCHA P12/KFK 1210x 995 BBBB | Cartão | 6 |
| TAPA Y/125/KFB-ENG 1210X1010X125 | Cartão | 3 |
| BANDEJA Y/100/KFK-R-ENG 1210x1010x100 | Cartão | 0.2 |

Tabela 4.6 - Necessidades de material de embalagem para 7 dias (continuação)

| Descrição do material | Tipo de Material | Quantidade de paletes para 7 dias |
|---------------------------------------|------------------|-----------------------------------|
| BANDEJA J/150/KFB-ENG 1205X1015X150 | Cartão | 0 |
| TAPA I/150/KFB-ENG 1200X 970X150 | Cartão | 7 |
| BANDEJA L/150/KFB-ENG 1190X 990X150 | Cartão | 9 |
| BANDEJA K/150/KFB-ENG 1190X 970X150 | Cartão | 0 |
| TAPA H/150/KFB-ENG 1175x 960x150 | Cartão | 0 |
| BANDEJA L/150/KFK-R-ENG 1190X 990X150 | Cartão | 0 |
| PLANCHA P03/KFK-300 1195x1010 ABBA | Cartão | 2 |
| PLANCHA P14/KFK 1180x 995 BABA | Cartão | 1 |

| | | |
|--|-------------------|----|
| BANDEJA L/100/KFB-ENG 1190x990x100 | Cartão | 3 |
| PLANCHA P41/KFK 1210X 960 ABBA | Cartão | 0 |
| PLANCHA P12/KFK-300 1210x 995 BBBB | Cartão | 2 |
| SEPARADOR DE CARTAO P16/KFK - 300 | Cartão | 1 |
| PLANCHA P35/KFK 1205X 970 aBaB | Cartão | 1 |
| BANDEJA A/100/KFB-ENG 1200x1000x100 | Cartão | 1 |
| BOBINA PLAST.4740-1290X540MM 110 MIC UV6 | Manga de plástico | 28 |
| BOBINA PLAST.4740-1290X540MM 150 MIC UV6 | Manga de plástico | 3 |
| PLANCHA P17/KFK 1210x 990 aaBB | Cartão | 0 |
| PLANCHA P17/KFK-300 1210x 990 aaBB | Cartão | 0 |
| BANDEJA H/125/KFK-ENG 1175x 960x125 | Cartão | 0 |
| BOBINA FITA PP 9 x 0,75 3000m | Cinta | 0 |
| BOBINA FITA PET 12 x 0,84 1800m | Cinta | 2 |
| BANDEJA L/150/KFT+P-ENG 1190X 990X150 | Cartão | 1 |
| TAPA A/125/KFK-ENG 1200X1000X125 | Cartão | 0 |
| TAPA Z/125/KFK-R-ENG 1200X 980X125 | Cartão | 0 |
| BANDEJA A/150/KFK-R eng 1200x1000x150 | Cartão | 3 |
| BANDEJA Y/125/KFK-ENG 1210X1010X125 | Cartão | 1 |
| BANDEJA B/125/KFK-ENG 1208x980x125 | Cartão | 1 |
| BANDEJA B/075/KFB-ENG 1208x980x75 | Cartão | 0 |

4.4.2 Necessidades de estantes a comprar

Após a conclusão retirada das necessidades para 7 dias de consumo de material de embalagem, procedeu-se à busca por estantes que pudessem servir de arrumação para estes materiais. Assim, conseguiu-se obter do mercado as seguintes dimensões para o comprimento de estantes de um dado fornecedor:

- 2,7m
- 3,3m
- 3,8m
- 4,2m

Tendo em conta a disposição da zona destinada a material de embalagem de armazém, definiu-se que o lugar no qual as estantes iriam permanecer seria em prioridade entre os pilares que delimitavam a zona. pelo que a disposição de estantes que melhor aproveitava o espaço nessa região é a que está representadas na Figura 4.15:

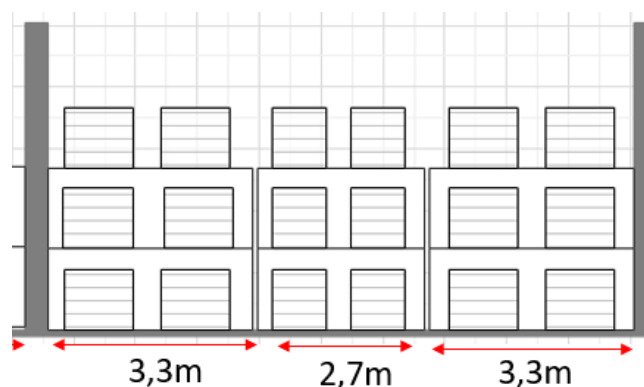


Figura 4.15 - Vista de frente das novas estantes

As necessidades de estantes a comprar, definidas através do desenvolvimento do modelo, estão apresentadas na Tabela 4.7:

Tabela 4.7 - Quantidade de estantes a comprar

| Estantes de 2,7m | Estantes de 3,3m |
|------------------|------------------|
| 3.00 | 5.17 |

Assim, foram compradas seis estantes de 3,3 metros e três estantes de 2,7 metros.

4.4.3 Modelo de controlo de materiais armazenados

Após a compra e instalação das novas estantes, tornou-se necessário organizar um método de controlo do material de embalagem que lá seria arrumado. Para gestão do material que as estantes iriam albergar, foi proposta a execução de um *Heijunka Box* eletrónico. O objetivo com o desenvolvimento desta ferramenta é controlar e conhecer as necessidades de material de embalagem que iriam ocorrer para certos dias definidos ao mesmo tempo que é feita a comparação dessas necessidades com o que já existia nas novas estantes e noutros locais em armazém.

4.4.3.1 Elaboração de questionário *Google Forms*

Em primeiro lugar, com o objetivo de facilitar o fluxo de informação que ocorre aquando das saídas ou entradas de materiais de embalagem em armazém, foi proposto o desenvolvimento de um questionário no *Google Forms* que permitisse dar a conhecer o material que está em movimento assim como o tipo de movimento em si, isto é, se se está a dar entrada ou saída do mesmo. Através do fluxograma da Figura 4.16, observa-se os passos necessários para preenchimento do questionário:

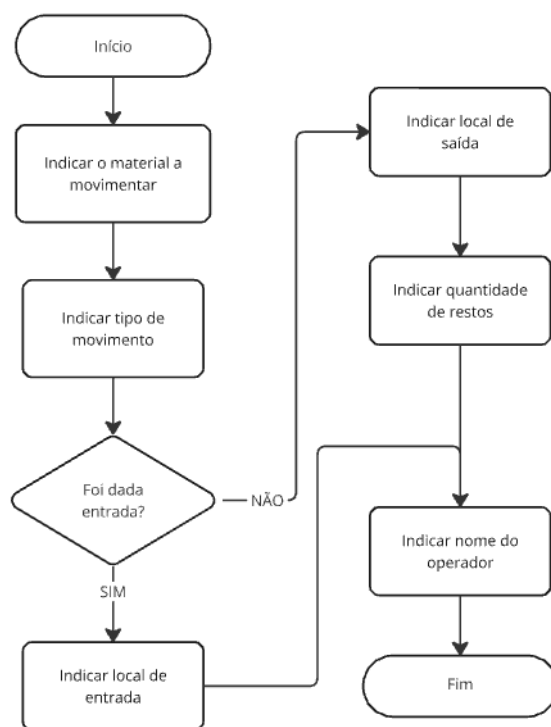


Figura 4.16 - Preenchimento do questionário *Google Forms* Embalagem

O questionário também está apresentado detalhadamente na Figura A.23 e A.24, no Anexo H.

Em primeiro lugar, no preenchimento do questionário é necessário indicar o nome do material de embalagem a movimentar. Em segundo lugar, deve ser indicado o tipo de movimento que se está a levar a cabo, isto é, se se está a executar uma saída ou entrada do material indicado no passo anterior. O terceiro passo está dependente da resposta dada à pergunta anterior. Caso se tenha dado saída do material, deve ser indicado o local de saída nas estantes e posteriormente a quantidade de restos da paleta de material de embalagem

que sobrou, e que será colocada num local posteriormente definido. Caso se tenha dado entrada do material, apenas é necessário indicar o local de entrada nas estantes.

Por último, é necessário apenas indicar o nome do operador que realizou a operação para conhecimento de todos os operadores e departamentos envolvidos acerca do movimento efetuado.

4.4.3.2 Nomeação de localizações em estante e elaboração de *QR Codes*

Após a elaboração dos questionários sobre os movimentos de material, tornou-se necessário possibilitar aos empilhadores um mecanismo prático que os conduzisse ao preenchimento rápido deste questionário. Neste sentido foram criados *QR Codes* que contivessem o link com o questionário.

Este questionário foi feito para cada localização da estante. Desta forma, cada bloco das estantes foi nomeado com uma letra e um número, e a cada bloco associou-se um *QR Code* que continha respetivo o link do questionário em *Google Forms*, associado, como a Figura 4.17 apresenta. Com isto, a cada preenchimento, automaticamente era definido o nome da localização em que se estava a movimentar o material.

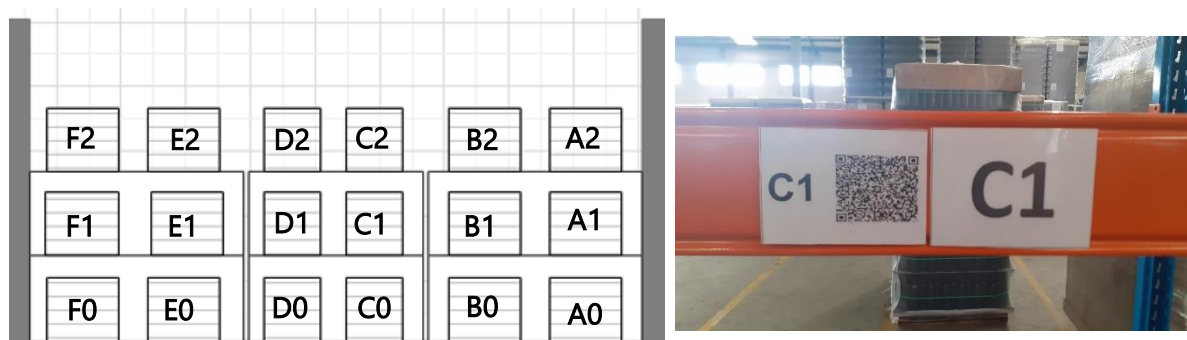


Figura 4.17 - Blocos de estantes nomeados e *QR Codes* associados

Nesta figura está apenas apresentada a divisão de três estantes em blocos de localização e o *QR Code* associado ao Bloco C1.

4.4.3.3 Construção do modelo de necessidades para arrumação

Elaborado o questionário *Google Forms* que iria dar conta do material de embalagem que era arrumado ou retirado das estantes, iniciou-se a criação de um modelo que comparasse o que era armazenado nas estantes com o que era necessário pela fábrica, consoante o seu planeamento de produção.

Em primeiro lugar, de forma a ter uma caracterização visual do estado de arrumação das estantes, foi criado um banco de respostas em *Google Sheets* que armazenasse as respostas dos operadores aos questionários que cada um respondia. Por conseguinte, com base nos dados presentes no banco de respostas dos questionários, elaborou-se uma tabela que desse conta do que estava arrumado em cada bloco de estantes.

Na Tabela 4.8, está representado um excerto da tabela elaborada correspondente aos blocos de estantes apresentados na Figura 4.17.

Tabela 4.8 - Ocupação das estantes de arrumação de embalagem

| Ocupação estantes | | | | |
|-------------------|------------------|--------------------|----------|---|
| Localização | Quantidade Saida | Quantidade Entrada | Ocupado? | Material arrumado |
| A0 | 0 | 1 | Sim | 8004267 BANDEJA L/150/KFT+P-ENG 1190X 990X140 |
| A1 | 0 | 2 | Sim | 8003946 BANDEJA L/150/KFT+P-ENG 1190X 990X150 |
| A2 | 0 | 1 | Sim | 8003786 BANDEJA H/125/KFK-ENG 1175x 960x125 |
| B0 | 0 | 2 | Sim | 8004316 PLANCHA P01/KFKFK 1200x1000 R30 |
| B1 | 1 | 1 | NÃO | |
| B2 | 0 | 1 | Sim | 8004267 BANDEJA L/150/KFT+P-ENG 1190X 990X140 |
| C0 | 0 | 1 | Sim | 8211111 FILME ESTIRAVEL EM ROLO 500X0,023MM |
| C1 | 0 | 0 | NÃO | |
| C2 | 0 | 0 | NÃO | |
| D0 | 0 | 0 | NÃO | |
| D1 | 0 | 0 | NÃO | |
| D2 | 0 | 0 | NÃO | |
| E0 | 0 | 1 | Sim | 8002716 BANDEJA L/150/KFB-ENG 1190X 990X150 |
| E1 | 0 | 0 | NÃO | |
| E2 | 0 | 0 | NÃO | |
| F0 | 0 | 0 | NÃO | |
| F1 | 0 | 0 | NÃO | |
| F2 | 0 | 0 | NÃO | |

Como se pode observar, para cada bloco da estante, são dadas não só informações acerca da quantidade de movimentos feitos desde o começo do projeto e o estado de ocupação do bloco da estante, como também informações relativamente ao material específico armazenado.

O passo seguinte centrou-se no método de comparação da arrumação das estantes consoante o planeamento de produção definido pela fábrica. Deste modo, foi realizado um *Heijunka Box* que auxiliasse no controlo deste sistema. Esta *Heijunka Box* está apresentada na Figura A.24, no Anexo H.

4.4.3.4 Instruções de trabalho para os operadores e departamento de compras

Posteriormente ao desenvolvimento do sistema de armazenagem e controlo de material de embalagem, foram desenvolvidas instruções de trabalho quer para os operadores responsáveis pela armazenagem do material, quer para o departamento de compras responsável pela controlo do modelo de necessidades e arrumação desenvolvido. Estas instruções tiveram como objetivo auxiliar os dois intervenientes do processo na execução das tarefas. Em primeiro lugar está apresentado na Figura 4.18, o processo de controlo de material de embalagem que os operadores dos empilhadores terão de executar.

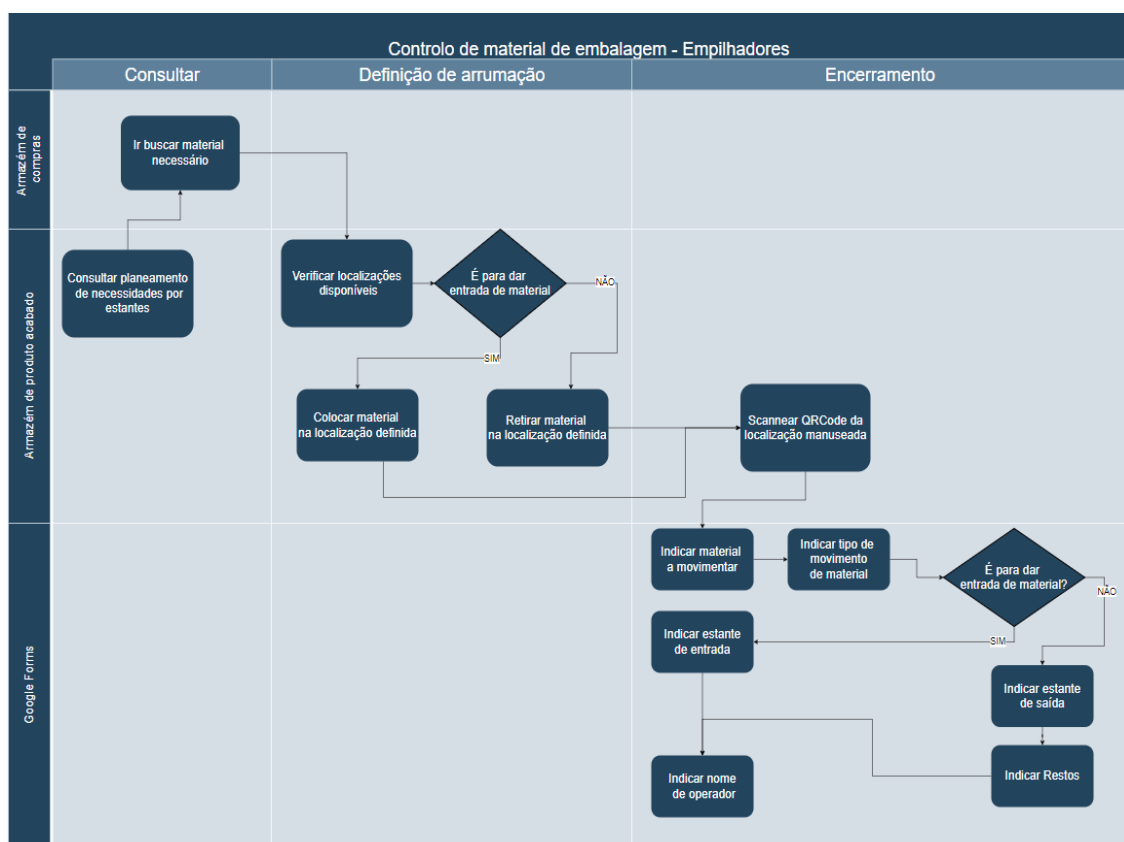


Figura 4.18 - Controlo do material de embalagem pelos operadores de empilhadores

Em primeiro lugar neste novo processo desenvolvido, os operadores de empilhadores terão de consultar o planeamento de necessidades por estantes que está exposto no armazém de PA, deslocando-se posteriormente até à zona do armazém de aprovisionamentos onde são descarregadas as paletes de material de embalagem. O operador de seguida faz a carga das paletes de material de embalagem necessárias e desloca-se novamente até ao armazém de PA no qual verifica as localizações de estantes disponíveis para albergar as paletes carregadas.

Caso todas os blocos das estantes se encontrem ocupados, o operador terá de retirar uma paleta de material que já não seja necessária para a produção dos dias seguintes, fazendo um processo de saída do material antes de dar lugar ao processo de entrada do material que tinha carregado.

Após a definição do bloco que irá armazenar a paleta de material de embalagem, o operador faz o *scan* do *QRCode* associado ao bloco e responde ao questionário *Google Forms*, cujo os passos já foram explicados anteriormente.

Para o caso do processo de controlo do modelo de necessidades e arrumação, foi estabelecido para o departamento de compras o seguinte processo, representado na Figura 4.19:

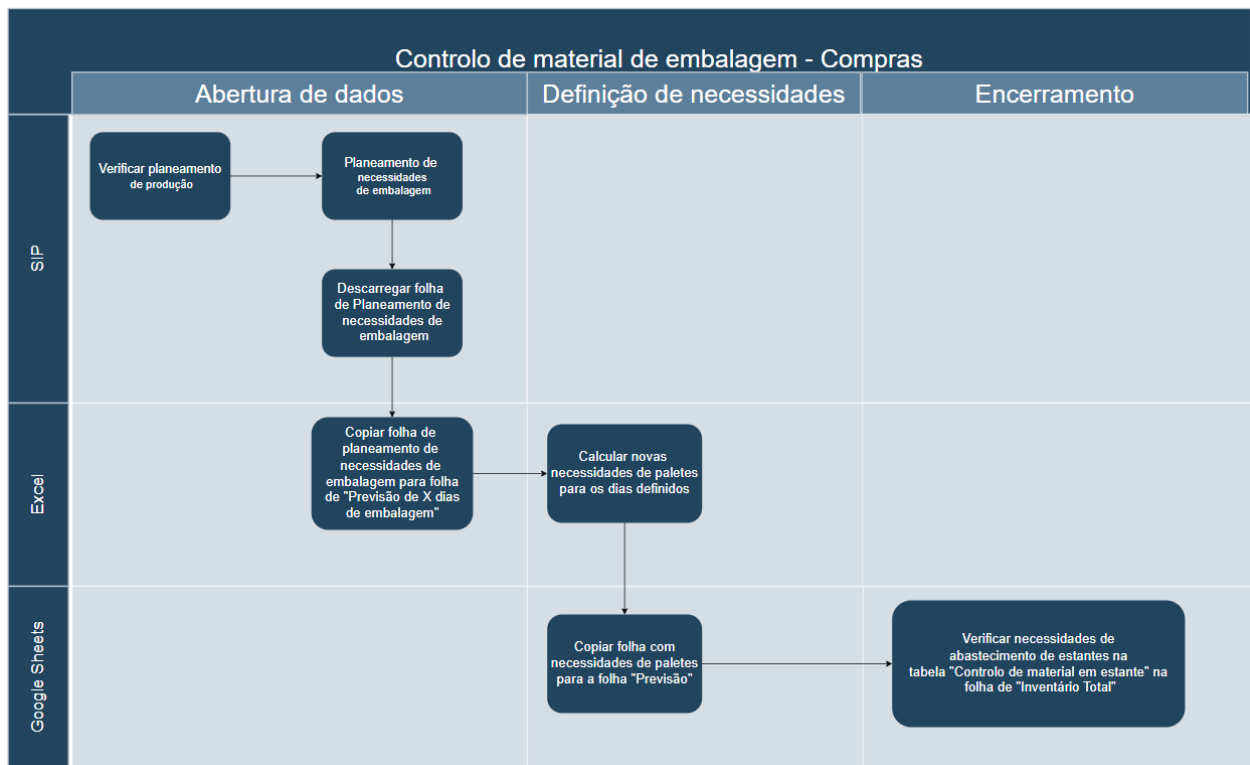


Figura 4.19 - Controlo das necessidades arrumação pelo departamento de Compras

Em primeiro lugar, neste processo começa-se por verificar o planeamento de produção da fábrica que por si só já informa sobre as necessidades de material de embalagem para cada dia de produção.

A partir desses dados torna-se necessário saber concretamente a quantidade de paletes necessárias de cada material para um dado número de dias de produção que forem definidos.

Assim, foi desenvolvida uma macro em *Excel* que faz uma tabela que contém o cálculo automático de necessidades de paletes para cada material de embalagem para um certo número de dias de produção desejados.

Após este cálculo, é feita a cópia da tabela obtida para uma folha em *Google Sheets* de modo a que o modelo lá desenvolvido consiga comparar as necessidades calculadas com o que já está presente na estante.

Desta forma é possível conhecer quantas paletes de um dado material de embalagem são necessárias abastecer nas estantes de arrumação.

Nas figuras A.25 e A.26 do Anexo I, é possível observar de forma detalhada as instruções elaboradas para os dois intervenientes do processo.

4.5 Análise e Discussão de Resultados

Após a proposta e implementação das melhorias anteriores, foram obtidos resultados concretos para cada projeto. Neste capítulo é feita a análise destas implementações e a discussão desses resultados.

4.5.1 Resultados obtidos no armazém de aprovisionamentos

A partir do estabelecido na limpeza e organização de material excedentário em armazém foi possível obter melhorias significativas no espaço do armazém.

O material obsoleto e não identificado que anteriormente ocupava um local significativo do armazém e também ocupava uma bancada de trabalho, foi retirado de armazém e possibilitou não só a libertação de espaço como também a libertação de uma mesa que veio a servir de suporte à bancada de trabalho WIP que foi definida anteriormente, como se observa pela Figura 4.20.

Antes



Depois



Figura 4.20 - Limpeza de material obsoleto

Por conseguinte, foram analisadas outros locais de arrumação de materiais que estavam dispersos em armários e gavetas. Dessa análise ficou estabelecido a arrumação desses materiais em caixas empilháveis. Desta proposta foi possível obter melhorias evidentes na organização. Na Figura 4.21 pode-se observar a forma de armazenagem de materiais num armário antes e depois da introdução das caixas empilháveis.

Antes



Depois



Figura 4.21 - Introdução de caixas de arrumação nos móveis

Outro aspeto que sofreu alterações evidentes através das melhorias aplicadas no armazém de aprovisionamentos foi o estado da zona da bancada de receção de material. Através de definição das instruções de trabalho e de limpeza diárias, foi possível libertar esta zona de material que frequentemente ficava acumulado ao longo dos dias. A Figura 4.24, demonstra o antes e depois das melhorias aplicadas nesta zona do armazém.



Figura 4.24 - Bancada de receção de material

A aplicação da metodologia 5S no armazém de aprovisionamentos, apesar da resistência, teve um bom resultado pois conseguiram-se aplicar medidas que possibilitaram as seguintes vantagens:

- Correta armazenagem dos artigos com a devida sinalização dos locais;
- Eficiência melhorada dos processos, com reduções dos tempos de espera, deslocações e transportes;
- Melhoria na liberdade de movimentação dentro dos corredores;
- Local de trabalho mais limpo e esteticamente mais agradável;
- Melhoria da imagem da empresa, pelos clientes que se deslocam ao armazém;

Na procura por novas oportunidades de melhoria, introduziram-se auditorias 5S periódicas. A primeira auditoria obteve-se uma percentagem de eficácia de aproximadamente 36%, foi estabelecida a o objetivo de 80% para as seguintes auditorias. Após dois meses de trabalho foi conseguida uma auditoria com um resultado final de 71%. Apesar deste resultado não atingir a meta proposta, no futuro tem-se convicto que essa meta será ultrapassada tendo em conta o avanço não só das medidas de gestão visual como também do próprio funcionamento do sistema de localizações.

4.5.2 Resultados na redução de consumos de TSQ

Apesar de não ser um projeto ainda totalmente implementado, foi possível obter previsões das poupanças de custos que se iriam obter com a redução de certos níveis de TSQ, e também conseguir, através de um Estudo R&R, conclusões para uma necessidade concreta no laboratório de controlo de qualidade.

- Controlo de Qualidade

Através da redução do nível máximo permitido para o TSQ nas garrafas de 90 CTUs para 45 CTUs, mantendo o nível mínimo de 30 CTUs, a Tabela 4.9 demonstra a poupança possível, com uma melhoria de 5% nos consumos com esta medida:

Tabela 4.9 - Poupança com redução dos limites no controlo de qualidade

| | SEPOAN ATUAL | REDUÇÃO DE 5% | POUPANÇA/LINHA | POUPANÇA/FORNO |
|-------------------|--------------|------------------|----------------|----------------|
| CTU'S | 39 | 37 | 2 | 6 |
| CONSUMO (ML/H) | 195 | 185 | 10 | 30 |
| CUSTO (€/ANO) | 58215 € | 55230€ | 2985 €/ano | 8955€/ano |

A tabela apresenta as poupanças possíveis por linha de produção e para um forno no total, visto que cada forno tem três linhas de produção.

- Mecânico IS

Através do ajuste que foi proposto para que quando ocorrem mudanças de modelo de produção o nível de TSQ fique acima apenas 1 a 5 CTUs do limite inferior da média, foram possíveis obter poupanças apresentadas na Tabela 4.10, considerando uma melhoria de 3,5% nos consumos com esta medida:

Tabela 4.10 - Poupança com redução dos limites nas mudanças de modelo

| | SEPOAN ATUAL | REDUÇÃO DE 2% | POUPANÇA/LINHA | POUPANÇA/FORNO |
|-------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|
| CTU'S | 39 | 38,2 | 0,8 | 2.4 |
| CONSUMO (ML/H) | 195 | 191 | 4 | 12 |
| CUSTO (€/ANO) | 58215€ | 57021€ | 1194 €/ano | 3582€/ano |

- Mecânico de turno

Através da melhoria proposta para a atuação do mecânico de turno, foi possível obter uma previsão de resultados tendo em conta uma poupança de 2%. Os resultados são apresentados na Tabela 4.11:

Tabela 4.11 - Poupança por atuação do mecânico de turno

| | SEPOAN ATUAL | REDUÇÃO DE 2% | POUPANÇA/LINHA | POUPANÇA/FORNO |
|-------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|
| CTU'S | 39 | 37,6 | 1,4 | 4,2 |
| CONSUMO (ML/H) | 195 | 188 | 7 | 21 |
| CUSTO (€/ANO) | 58215€ | 56125€ | 2090 €/ano | 6270€/ano |

- Estudo R&R de medição

Para o Estudo R&R nas máquinas de medição de TSQ no corpo e marisa da garrafa, os resultados para o Avaliador 1 e Avaliador 2 estão representados na Tabela 4.12:

Tabela 4.12 - Dados retirados Estudo R&R dos Avaliadores 1 e 2

| | | TSQ | | | |
|------------------------------------|------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | | Avaliador 2 | | | |
| MODELO | Nº amostra | Medição Marisa 1 | Medição Corpo 1 | Medição Marisa 2 | Medição Corpo 2 |
| 2584/103V ALHAMBRA RSV | 1 | 11 | 29 | 11 | 28 |
| | 2 | 12 | 27.7 | 17 | 21.5 |
| 1925 NACIONAL LW | 3 | 9 | 38.5 | 10 | 41.5 |
| | 4 | 12 | 41.7 | 9 | 41.2 |
| MSM 25 BC NR | 5 | 17 | 56 | 21 | 40.5 |
| | 6 | 21 | 38.3 | 20 | 41.7 |
| 2543167T XLN-01 25 CL | 7 | 9 | 44 | 10 | 40 |
| | 8 | 7 | 57.2 | 13 | 56.2 |
| 4889101T CERVEZA 25 CL ESTANDAR | 9 | 13 | 39.5 | 17 | 35.2 |
| | 10 | 12 | 38.8 | 14 | 39.8 |

| | | TSQ | | | |
|------------------------------------|------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | | Avaliador 1 | | | |
| MODELO | Nº amostra | Medição Marisa 1 | Medição Corpo 1 | Medição Marisa 2 | Medição Corpo 2 |
| 2584/103V ALHAMBRA RSV | 1 | 16 | 18.5 | 18 | 28.3 |
| | 2 | 11 | 28.5 | 11 | 26.2 |
| 1925 NACIONAL LW | 3 | 5 | 42 | 13 | 42 |
| | 4 | 17 | 38.3 | 6 | 41.5 |
| MSM 25 BC NR | 5 | 20 | 39.8 | 22 | 48 |
| | 6 | 21 | 37.7 | 24 | 38.8 |
| 2543167T XLN-01 25 CL | 7 | 11 | 55.3 | 8 | 41.7 |
| | 8 | 15 | 45.3 | 11 | 45 |
| 4889101T CERVEZA 25 CL ESTANDAR | 9 | 13 | 34.2 | 15 | 37.3 |
| | 10 | 12 | 38.8 | 13 | 37.5 |

A partir daqui foi possível, através do software *Minitab*, fazer a análise dos sistema de medição dos quais se obtiveram resultados, em primeiro lugar para as medições de TSQ no corpo da garrafa, e em segundo lugar para as medições de TSQ na marisa da garrafa.

Em primeiro lugar, foram verificados os dados relativamente às medições feitas na máquina de medição de TSQ no corpo da garrafa. A partir dos dados de medição do estudo, o *Minitab* gerou a seguinte Tabela 4.13:

Tabela 4.13 - ANOVA com dois fatores com iteração (Corpo)

| Fonte | GL | SQ | QM | F | P |
|------------------------|----|---------|---------|---------|-------|
| Amostra_1 | 9 | 2336,68 | 259,631 | 10,7914 | 0,001 |
| Operador_1 | 1 | 24,96 | 24,964 | 1,0376 | 0,335 |
| Amostra_1 * Operador_1 | 9 | 216,53 | 24,059 | 1,3491 | 0,274 |
| Repetibilidade | 20 | 356,68 | 17,834 | | |
| Total | 39 | 2934,86 | | | |

Com base na tabela ANOVA, conclui-se que o efeito de cada amostra, denominados na tabela por Amostra_1, na medição é significativo, pois o *P-value* é igual a 0,001. Cada avaliador, na tabela denominado de Operador_1, tem um efeito não significativo, pois o *P-value* é igual a 0,335 e não há interação entre os avaliadores e as amostras, pois o *P-value* é igual a 0,274.

Tabela 4.14 - ANOVA do Estudo R&R TSQ

| Fonte | GL | SQ | QM | F | P |
|----------------|----|---------|---------|---------|-------|
| Amostra_1 | 9 | 2336,68 | 259,631 | 13,1353 | 0,000 |
| Operador_1 | 1 | 24,96 | 24,964 | 1,2630 | 0,270 |
| Repetibilidade | 29 | 573,21 | 19,766 | | |
| Total | 39 | 2934,86 | | | |

Tabela 4.15 - Componentes variância do Estudo R&R TSQ

| Fonte | CompVar | %Contribuição (de CompVar) |
|-------------------------|---------|-------------------------------|
| Total de R&R da Medição | 20,0258 | 25,03 |
| Repetibilidade | 19,7659 | 24,71 |
| Reprodutibilidade | 0,2599 | 0,32 |
| Operador_1 | 0,2599 | 0,32 |
| Peça a Peça | 59,9663 | 74,97 |
| Varição Total | 79,9921 | 100,00 |

A partir dos dados da Tabela 4.14, e como o critério de aceitação de um sistema de medição é que a variação R&R deve ser menor que 30%, sendo o desejado menor que 10%, e o número de categorias distintas deve ser maior que 4, sendo neste caso apenas 2, concluiu-se que o sistema de medição, a máquina de medição de TSQ, não é aceitável, a um nível de significância de 5%, pelo que se deve proceder à sua substituição.

Pelos resultados obtidos, concluiu-se que os avaliadores estão bem treinados. Na Figura 4.25 está apresentado o relatório R&R gerado pelo *Minitab* da análise do sistema de medição do TSQ no corpo das garrafas.

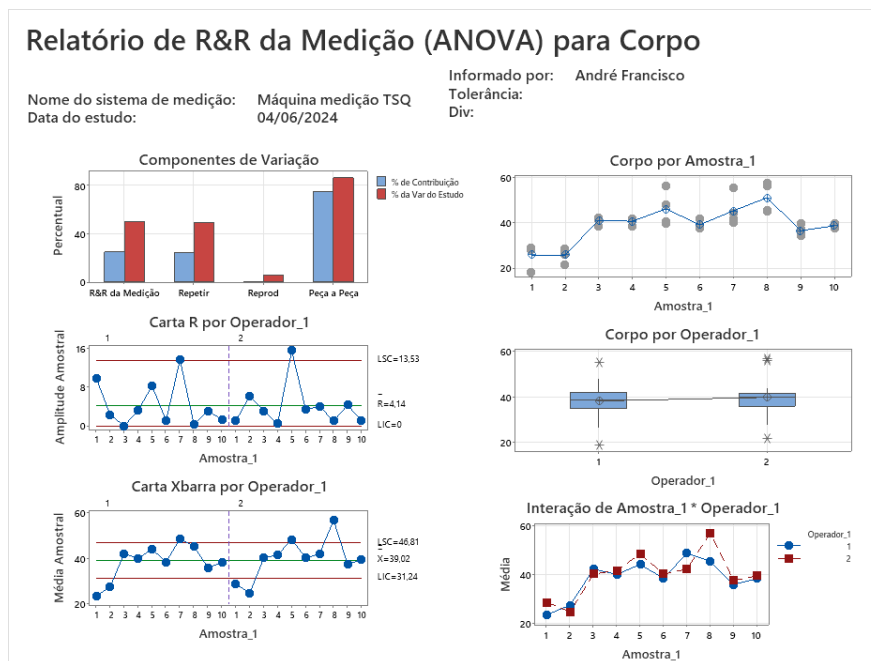


Figura 4.25 - Relatório ANOVA da medição do Corpo

Para a máquina de medição dos níveis de TSQ no corpo da garrafa, o principal problema é a repetibilidade do sistema. Posto isto, foi feito o mesmo procedimento do estudo da medição do nível de TSQ no corpo da garrafa mas para a marisa da garrafa. A partir dos dados de medição do estudo, o *Minitab* gerou a seguinte Tabela 4.16:

Tabela 4.16 - ANOVA com dois fatores com interação (Marisa)

| Fonte | GL | SQ | QM | F | P |
|--------------------|----|---------|---------|---------|-------|
| Amostra | 9 | 610,525 | 67,8361 | 10,0872 | 0,001 |
| Operador | 1 | 7,225 | 7,2250 | 1,0743 | 0,327 |
| Amostra * Operador | 9 | 60,525 | 6,7250 | 0,7889 | 0,630 |
| Repetibilidade | 20 | 170,500 | 8,5250 | | |
| Total | 39 | 848,775 | | | |

Com base na Tabela 4.16 concluiu-se que o efeito de cada amostra, denominados na tabela por Amostra_1, na medição é significativo, pois o *P-value* é igual 0,001. Cada avaliador, na tabela denominado de Operador_1, tem efeito não significativo, pois o *P-value* é igual a 0,327 e não há interação entre os avaliadores e as amostras, pois o *P-value* é igual a 0,630. A tabela 4.17 e 4.18 ANOVA gerada com os dois fatores mas sem interação foi a seguinte:

Tabela 4.17 - ANOVA com dois fatores sem interação (Corpo)

| Fonte | GL | SQ | QM | F | P |
|----------------|----|---------|---------|---------|-------|
| Amostra | 9 | 610,525 | 67,8361 | 8,51530 | 0,000 |
| Operador | 1 | 7,225 | 7,2250 | 0,90694 | 0,349 |
| Repetibilidade | 29 | 231,025 | 7,9664 | | |
| Total | 39 | 848,775 | | | |

Tabela 4.18 - Componentes de Variância

| Fonte | CompVar | %Contribuição (de CompVar) |
|-------------------------|---------|-------------------------------|
| Total de R&R da Medição | 7,9664 | 34,74 |
| Repetibilidade | 7,9664 | 34,74 |
| Reprodutibilidade | 0,0000 | 0,00 |
| Operador | 0,0000 | 0,00 |
| Peça a Peça | 14,9674 | 65,26 |
| Varição Total | 22,9338 | 100,00 |
| Segundo a Equação (5.4) | | |

Para a máquina de medição dos níveis de TSQ na marisa da garrafa, o principal problema é a repetibilidade do sistema, sendo que se considera os avaliadores como estando bem treinados.

Na Figura 4.26 está apresentado o relatório R&R da medição do TSQ na marisa das garrafas.

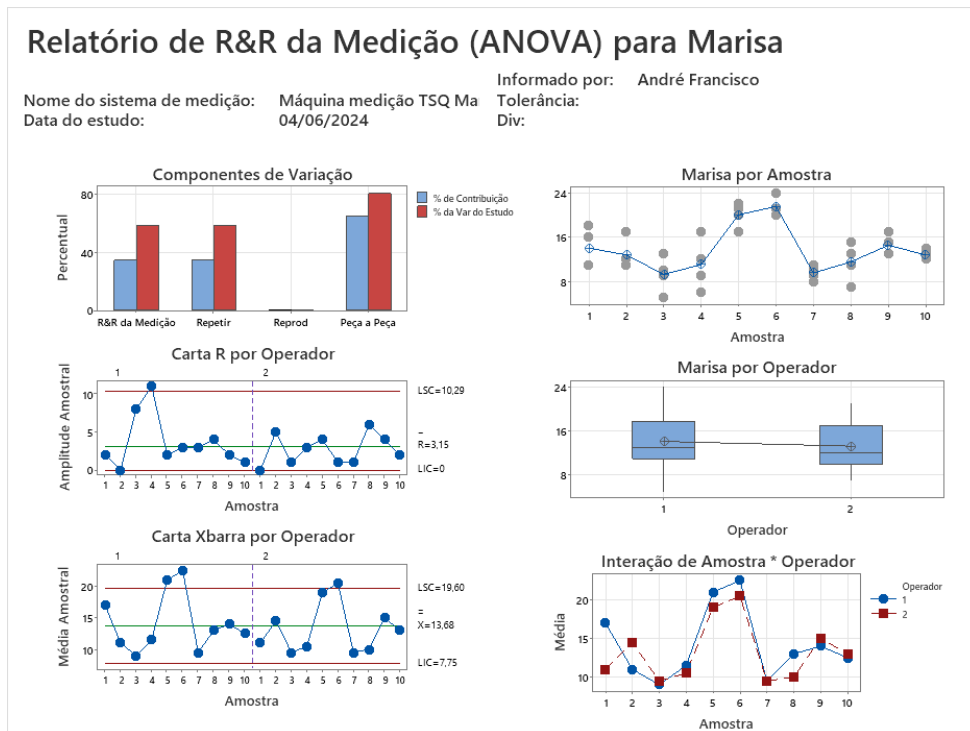


Figura 4.26 - Relatório ANOVA da medição na Marisa

A partir destes exemplos de análise dos sistemas de medição no turno 2 da fábrica, é proposto que se faça a mesma análise para os turnos restantes.

4.5.3 Resultados do projeto de organização de material de embalagem

Como resultado das propostas de melhoria implementadas no âmbito do projeto de organização de *stocks* de material de embalagem, foi possível reduzir os *stocks* deste tipo de material no armazém de produto acabado e ainda organizar as respetivas paletes em estantes de arrumação. Desta forma, foi libertada uma área significativa de espaço no armazém de produto acabado que outrora estava completamente ocupada com paletes de material de embalagem. Com a definição e aquisição das estantes de arrumação, somado ao modelo de controlo de necessidades desenvolvido, foi possível obter um novo *layout* para a área destinada à armazenagem de material de embalagem. Este novo *layout* está representado pela Figura 4.27.

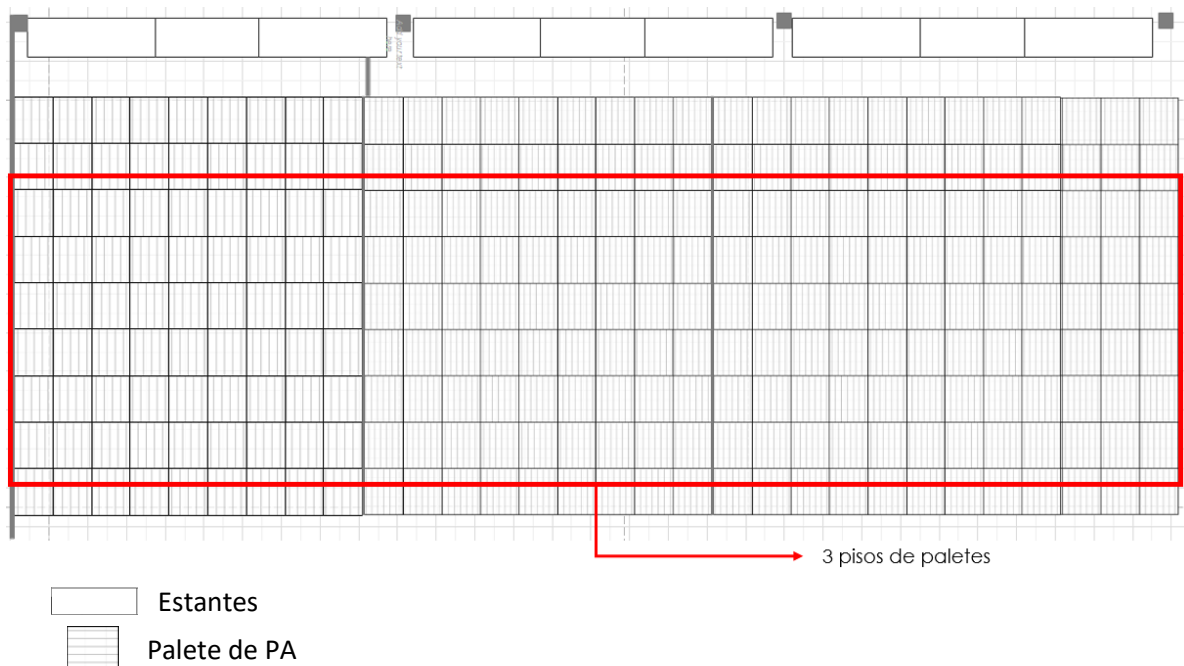


Figura 4.27 - Novo *Layout* com estantes de arrumação

Através desta nova disposição da zona destinada ao material de embalagem no armazém de PA, foi possível ganhar espaço para armazenar 750 paletes de PA. O estado atual das estantes no armazém de produto acabado está representado na Figura 4.28.



Figura 4.28 - Armazém de produto acabado com as novas estantes

CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Os dias de hoje têm sido marcados por um crescimento na competitividade praticada entre as organizações. Por consequência disto, a procura por ferramentas de melhoria de processos por parte das empresas tem sido um dos focos para aumento na qualidade dos serviços prestados.

No Grupo Vidrala a cultura de melhoria contínua está presente há largos anos, no entanto, na unidade industrial SBVidros esta cultura ainda se encontra numa fase embrionária, pelo facto desta pertencer ao Grupo Vidrala há apenas 7 anos. Assim, os desafios e oportunidades na área de melhoria contínua de processos executados na SBVidros ainda são muito vastos.

Tendo em conta os projetos de melhoria trabalhados ao longo desta dissertação, foram estabelecidos diversos objetivos, com propostas e implementação de melhorias conseguidas.

Em primeiro lugar, no desenvolvimento do projeto 5S no armazém de aprovisionamentos, foram executadas várias atividades de melhoria. Após análise inicial do estado do armazém, iniciou-se o projeto pelo inventário de toda a zona interna de armazém e limpeza de material excedentário no âmbito do *Seiri*. Seguidamente deu-se lugar à identificação de tarefas feitas em armazém de modo a encontrar processos onde ocorressem falhas ou atrasos desnecessários, sendo que, a partir desta identificação de tarefas, conseguiu-se alterar padrões de trabalho nos processos de entrada e saída de material que permitiram o estabelecimento de localizações de trabalho e de alocação de material, garantindo resultados evidentes ao nível da organização do material em armazém. Por conseguinte, deu-se lugar a um dos objetivos mais relevantes detetados pela fábrica, a etiquetagem de todos os itens em armazém. Relativamente a outro problema que se encontrava no armazém, a falta de procedimentos de limpeza e organização de trabalho, foram desenvolvidas instruções de limpeza e trabalho não só diárias como também semanais e mensais a partir das quais se conseguiram resultados ao nível da organização do espaço de trabalho. Por fim, para padronização das melhorias efetuadas foi desenvolvida a *checklist* de verificação semanal para que os operadores de armazém estejam dentro da cultura 5S proposta. A metodologia 5S da

teve um impacto relevante para uma melhor organização do ambiente de trabalho do armazém garantindo uma melhor gestão de espaços e aproveitamento do layout.

Em segundo lugar, foi desenvolvido o projeto de redução de consumos de TSQ. Apesar de ainda não haver resultados ainda concretos da sua aplicação, este projeto conseguiu identificar um problema que existia na fábrica que conduzia a um gasto deveras significativo em termos económicos, cujas poupanças conseguiram ser simuladas. Após deteção do problema e analisados os pontos de melhoria nos diferentes departamentos envolvidos no processo de TSQ, propuseram-se medidas em termos de instruções de trabalho, com particular incidência no laboratório de controlo de qualidade. Para ajudar no contínuo controlo deste aspeto importante do processo produtivo, foi ainda desenvolvido um modelo de controlo de variáveis relevantes no processo de TSQ, um *dashboard* de controlo diário que permite a todos monitorizar os níveis do processo para cada modelo cuja produção estiver em vigor. Através do *dashboard* torna-se possível medir o desempenho diário da fábrica no processo de TSQ, proporcionando-se a visibilidade necessária para a tomada de decisões.

Em terceiro lugar, no projeto de arrumação e gestão de material de embalagem, foram obtidas melhorias significativas com a poupança de espaço no armazém de produto acabado, com a aquisição de novas estantes de arrumação e conseqüente desenvolvimento de um *Heijunka Box* para gestão de abastecimento de material estas estantes. Um local que anteriormente se encontrava sem organização, onde ocorria deposição de material sem qualquer ordem, passou a estar organizado com espaços bem definidos para cada tipo de material, e com apenas os materiais que fossem precisos para um determinado tempo de produção. No final, conseguiu-se obter para o armazém de produto acabado uma disponibilidade para albergar mais 750 paletes de PA que outrora, reduzindo-se por consequência também os custos de armazenagem.

Apesar dos resultados obtidos no decorrer dos projetos de melhoria, e tendo em conta algumas limitações de tempo, é possível identificar algumas sugestões para aplicação futura:

- Agrupamento de materiais por família/produtos no armazém de aprovisionamentos através de uma análise ABC e posterior reorganização do *layout*;
- Criação de um plano de formação 5S para os colaboradores dos diferentes armazéns;
- Aplicação do modelo de necessidades e arrumação criado para os materiais de cartão para o caso do estrados;

- Desenvolvimento de um modelo de necessidades de material de embalagem para cada linha de produção;
- Desenvolvimento de melhorias ao nível do TSQ para os fornos não estudados
- Formação dos departamentos envolvidos no processo de TSQ para padronização das melhorias propostas;
- Definição de instruções de limpeza e calendarização de manutenção dos *hottes* de aplicação de TSQ;

BIBLIOGRAFIA

- [1] Flores, J. C., Villegas C. J., & Bejarano A. R., 2023, Warehouse management model based on Lean Warehousing to improve perfect order fulfillment in a pharmaceutical warehouse, in *Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023)*, Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, Lima, Perú, doi: 10.18687/LACCEI2023.1.1.201.
- [2] Baby, B., N, P., & Jebadurai, D.S., 2018, Implementation of Lean Principles to Improve the Operations of a Sales Warehouse in the Manufacturing Industry. *International Journal of Technology* Volume 9(1), pp.46-54, Tamil Nadu, India.
- [3] Abushaikha, I., Salhie L., & Towers N., 2018, Improving distribution and business performance through lean warehousing, *Int. J. Retail Distrib. Manag.*, vol. 46, no. 8, pp. 780–800, Cheltenham, UK, doi: 10.1108/IJRDM-03-2018-0059.
- [4] Figueroa-Rivera, E., Bautista-Gonzales, A., & Flores, J. C., 2022, Increased productivity of storage and picking processes in a mass-consumption warehouse applying Lean Warehousing tools: A Research in Peru, in *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology* Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, Lima, Perú, doi: 10.18687/LACCEI2022.1.1.120.
- [5] Womack, J. & Jones, D., 1996, *Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, Simon & Schuster, NY, USA.
- [6] Liker, J. K., 2004, *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*, McGraw-Hill, NY, USA.
- [7] Kadarova, J. & Demecko, M., 2016, New Approaches in Lean Management, *Procedia Econ. Finance*, vol. 39, pp. 11–16, Kosice, Slovakia, doi: 10.1016/S2212-5671(16)30234-9.

- [8] 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, *Qual. Reliab. Eng. Int.*, vol. 33, no. 4, pp. 921–930, Florida, USA, doi: 10.1002/qre.2059.
- [9] McMahon, T., *Improve Quality Control with Intelligence (Jidoka). A Lean Journey*, Acedido: Jan. 12, 2024. [Online]. Available: <http://www.aleanjourney.com/2017/03/improve-quality-control-with.html>.
- [10] Summers, D. C. S., 2011, *Lean Six Sigma: Process Improvement Tools and Techniques*. Prentice Hall, New Jersey USA.
- [11] Hinckley, C. M., 2007, Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry, *Accreditation Qual. Assur.*, vol. 12, no. 5, pp. 223–230, Perry USA doi: 10.1007/s00769-007-0256-7.
- [12] Nandini, T. S., MohanRam, M., & Shekar, G. L., 2023, Modeling 4Ps of Toyota way principles in MSMEs supply Chain-an empirical approach, *Mater. Today Proc.*, vol. 92, pp. 284–290, doi: 10.1016/j.matpr.2023.04.597.
- [13] Michael, S. Jaworsk , 2020, Thinking Lean in Sonography, *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, Vol. 36(2) 187–191, doi: 10.1177/8756479319899617.
- [14] Melton, T., 2005, The Benefits of Lean Manufacturing: What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 83, no. 6, pp. 662–673, doi: 10.1205/cherd.04351.
- [15] Marinelli, M., 2022, Human–Robot Collaboration and Lean Waste Elimination: Conceptual Analogies and Practical Synergies in Industrialized Construction. *Buildings*, Athens Greece.
- [16] Umar, R. Z., Tiong, J. Y., Ahmad, N., & Dahalan J., 2023, Development of framework integrating ergonomics in Lean’s Muda, Muri, and Mura concepts, *Prod. Plan. Control*, vol. 0, no. 0, pp. 1–9, , doi: 10.1080/09537287.2023.2189640.
- [17] Muda, Muri e Mura: Saiba como identificar e reduzir desperdícios, *Labone - Flyin’ to next level*. Acedido: Jan. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.laboneconsultoria.com.br/oque-e-muda-muri-e-mura/>.
- [18] Hariyani, D., Mishra, S., Sharma, M. K., & Hariyani, P., 2023, A study of the barriers to the adoption of integrated sustainable-green-lean-six sigma-agile manufacturing system (IS-GLSAMS) in Indian manufacturing organizations, *Clean. Waste Syst.*, vol. 5, p. 100098, Rajasthan India, doi: 10.1016/j.clwas.2023.100098.
- [19] Forno, A., Pereira, F., Forcellini, F., & Kipper, L., 2014, Value Stream Mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 years about

application of Lean tools, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 72, pp. 779–790, London UK, doi: 10.1007/s00170-014-5712-z.

[20] Assis, R. *et al.*, 2021, Translating value stream maps into system dynamics models: a practical framework, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 114, London UK doi: 10.1007/s00170-021-07053-y.

[21] Nash, M. A. & Poling, S. R., 2011, *Mapping the Total Value Stream: A Comprehensive Guide for Production and Transactional Processes*, CRC Press, NY USA.

[22] Serrano I., Laburu C., & de Castro, R., 2008, EVALUATION OF VALUE STREAM MAPPING IN MANUFACTURING SYSTEMS REDESIGNING, *Int. J. Prod. Res.*, vol. 46, no. 16, pp. 4409–4430, Spain, doi: 10.1080/00207540601182302.

[23] Value Stream Mapping (VSM), *Nortegubisian* -. Acedido: Feb. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.nortegubisian.com.br/blog/value-stream-mapping-vsm/>

[24] Barragan-Ayala, R., Vidal-Cuba, J., Saenz-Moron, M., & Castillo-Tejada, J., 2022, Warehouse management model based on Lean and SLP to reduce non-compliance with delivery deadlines in a Peruvian cocoa SME, *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*: IEEE, pp. 1–5., Bogota, Colombia: doi: 10.1109/CONIITI57704.2022.9953700.

[25] García-Chávez, G. I., Carmelo-Mendieta, V., Collao-Díaz, M. F., & Flores, J. C., 2022, Inventory management model based on Demand Forecasting, 5S, BPM and Max-Min to improve turnover in commercial enterprises, *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)*: IEEE, pp. 1–6, Bogota, Colombia, doi: 10.1109/CONIITI57704.2022.9953633.

[26] Ortiz, C., 2015, *The 5S Playbook - A Step-By-Step Guideline For The Lean practitioner*, CRC Press, NY, USA.

[27] Espino-Sanchez, S. C., Vasquez-Ortiz, A. X., & Flores, J. C., 2022, Increased Inventory Turnover through a Lean Warehousing Management Model in SMEs Suppliers to the Food Industry, in *2022 8th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)*, pp. 25–31., Panama, Panama, doi: 10.1109/IESTEC54539.2022.00013.

[28] Maarof, M. G. & Mahmud, A. F., 2016, Review of Contributing Factors and Challenges in Implementing Kaizen in Small and Medium Enterprises, *Procedia Econ. Finance*, vol. 35, pp. 522–531, Malaysia, doi: 10.1016/S2212-5671(16)00065-4.

[29] Selvaraj, R., Kumar, R., 2022, Productivity improvement in oil free airend assembly, *Mater. Today Proc.*, vol. 62, pp. 1065–1071, India, doi: 10.1016/j.matpr.2022.04.292.

- [30] Tyagi, S., Choudhary, A., Cai X., & Yang K., 2015, Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process, *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 160, pp. 202–212, USA, doi: 10.1016/j.ijpe.2014.11.002.
- [31] Powell, D. J., 2022, The Virtual Sensei: Using Assisted Reality to Digitalize Gemba Walks, in *2022 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, pp. 0320–0323, Kuala Lumpur, Malaysia, doi: 10.1109/IEEM55944.2022.9989898.
- [32] Rahman, N. A. A., Sharif, S. M., & Esa, M. M., 2013, Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation, *Procedia Econ. Finance*, vol. 7, pp. 174–180, Selangor, Malaysia, doi: 10.1016/S2212-5671(13)00232-3.
- [33] PEINADO, J. & GRAEML, 2007, *A. R. Administração da produção: operações industriais e de serviços*, Curitiba, UnicenP.
- [34] Wang, S. & Sarker, B. R., 2005, An assembly-type supply chain system controlled by kanbans under a just-in-time delivery policy, *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 162, no. 1, pp. 153–172, doi: 10.1016/j.ejor.2003.10.038.
- [35] Kreutz, M., Alla A. A., Lütjen, M., & Freitag, M., 2021, Autonomous, low-cost sensor module for fill level measurement for a self-learning electronic Kanban system, *IFAC-Pap.*, vol. 54, no. 1, pp. 623–628, doi: 10.1016/j.ifacol.2021.08.173.
- [36] Araujo, L. F. & Queiroz, A. A., 2010, Production Leveling (Heijunka) Implementation in a Batch Production System: A Case Study, in *Advances in Production Management Systems. New Challenges, New Approaches*, B. Vallespir and T. Alix, Eds., in *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, pp. 105–112, Berlin, Heidelberg, doi: 10.1007/978-3-642-16358-6_14.
- [37] Korytkowski, P., Wisniewski, T., & Rymaszewski, S., 2013, Multivariate simulation analysis of production leveling (heijunka) - a case study, *FAC Proc. Vol.*, vol. 46, no. 9, pp. 1554–1559, Saint Petersburg, Russia, doi: 10.3182/20130619-3-RU-3018.00285.
- [38] Bell, S., 2005, *Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement*. Wiley-Interscience, USA.
- [39] Rewers, P., Hamrol, A., Żywicki, K., Bożek M., & Kulus, W., 2017, Production Leveling as an Effective Method for Production Flow Control – Experience of Polish Enterprises, *Procedia Eng.*, vol. 182, pp. 619–626, Poznan, Poland, doi: 10.1016/j.proeng.2017.03.167.
- [40] Diagram of a Heijunka box, *AllAboutLean*, Acedido: Feb. 14, 2024. [Online]. Available: <https://www.allaboutlean.com/epei-pattern-leveling/heijunka-box/>
- [41] Kušar, J., Berlec, T., Žefran, F., & Starbek, M., 2010, Reduction of Machine Setup Time. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, 56(12), 833-845, Slovenia.

- [42] Silva, A., Sá, J., Santos, G., Ferreira, L., & Pereira, M., 2021, Implementation of SMED in a cutting line, *Procedia Manuf.*, vol. 51, pp. 1355–1362, 2021, doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.189.
- [43] Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O., 2007, Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso, *Gest. Produção*, vol. 14, no. 2, pp. 323–335, São Carlos, Brasil, doi: 10.1590/S0104-530X2007000200010.
- [44] Ferradás, P. G. & Salonitis, K., 2013, Improving Changeover Time: A Tailored SMED Approach for Welding Cells, *Procedia CIRP*, vol. 7, pp. 598–603, UK, doi: 10.1016/j.procir.2013.06.039.
- [45] Afonso, M., Gabriel, A. T., & Godina, R., 2022, Proposal of an innovative ergonomic SMED model in an automotive steel springs industrial unit, *Adv. Ind. Manuf. Eng.*, vol. 4, p. 100075, Lisboa, Portugal, doi: 10.1016/j.aime.2022.100075.
- [46] Bragança, S. & Costa, E., 2015, An application of the Lean Production tool Standard Work, *J. Teknol.*, vol. 76, pp. 47–53, Guimarães, Portugal, doi: 10.11113/jt.v76.3659.
- [47] Feng, P. P. & Ballard, G., 2008, Standard Work From a Lean Theory Perspective, in *16th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, P. Tzortzopoulos and M. Kagioglou, Eds., Manchester, UK, pp. 703–712.
- [48] Monden, Y., 2011, *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*, Productivity Press, NY, USA, doi: 10.1201/b11731.
- [49] Singh, S. & Kumar, K., 2021, A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis, *Ain Shams Eng. J.*, vol. 12, no. 1, pp. 1153–1162, India, doi: 10.1016/j.asej.2020.04.019.
- [50] Yücenur, G., Kaan, Ş., 2021, Sequential SWARA & fuzzy VIKOR methods in elimination of waste and creation of lean construction processes, *Journal of Building Engineering*, Volume 44, 103196, ISSN 2352-7102, Istanbul, Türkiy, <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103196>.
- [51] Furman, J. & Małysa, T., 2023, The role of visual management in the organization of safe work in production companies, *Prod. Eng. Arch.*, vol. 29, no. 2, pp. 195–200, Poland.
- [52] Murata, K., 2019, On the Role of Visual Management in the Era of Digital Innovation, *Procedia Manuf.*, vol. 39, pp. 117–122, Chicago, USA, doi: 10.1016/j.promfg.2020.01.246.
- [53] Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P., 2009, *The Functions of Visual Management*. UK.
- [54] Palange, A. & Dhattrak, P., 2021, Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing, *Mater. Today Proc.*, vol. 46, pp. 729–736, India, doi: 10.1016/j.matpr.2020.12.193.

- [55] Andrés-López, E., González-Requena, I., & Sanz-Lobera, A., 2015, Lean Service: Reassessment of Lean Manufacturing for Service Activities, *Procedia Eng.*, vol. 132, pp. 23–30, Madrid, Spain, doi: 10.1016/j.proeng.2015.12.463.
- [56] Saurin, T., Ribeiro J. L., & Vidor, G., 2012, A framework for assessing poka-yoke devices, *J. Manuf. Syst.*, vol. 31, pp. 358–366, Mexico, doi: 10.1016/j.jmsy.2012.04.001.
- [57] Antonelli, D. & Stadnicka, D., 2019, Predicting and preventing mistakes in human-robot collaborative assembly, *IFAC-Pap.*, vol. 52, no. 13, pp. 743–748, Poland, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.204.
- [58] Flores, J. C., Hora, L. G., & Torres, A. L., 2023, Improvement model to reduce defective parts in the hinge line of a Peruvian metalworking SME using lean manufacturing tools, in *Proceedings of the 21th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2023)*: Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, Lima, Perú, doi: 10.18687/LACCEI2023.1.1.202.
- [59] Ma, X., Dong, S., Ma, W., Xue, Y., & Li J., 2017, Design of a Metronome Based on the Idea of 'ANDON, in *2017 Second International Conference on Mechanical, Control and Computer Engineering (ICMCCE)*, Harbin, pp. 79–82, Luoyang, China, doi: 10.1109/ICMCCE.2017.17.
- [60] Sinha, A. K. & Hanumantha, P., 2023, Integration of Lean Techniques with Remanufacturing Operations for Process Improvement, *Mater. Today Proc.*, India, doi: 10.1016/j.matpr.2023.08.014.
- [61] Santos, E., Lima, T. M., & Gaspar, P. D., 2023, Optimization of the Production Management of an Upholstery Manufacturing Process Using Lean Tools: A Case Study, *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 17, Art. no. 17, Covilhã, Portugal, doi: 10.3390/app13179974.
- [62] Senderská, K., Mareš, A., & Václav, Š., 2017, Spaghetti diagram application for workers' movement analysis, *U.P.B. Sci. Bull.*, vol. 79, pp. 139–150, Bratislava, Slovakia.
- [63] Chapin, N., 1970, Flowcharting With the ANSI Standard: A Tutorial, *ACM Comput. Surv.*, vol. 2, no. 2, pp. 119–146, California, USA, doi: 10.1145/356566.356570.
- [64] Haitao, Y., Al-Hussein, M. & Nasser, R., 2007, Process flowcharting and simulation of house structure components production process, *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, Washington DC, USA.
- [65] Sayyida, G., Fahma, F., & Iftadi, I., 2018, Process Improvement in Outpatient Installation RSUD dr. Soediran Mangun Sumarso Using Lean Hospital Approach, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 319, p. 012077, Indonesia, doi: 10.1088/1757-899X/319/1/012077.

- [66] Ciocoiu, C., & Gheorghe, I., 2010, Application Of Fishbone Diagram To Determine The Risk Of An Event With Multiple Causes, *Management Research and Practice*. 2. 1-20, Bucureste, Romania.
- [67] Sakdiyah, S. H., Eltivia, N., & Afandi A., 2022, Root Cause Analysis Using Fishbone Diagram: Company Management Decision Making, *J. Appl. Bus. Tax. Econ. Res.*, vol. 1, no. 6, Art. no. 6, Indonesia, doi: 10.54408/jabter.v1i6.103.
- [68] Guo, H., 2019, Quality Control in Production Process of Product-Service System: a Method Based on Turtle Diagram and Evaluation Model, *Procedia CIRP*, vol. 83, pp. 389–393, China, doi: 10.1016/j.procir.2019.04.090.
- [69] Costas, J., Puche, J., Ponte, B., & Mahesh, C., 2023, An agent-based simulator for quantifying the cost of uncertainty in production systems, *Simulation Modelling Practice and Theory*, Volume 123, 102660, ISSN 1569-190X, <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2022.102660>.
- [70] Rasmusson, D., 2006, *SIPOC Picture Book: A Visual Guide to SIPOC/DMAIC Relationship*. Oriell Incorporated, Madison, USA.
- [71] George, M. L., 2003, *Lean Six Sigma for Service : How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions*, McGraw Hill, New York, USA.
- [72] Al-Aomar, R., & Hussain, M., 2018, Exploration and prioritization of lean techniques in a hotel supply chain, *Int. J. Lean Six Sigma*, vol. 10, no. 1, pp. 375–396, United Arab Emirates, doi: 10.1108/IJLSS-10-2017-0119.
- [73] Yan, D., Ahmad, S. Z., & Yang, D., 2013, Matthew effect, ABC analysis and project management of scale-free information systems, *J. Syst. Softw.*, vol. 86, no. 2, pp. 247–254, China, doi: 10.1016/j.jss.2012.08.013.
- [74] Ravinder, H., & Misra R. B., 2014, ABC Analysis For Inventory Management: Bridging The Gap Between Research And Classroom, *Am. J. Bus. Educ. AJBE*, vol. 7, no. 3, Art. no. 3, USA, doi: 10.19030/ajbe.v7i3.8635.
- [75] Chu, C.-W., Liang, G.-S., & Liao, C.-T., 2008, Controlling inventory by combining ABC analysis and fuzzy classification, *Comput. Ind. Eng.*, vol. 55, no. 4, pp. 841–851, Taiwan, doi: 10.1016/j.cie.2008.03.006.
- [76] Lopes, R., Freitas, F., & Sousa, I., 2015, Application of Lean Manufacturing Tools in the Food and Beverage Industries, *J. Technol. Manag. Innov.*, vol. 10, pp. 120–130, Aveiro, Portugal, doi: 10.4067/S0718-27242015000300013.
- [77] Estefanía, J. A., & Ramos, B., 2013, Warehouse logistics from Casbega point of view, in *2013 IEEE 9th International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing (ICCP)*, pp. 195–202. doi: 10.1109/ICCP.2013.6646108.

- [78] Rebelo, C. G. S., Pereira, M. T., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & J. C. Sá, 2021, The relevance of space analysis in warehouse management, *Procedia Manuf.*, vol. 55, pp. 471–478, Porto, Portugal, doi: 10.1016/j.promfg.2021.10.064.
- [79] Frazelle, E., 2016, *World-class warehousing and material handling*, : McGraw-Hill Education, NY, USA.
- [80] Andjelkovic, A., Radosavljevic, M., & Panić, D., 2017, Effects of Lean Tools in Achieving Lean Warehousing, *Econ. Themes*, vol. 54, pp. 517–534, Serbia, doi: 10.1515/ethemes-2016-0026.
- [81] Martins, R., Pereira, M. T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. J. G., 2020, Warehouse operations logistics improvement in a cork stopper factory, *Procedia Manuf.*, vol. 51, pp. 1723–1729, Porto, Portugal, doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.240.
- [82] García, M. del P. & Marcelo, M. P., 1999, Del vidrio de la antigüedad a la fibra óptica, *Puertas Lect.*, no. 6–7, pp. 37–40.
- [83] Sustainability, 2024, *Vidrala*, Acedido: Jan. 31, 2024. [Online]. Available: http://www.vidrala.com/en/vidrala/sustainability/?utm_source=opengraph&utm_medium=page-tools&utm_campaign=share
- [84] Vidrala, 2024, *Vidrala*, Acedido: Jan. 31, 2024. [Online]. Available: http://www.vidrala.com/en/vidrala/?utm_source=opengraph&utm_medium=pagetools&utm_campaign=share.
- [85] Coles, R., McDowell, D., & Kirwan, M. J., 2003, *Food Packaging Technology*. CRC Press, UK.
- [86] FindingMoats, 2021, Vidrala (VID) and the European glass container industry, *Finding Moats International, Investment Research Service*. Acedido: Jan. 31, 2024. [Online]. Available: <https://findingmoatsinternational.substack.com/p/vid>
- [87] Grupo Vidrala investiu 50 milhões de euros na Santos Barosa em quatro anos, 2023, *Região de Leiria*. Acedido: Jan. 30, 2024. [Online]. Available: <https://www.regiaodeleiria.pt/2021/05/grupo-vidrala-investiu-50-milhoes-de-euros-na-santos-barosa-em-quatro-anos>.
- [88] Tooley, F. V., 1984, *The Handbook of Glass Manufacture: A Book of Reference for the Plant Executive, Technologist, and Engineer*. Books for the Glass Industry Division, Ashlee Publishing Company, USA.
- [89] Glass Directory, 2024, *Glassglobal* IT-Services. Acedido: Fev. 08, 2024. [Online]. Available: <https://www.glassglobal.com/consulting/reports/technology/>.

- [90] O Processo Produtivo, 2024 *AIVE*. Acedido: Feb. 10, 2024. [Online]. Available: <https://aive.pt/o-processo-produtivo/>
- [91] Kovačec, M., Pilipović, A., & Štefanić, N., 2010, Improving the quality of glass containers production with plunger process control, *CIRP J. Manuf. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 4, pp. 304–310, Zagreb, Croatia, doi: 10.1016/j.cirpj.2011.02.003.
- [92] Sarwar, M. & Armitage, A. W., 2003, Tooling requirements for glass container production for the narrow neck press and blow process, *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 139, no. 1, pp. 160–163, UK, doi: 10.1016/S0924-0136(03)00214-0.
- [93] Hamidi, F., 2010, Film formation mechanism in glass lubrication by polymer latex dispersions, *Thin Solid Films*, 518 (6), pp.1689-1697, TSF-26981, France.
- [94] MBTC and Polyethylene, 2018, *Bohemi Chemicals*. Acedido: Maio 07, 2024. [Online]. Available: <https://www.bohemichemicals.com/glass-treatments/mbtc-and-polyethilene-waxes/index.html>
- [95] Bhargava, A., Wang, F., Wood, B., Higginbotham, G., & Gentle, I., 2000, Studies of polyethylene-coated tin oxide films on glass bottles, *Surf. Interface Anal.*, vol. 29, no. 10, pp. 663–670, Australia, doi: 10.1002/1096-9918(200010)29:10<663::AID-SIA919>3.0.CO;2-A.
- [96] Santos, F., 2019, Vidrala Logistics duplicará a sua frota em cinco anos, *Supply Chain Magazine*. Acedido: Jan. 31, 2024. [Online]. Available: <https://www.supplychainmagazine.pt/2019/09/08/vidrala-logistics-duplicara-a-sua-frota-em-cinco-anos/>
- [97] Sanches, H., 2015, *Aplicação da Metodologia SMED na Indústria Vidreira*, Dissertação de mestrado na Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
- [98] Cardoso, M., 2022, *Implementação de SMED em máquinas de inspeção automáticas da indústria do vidro*, Dissertação de mestrado na Escola Superior de tecnologia e gestão, Instituto Politécnico de Leiria.
- [99] Ferrão, Francisco, 2014, *Aplicação da Metodologia Lean Seis Sigma na Otimização do Nível de Stocks: Caso de Estudo na Indústria Vidreira*, Dissertação de mestrado Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Nova de Lisboa.
- [100] Montgomery, D., 2017, *D. C. Design and Analysis of Experiments*. 9.ed. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- [101] Montgomery, D., 2004, *Introdução ao Controlo Estatístico da Qualidade*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC.

Anexo A - Processo produtivo geral SBVidros

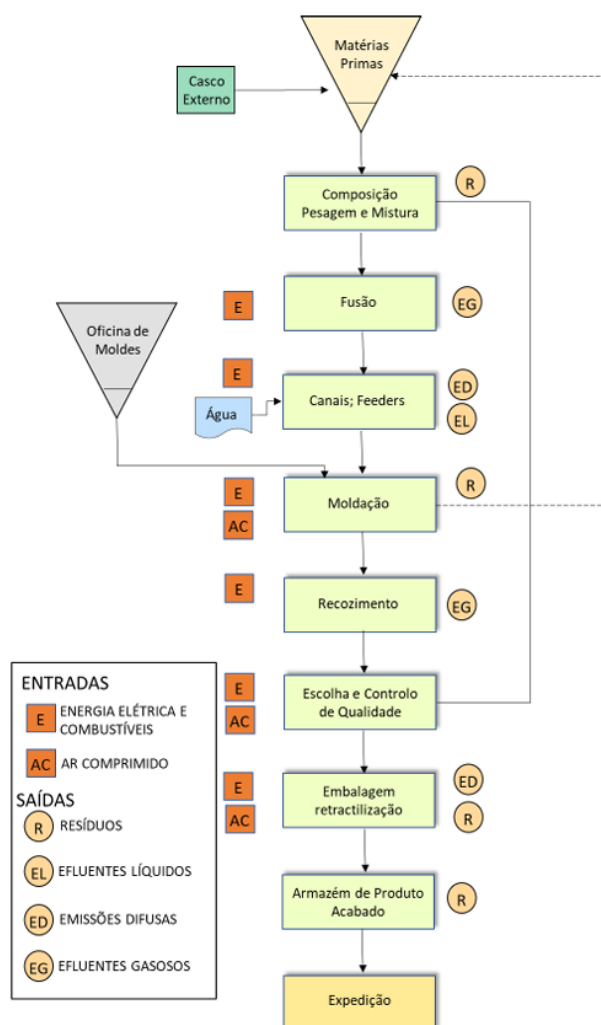


Figura A.1 - Processo produtivo geral

Anexo B - Diagramas SIPOC do processo produtivo

| Receção e armazenamento de Matéria-Prima | | | | |
|--|--|--|---|-------------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Fornecedores de matéria-prima | Casco (MP) Óxido de potássio (MP) Óxido de sódio (Na2OH) (MP) Óxido de alumínio (Al2O3) (MP) Óxido de magnésio (MgO) (MP) Óxido de cálcio (CaO) (MP) Dióxido de silício (SiO2) (MP) Areia (MP) Registo da encomenda (documentação) Receita da mistura conforme o tipo de garrafa e cor (documentação) | Receção e verificação da conformidade da encomenda; Armazenamento da matéria-prima em silos; Casco é moído e armazenado nos silos; Doseamento por meio de balanças alimentadas pelos silos; | Matéria-prima doseada Matérias-primas rececionadas fora dos parâmetros de compra | Misturadora |

Figura B.1 - Receção e armazenagem de matéria-prima

| Mistura de Matéria-Prima | | | | |
|--------------------------|--|---|---|-----------------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Silos de armazenagem | Misturadora; Matéria-prima doseada; Matérias-primas rececionadas fora dos parâmetros de compra; 5Kw/100kg Temperatura e humidade | Mistura da matéria-prima na misturadora; Adição do casco à mistura; Filtração no precipitador eletroestático; | Mistura de matérias-primas homogeneizada (50-65% de casco) Mistura não homogeneizada | Fornos de fusão |

Figura B.2 - Mistura de matérias-primas

| Fusão de Matéria-Prima | | | | |
|------------------------|--|---|---|---------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Misturadora | Mistura de matérias-primas homogeneizada; Forno de fusão; Energia: gás natural e eletricidade; Controlo de temperatura (termopares) através de software adequado; Sistema de <i>boosting</i> ; Queimadores; Tempo de aquecimento da mistura; | Alimentação dos Fornos de fusão (SB1, SB2, SB3 e SB4) com a matéria-prima homogeneizada, através de correias transportadoras (enformadoras) Fundição da mistura de matéria-prima a uma temperatura de 1500°C Afinação do vidro por correntes de convecção que permitem maior homogeneização e libertação de bolhas no vidro fundido (refinamento) | Vidro fundido; Vidro fundido com correntes de convecção inapropriadas; Caudal do fluxo de produção; Emissões: Oxigénio(O2), dióxido e monóxido de carbono (CO2 e CO), óxidos de azoto (NOx), óxidos de enxofre (SOx), vapor de água (H2O) e pelos ácidos clorídrico e fluorídrico (HCl e HF); Partículas, 80% são sulfato, retidas no electrofiltro; | Feeders |

Figura B.3 - Fusão de matérias-primas

| Acondicionamento do vidro fundido | | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|---------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Zona de trabalho do forno | <i>Feeders</i> ; Vidro fundido; Temperatura (vidro, parede do forno, zona de saída do vidro fundido e câmaras de regeneração); Sistema de <i>Boosting</i> ; Queimadores; Gás Natural; Ventilador; Quantidade apropriada de Casco; Humidade; Nível do vidro; Tempo de residência; Rácio ar/gás; | Condução do vidro fundido Homegenização Arrefecimento de 1500°C para 1100°C | Vidro fundido homogeneizado conforme a 1100°C Vidro fundido com correntes de convecção inapropriadas | Camisa |

Figura B.4 - Acondicionamento do vidro fundido

| Moldação (Máquinas IS) | | | | |
|------------------------|---|--|--|----------------------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Camisa | Gotas de vidro Máquinas IS Moldes Máquinas IS de gota única/dupla/tripla/quadrupla Distância entre centro das cavidades (restringe o tipo de garrafa a moldar) Água de resfriamento Sistema de controlo automático Lubrificação Modo de moldação (BB ou NNPB) | Entrada da gota no pré-molde através de canais Entrada de ar comprimido no pré-molde, para a formação da marisa Queda livre das gotas para o molde preliminar das máquinas IS Formação do <i>parison</i> Inversão do <i>parison</i> e colocação no | Garrafa de vidro conforme a 600°C Garrafa de vidro com defeitos (devido a desgaste do molde, má lubrificação, com bolhas ou outras irregularidades) | Tapete de transporte |

Figura B.5 - Moldação em máquinas IS

| TSQ | | | | |
|-----------|--|---|--|-------------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Moldação | Garrafas de vidro moldadas Cloreto de estanho (C4H9SnCl3) (Monobutil ou Sepoan) Temperatura das garrafas Espessura do revestimento Ar circulante Velocidade do ar circulante Concentração do cloreto de estanho Indicações do Controlo de qualidade | Entrada das garrafas na arca do TSQ Aplicação de uma camada a quente de cloreto de estanho (C4H9SnCl3) na garrafa Saída das garrafas da arca do TSQ | Garrafas de vidro com maior resistência mecânica e térmica Garrafas danificadas devido a grandes variações de temperatura | Recozimento |

Figura B.6 - Fase de tratamento de superfície a quente

| Recozimento | | | | |
|-------------|--|--|---|---------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| TSQ | Garrafas de vidro com maior resistência mecânica Arca de recozimento Controlo da temperatura | Reaquecimento e arrefecimento gradual durante 45 minutos, que permite a homogeneização da estrutura do vidro | Garrafas de vidro com maior resistência mecânica e térmica, com redução das tensões internas Garrafas de vidro danificadas | TSF |

Figura B.7 - Fase de recozimento

| TSF (tratamento de superfície a frio) | | | | |
|---------------------------------------|--|--|--|----------------------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Arca de recozimento | Garrafas saída da arca de recozimento Pistolas de aplicação de Polietileno Polietileno Água Equipamento de secagem | Aplicação de um revestimento a frio através de um revestimento de polietileno, para aumento da resistência das garrafas a riscos e fraturas e para melhoria do deslizamento entre garrafas | Garrafas fabricadas com maior resistência a riscos e fraturas, melhor adesão a rótulos. Garrafas com atrito a serem descartadas | Tapete de transporte |

Figura B.8 - Fase de tratamento de superfície a frio

| Controlo de qualidade | | | | |
|-----------------------|---|--|---|--------------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Tapete de transporte | Garrafas fabricadas com maior resistência a riscos e fraturas MIAS Software MIAS Códigos de características das garrafas | Inspeção das garrafas através de MIAS (verificações de natureza eletrónica, mecânica e manual) que identificam os moldes que estão a produzir garrafas defeituosas, através do código de pontos na parede lateral. MIAS de inspeção visual: verifica os defeitos das paredes da garrafa; MIAS de inspeção rotativa: verificam a existência de fendas e a espessura da parede e parte dimensional do gargalo; Inspeção periódica em laboratório por amostragem - realização de testes periódicos para verificação de vários parâmetros: medição de capacidade, choque térmico, análise de dimensionamento através de máquinas a laser, entre outros. - aprovação e rejeição das garrafas que seguem para | Garrafas inspeccionadas aprovadas para paletização Garrafas inspeccionadas rejeitadas que seguem para casco (exemplo de defeitos: marisa não paralela ao fundo da garrafa, fundo não espalhado uniformemente, camadas extra de vidro no interior da garrafa, parede do vidro martelada, bolhas) Comunicação à Zona Quente de defeitos que não foram detetados pela inspeção automática. | Paletizadora |

Figura B.9 - Fase de controlo de qualidade

| Paletização (zona fria II) | | | | |
|----------------------------|--|---|-------------------------------|----------------------------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Controlo de qualidade | Garrafas inspeccionadas aprovadas para paletização Paletes Informação de rotulagem e etiquetagem Paletizadora Cintas Cobertura de Plástico Tabuleiros de separação Software de etiquetagem Requisitos do cliente (tipo de cobertura de plástico, espessura da cobertura de plástico, tipo de saia, tipo de separadores) Tampa/bandeja Tapetes de transporte até armazém de produto acabado | Acondicionamento automático das garrafas em paletes Formação da camada pelo <i>stacker</i> Colocação dos tabuleiros de separação de camadas Envolvimento das paletes com cintagem vertical/horizontal, cobertura com um filme de plástico, saia e tampa/bandeja Rotulagem Colocação de um chip RFID Transporte até armazém de produto acabado | Paletes embaladas e rotuladas | Armazém de produto acabado |

Figura B.10 - Paletização

| Transporte das paletes por empilhadoras até ao local de armazenamento | | | | |
|---|--|---|--|---------------|
| Suppliers | Inputs | Process | Outputs | Clients |
| Paletização | Garrafas paletizadas, embaladas e rotuladas Empilhadoras Informação sobre o espaço em armazém destinado à paleta | Chegada das paletes à zona de recolha Identificar referência e tipo de paletes Identificação do material Verificação do material em armazém Identificação do espaço alocado ao material ou sugestão de novo espaço Recolha das paletes Alocação de paletes no espaço destinado Scanneamento e regresso à zona de recolha | Paletes armazenadas Informação de armazenamento | Cliente Final |

Figura B.11 - Transporte de paletes de PA

Anexo C - Materiais de embalagem usados na SBVidros

| Descrição Material | Tipo de Material |
|---|------------------|
| Tabuleiro Z/150/kfk-R 1200X980150 | Cartão |
| PLANCHA P01/KFK 1200X1000 BBB | Cartão |
| PLANCHA P12/KFK 1210X995 BBB | Cartão |
| TAPA Y/125/KFB-ENG 1210X1010X125 | Cartão |
| BANDEJA Y/100/KFK-R-ENG 1210X1010X100 | Cartão |
| TAPA I/150/KFB-ENG 1200X970X150 | Cartão |
| BANDEJA L/150/KFB-ENG 1190X990X150 | Cartão |
| BANDEJA L/150/KFK-R-ENG 1190X990X150 | Cartão |
| BANDEJA L/150/KFT+P-ENG 1190X990X150 | Cartão |
| SEPARADOR DE CARTÃO P16/KFK-300 | Cartão |
| SEPARADOR DE CARTÃO P17/KFK-300 1210X990 AABB | Cartão |
| SEPARADOR DE CARTÃO P127kfk-300 | Cartão |
| BANDEJA A/100/KFB-ENG 11200X1000X100 | Cartão |
| BANDEJA H/125/KFK-ENG 1175X960X125 | Cartão |
| K/150/KFB | Cartão |
| A/150/KFK-R | Cartão |
| TAPA T4/080/KFB-ENG 1160X980X80 CANTOS IGUAIS | Cartão |
| TAPA T5/080/KFB-ENG 1160X980X80 CANTOS DIFERENTES | Cartão |
| Y/125/KFK-ENG | Cartão |
| TAPA A/125/KFK-ENG 1200X1000X125 | Cartão |
| TAPA Z/125/KFK-R-ENG 1200X980X125 | Cartão |
| PLANCHA P03/KFK-300 | Cartão |
| L/100/KFB | Cartão |
| BANDEJA B/125/KFK-ENG | Cartão |
| BANDEJA B/075/KFB-ENG | Cartão |
| PALETE ANIFE 1200X1000 | Palete |
| PALETE VMF 1200X1000 | Palete |
| PALETE HK 1200X1000 | Palete |
| TOP FRAMES | Cartão |
| PLACA 1200X1000 PP CPL ALVEOLAR PCA | Intercaladores |
| PPLACA PP SMARTPAD 1200X1000 2,6-3 MM PSM | Intercaladores |
| TAPA PP MACIZA SMARTCAP 1200X1000 TSM | Intercaladores |
| PVE-AKYLUX | Intercaladores |
| MANGA 110 | Manga |
| MANGA 150 | Manga |
| FILME PLÁSTICO 75 MM | Filme |
| FILME ESTIRÁVEL 500 MM 15MY MP501 | Filme |
| BOBINE FITA PET 12X0,84 1800M | Cintas |
| BOBINE FITA EMBALCER VERDE 8,3 MM | Cintas |

Figura C.1 - Tipos de material de embalagem

Anexo D - Primeira auditoria 5S ao armazém

5 S Checklist

Área: Data:
 Fábrica:
 Realizado por:

| | | Pontuação | | | | | | | | | | | |
|--|---|--|---|------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|--------------------------------|--|---|--|--------------------------------|--|
| Pontos a Verificar | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | |
| 1º S - Distinguir entre o que é necessário e o que não é necessário | | 13 | | | | | | | | | | | |
| 1 | Área segura e que transmite a ideia de cuidado e organização. | | | | | 4 | | | | | | | |
| 2 | Existem materiais que não são necessários? (equipamentos, ferramentas, suportes, documentação, amostras...) | | | | | 4 | | | | | | | |
| 3 | Existem objectos nos corredores, escadas, foras das marcações definidas? | | | 2 | | | | | | | | | |
| 4 | Existe um excesso de materiais obsoletos, utensílios ou outros itens na zona de trabalho? | | | | 3 | | | | | | | | |
| 2º S - Um sítio para cada coisa e cada coisa em seu sítio | | 13 | | | | | | | | | | | |
| 5 | Existem materiais que não têm lugar definido? (paletes, amostras, documentação, ferramentas, etc) | | | 2 | | | | | | | | | |
| 6 | Existem objectos que não estão colocados no seu sítio? | | | 2 | | | | | | | | | |
| 7 | Existem elementos que não estão identificados? (pontos de arrumação, trabalhos a decorrer, ...) | | | 2 | | | | | | | | | |
| 8 | As zonas de passagem estão delimitadas por linhas, em bom estado, rectas e claramente visíveis? | | 1 | | | | | | | | | | |
| 9 | Existem objectos em cima das máquinas, equipamentos ou apoiados nas paredes? | | | 2 | | | | | | | | | |
| 10 | Estão as ferramentas guardadas metodicamente num lugar limpo e sem risco de se danificarem, assim como os objectos pessoais? | | | 2 | | | | | | | | | |
| 11 | Estão no posto de trabalho apenas os documentos necessários à realização deste, os restantes estão guardados metodicamente, actualizados e num lugar limpo? | | | 2 | | | | | | | | | |
| 3º S - Limpeza e Manutenção | | 10 | | | | | | | | | | | |
| 13 | Verificação da limpeza do solo, das paredes e das diferentes superfícies. | | | 2 | | | | | | | | | |
| 14 | Estão os equipamentos sujos com massa consistente, óleo, poeira - em excesso? | | | | 3 | | | | | | | | |
| 15 | As mesas de trabalho, caixas e armários estão limpos? | | | 2 | | | | | | | | | |
| 16 | Estão acessíveis e perto os produtos/objetos de limpeza? | | | | 3 | | | | | | | | |
| 4º S - Manutenção e Controlo dos 3 primeiros S | | 0 | | | | | | | | | | | |
| 17 | Está disponível a informação necessária dos 5S? (situação, evolução, ...) | 0 | | | | | | | | | | | |
| 18 | São conhecidas as instruções e/ou procedimentos de trabalho? (processos) | 0 | | | | | | | | | | | |
| 19 | Existem instruções para manter os postos de trabalho limpos? | 0 | | | | | | | | | | | |
| 5º S - Seguir as regras | | 0 | | | | | | | | | | | |
| 20 | Existe acompanhamento em relativo a motivação com a aplicação dos 5S | 0 | | | | | | | | | | | |
| " RESULTADO: 36 de 100 | | | | | | | | | | | | | |
| " APROVADO | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">QUANTIDADE ACÇÕES PENDENTES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Até 3 acções pendentes</td> <td style="text-align: center;">x 0,95</td> </tr> <tr> <td>Mais de 3 acções pendentes</td> <td style="text-align: center;">x 0,90</td> </tr> </tbody> </table> | | QUANTIDADE ACÇÕES PENDENTES | | Até 3 acções pendentes | x 0,95 | Mais de 3 acções pendentes | x 0,90 | <input type="text" value="0"/> | | x | | <input type="text" value="0"/> | |
| QUANTIDADE ACÇÕES PENDENTES | | | | | | | | | | | | | |
| Até 3 acções pendentes | x 0,95 | | | | | | | | | | | | |
| Mais de 3 acções pendentes | x 0,90 | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">PRAZOS ACÇÕES PENDENTES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Até 1 acção há mais de 1 mês</td> <td style="text-align: center;">x 0,95</td> </tr> <tr> <td>Mais que 1 acção há mais de 1 mês</td> <td style="text-align: center;">x 0,90</td> </tr> </tbody> </table> | | PRAZOS ACÇÕES PENDENTES | | Até 1 acção há mais de 1 mês | x 0,95 | Mais que 1 acção há mais de 1 mês | x 0,90 | <input type="text" value="0"/> | | x | | <input type="text" value="0"/> | |
| PRAZOS ACÇÕES PENDENTES | | | | | | | | | | | | | |
| Até 1 acção há mais de 1 mês | x 0,95 | | | | | | | | | | | | |
| Mais que 1 acção há mais de 1 mês | x 0,90 | | | | | | | | | | | | |
| PONTUAÇÃO | | 36 | | | | | | | | | | | |

Figura D.1 - Primeira auditoria 5S

Anexo F - Ferramentas usadas nas melhorias 5S

| | | | |
|--|----------------------------------|--|-----------------------|
| IT Nº 001 5S Data de edição: 19/06/2024 Editada: A.Francisco | Área: Armazém de Compras | Posto: TODOS | Máquina |
| | Operação: Limpeza & Arrumação | Tempo: 10 min | Frequência: Diária |
| Objetivo: Execução e controlo de limpeza | | | |
| <p>1. Finalizado qualquer trabalho:</p> <ul style="list-style-type: none"> - deve ser limpa a área, removendo o lixo do chão e utilizando os recursos disponíveis – Exemplo: vassoura, pá, papel absorvente. - verificar organização das prateleiras e se existem itens fora do lugar; - remover obstáculos das zonas de passagem e remover embalagens vazias <p>2. No final do dia, toda a área de trabalho deve ficar limpa:</p> <ul style="list-style-type: none"> - colocar os resíduos das bancadas e superfícies de trabalho nos locais próprios; - verificar e limpar a sujidade das superfícies de trabalho e bancadas; - colocar equipamentos/ferramentas de trabalho nos locais próprios; - verificar existência de documentos fora das respetivas zonas; - manter a zona de Material Recebido arrumada; | | | |
| Instrução de: | Limpeza | Legendas para Riscos: Segurança Qualidade Ambiental | |

| Instrução de Limpeza | | | |
|---|---------------------------|-------------------------------|--|
| Pontos críticos | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Material necessário - Vassoura - Porta-paletes - Pá - Papel absorvente | | | |
| EPI's | Em todos os postos | Específico da operação | |
| | | | |

Figura F.1 - Instruções de limpeza diária

| | | | |
|---|----------------------------------|--|------------------------|
| IT Nº 001 5S Data de edição: 19/06/2024 Editada: A.Francisco | Área: Armazém de Compras | Posto: TODOS | Máquina |
| | Operação: Limpeza & Arrumação | Tempo: 30 min | Frequência: Semanal |
| Objetivo: Execução e controlo de limpeza | | | |
| <p>1. Sempre que se verifique sujidade no chão, se não for possível eliminar por cada um e com os recursos de limpeza disponíveis no armazém, deve ser comunicada à equipa de limpeza externa e ao responsável dos serviços externos a necessidade de eliminação da mesma.</p> <p>2. Verificar a sujidade e limpar o interior dos armários e estantes.</p> <p>3. Verificar e limpar zonas de difícil acesso (cantos e por trás de estantes e prateleiras).</p> <p>4. Limpar máquinas e outros equipamentos (porta paletes e empilhador, por exemplo).</p> <p>5. Verificar o estado das ferramentas e outros equipamentos.</p> <p>6. Verificar níveis de água e óleo do empilhador e comunicar o nº de quilómetros percorridos.</p> <p>7. Verificar e organizar as áreas de carga e descarga de material de maior volume.</p> | | | |
| Instrução de: | Limpeza | Legendas para Riscos: Segurança Qualidade Ambiental | |

| Instrução de Limpeza | | | |
|--|---------------------------|-------------------------------|--|
| Sujidade – não Conformidade | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| Material necessário - Vassoura - Pá - Papel absorvente - Empilhador | | | |
| EPI's | Em todos os postos | Específico da operação | |
| | | | |

Figura F.2 - Instruções de limpeza semanal



| ÁREA/ITEM | Mês | | | | AREA MANAGER | OTHERS | Ponto de desarmadura ou sujidade identificada (AMARELO OU VERMELHO) | Nº ETIQUETA AMARELA | Nº ETIQUETA VERMELHA |
|---|--------------------|-----|-------------------|-----|--------------|--------|---|---------------------|----------------------|
| | 31 | | 31 | | | | | | |
| | 24 ago. 30 ago. | | 31 ago. 6 sep. | | | | | | |
| Secretária | —/— | | | | —/— | —/— | | | |
| Secretária | | —/— | | | —/— | —/— | | | |
| Secretária | | | —/— | | —/— | —/— | | | |
| Bancada Polivalente | | | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Bancada de Material recebido | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Bancada de Material de investimento | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Bancada de Material pendente | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Bancada de Material para reparação | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Armazém de Cartões | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Armazém de Óleos | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Armazém 1º andar | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Armazém interno | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Móvel de Material para outros departamentos | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |
| Limpeza do chão Armazém | | —/— | —/— | —/— | —/— | —/— | | | |

| RESOLUÇÃO DAS ANOMALIAS | | | | | | |
|-------------------------|----------|------------|-----|---------------------|----------------|--|
| ANOMALIA/Nº ETIQUETA | DEADLINE | VERIFICADO | | DATA DE VERIFICAÇÃO | VERIF. RESPON. | |
| | | SIM | NÃO | | | |
| Nº ETIQUETA | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| TÓPICO COM MAIS ANOMALIAS IDENTIFICADAS | | | | | |
|---|-------------|------------|-----|---------------------|--------------|
| TÓPICO | RESPONSÁVEL | VERIFICADO | | DATA DE VERIFICAÇÃO | VERIF. RESP. |
| | | SIM | NÃO | | |
| | | | | | |

Figura F.5 - Quadro de organização de limpeza

5 S Checklist

Área: Data:

Fábrica:

Realizado por:

| | | Pontuação | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|---|------------------------|--------|----------------------------|--------|-------------------------|--|------------------------------|--------|-----------------------------------|--------|---|--|--------------------------------|---|--------------------------------|----------------------------|---|--------------------------------|------------------|--|--|--------------------------------|
| Pontos a Verificar | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Distinguir entre o que é necessário e o que não é necessário | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Área segura e que transmite a ideia de cuidado e organização. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Existem materiais que não são necessários? (equipamentos, ferramentas, suportes, documentação, amostras...) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Existem objectos nos corredores, escadas, foras das marcações definidas? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Existe um excesso de materiais, utensílios ou outros itens na zona de trabalho? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Um sitio para cada coisa e cada coisa em seu sitio | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Existem materiais que não têm lugar definido? (paletes, amostras, documentação, ferramentas, etc) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Existem objectos que não estão colocados no seu sitio? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Existem elementos que não estão identificados? (pontos de arrumação, trabalhos a decorrer, ...) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | As zonas de passagem estão delimitadas por linhas, em bom estado, rectas e claramente visíveis? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Existem objectos em cima das máquinas, equipamentos ou apoiados nas paredes? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Estão as ferramentas guardadas metodicamente num lugar limpo e sem risco de se danificarem, assim como os objectos pessoais? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Estão no posto de trabalho apenas os documentos necessários à realização deste, os restantes estão guardados metodicamente, actualizados e num lugar limpo? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Limpeza e Manutenção | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | Verificação da limpeza do solo, das paredes e das diferentes superficies. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | Estão os equipamentos sujos com massa consistente, óleo, poeira - em excesso? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | Estão acessíveis e perto os produtos/objectos de limpeza? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Manutenção e Controlo dos 3 primeiros S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | Está disponível a informação necessária dos 5S? (situação, evolução,...) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | São conhecidas as instruções e/ou procedimentos de trabalho? (processos) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | Existem instruções para manter os postos de trabalho limpos? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | São identificáveis as quantidades e tipos de materiais necessários? | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Seguir as regras | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | Existem operadores que não tenham tido formação 5S | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| RESULTADO: | | 0 de 75 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| APROVADO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <tr> <th colspan="2">QUANTIDADE ACÇÕES PENDENTES</th> </tr> <tr> <td>Até 3 acções pendentes</td> <td>x 0,95</td> </tr> <tr> <td>Mais de 3 acções pendentes</td> <td>x 0,90</td> </tr> <tr> <th colspan="2">PRAZOS ACÇÕES PENDENTES</th> </tr> <tr> <td>Até 1 acção há mais de 1 mês</td> <td>x 0,95</td> </tr> <tr> <td>Mais que 1 acção há mais de 1 mês</td> <td>x 0,90</td> </tr> </table> | | QUANTIDADE ACÇÕES PENDENTES | | Até 3 acções pendentes | x 0,95 | Mais de 3 acções pendentes | x 0,90 | PRAZOS ACÇÕES PENDENTES | | Até 1 acção há mais de 1 mês | x 0,95 | Mais que 1 acção há mais de 1 mês | x 0,90 | <table border="1"> <tr> <td>QUANTIDADE de acções Pendentes</td> <td>x</td> <td><input type="text" value="0"/></td> </tr> <tr> <td>PRAZOS de acções Pendentes</td> <td>x</td> <td><input type="text" value="0"/></td> </tr> </table> | | QUANTIDADE de acções Pendentes | x | <input type="text" value="0"/> | PRAZOS de acções Pendentes | x | <input type="text" value="0"/> | PONTUAÇÃO | | | <input type="text" value="0"/> |
| QUANTIDADE ACÇÕES PENDENTES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Até 3 acções pendentes | x 0,95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mais de 3 acções pendentes | x 0,90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRAZOS ACÇÕES PENDENTES | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Até 1 acção há mais de 1 mês | x 0,95 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mais que 1 acção há mais de 1 mês | x 0,90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| QUANTIDADE de acções Pendentes | x | <input type="text" value="0"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PRAZOS de acções Pendentes | x | <input type="text" value="0"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Observações: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| PONTUAÇÃO | | PERIODICIDADE DE AUDITORIA; Semanal | | Nº pts NOK | | Ptos. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | Inacoiável; Não existem evidências de cumprimento | (após atingir um nível aceitável > 65% - Mensal) | | 5 ou mais | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Começou-se a realizar; Ligeiras evidências de que se cumpre | | | 4 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Actividade iniciada mas com muitas oportunidades de melhoria. | | | 3 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Nível aceitável mínimo; sustentado pelo menos 1 mês | QUEM EXECUTA A AUDITORIA: | | 2 | | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Resultados bons; mantido um mínimo de 3 meses | Responsável de Secção + Responsável projectos melhoria + outros - Inicio (após atingir um nível aceitável > 65% - Mensal) - operadores de outras turnos/Secções | | 1 | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Resultados excepcionais; mantido um mínimo de 6 meses | | | 0 | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figura F.6 - Template de checklist 5S

Anexo G - Questionário *Google Forms*

Entrada/saída de material

Rastrear entrada ou saída de material de embalagem de localização das estantes de arrumação.

ag.francisco@campus.fct.unl.pt [Mudar de conta](#)

🔒 Não partilhado 🔄 Rascunho guardado

*** Indica uma pergunta obrigatória**

Material a movimentar *

- 8211111 FILME ESTIRAVEL EM ROLO 500X0,023MM
- 8004316 PLANCHA P01/KFKFK 1200x1000 R30
- 8004267 BANDEJA L/150/KFT+P-ENG 1190X 990X140
- 8004266 BANDEJA L/140/KFT+P-ENG 1190X 990X140
- 8004218 BANDEJA B/075/KFB-ENG (1208x980x75)
- 8004216 BANDEJA B/125/KFK-ENG (1208x980x125)
- 8004177 BANDEJA Y/125/KFK-ENG 1210X1010X125
- 8004146 BANDEJA A/150/KFK-R eng 1200x1000x150
- 8004098 BANDEJA L/125/KFK-ENG 1190X 990X125
- 8003989 TAPA Z/125/KFK-R-ENG 1200X 980X125
- 8003987 TAPA A/125/KFK-ENG 1200X1000X125

- 8003946 BANDEJA L/150/KFT+P-ENG 1190X 990X150
- 8003936 FILME DE PLASTICO 1150X0,075M/M
- 8003909 BOBINA FITA PET 12 x 0,84 1800mm
- 8003907 FITA PVC 50 M/M
- 8003898 FILME ESTIRAVEL 500 mm 15my MP501
- 8003897 FILME DE PLASTICO 1150X0,08M/M
- 8003896 FOLHAS PLASTICO 1150X1350X0,08MM (PICOTA)
- 8003894 MANG PLAST RETRA FOLDES 520MM 2420X0,135
- 8003893 SACO PLASTICO RETRACT 2360X3200X0,15MM
- 8003836 TAPA PP MACIZA SMARTCAP 1200X1000 TSM
- 8003835 Palete 1200x1000 HK
- 8003786 BANDEJA H/125/KFK-ENG 1175x 960x125
- 8003727 PLANCHA P17/KFK-300 1210x 990 aaBB
- 8003726 PLANCHA P17/KFK 1210x 990 aaBB
- 8003625 TOP FRAMES
- 8003618 PLACA PP SMARTPAD 1200X1000 2,6-3mm PSM
- 8003517 BOBINA PLAST.4740-1290X540MM 150 MIC UV6
- 8003402 BANDEJA A/100/KFB-ENG 1200x1000x100
- 8003389 PLANCHA P35/KFK 1205X 970 aBaB
- 8003387 SEPARADOR DE CARTAO P16/KFK - 300

- 8001378 Palete 1200x1000 Anif
- 8001356 LÁMINA PE 1200MM 75MY BLANCA
- 8000366 PLANCHA P03/KFK 1195x1010 ABBA
- 8000355 PLACA 1200X1000 PP CPL 4mm ALVEOLAR PCA
- 8000353 PLANCHA P01/KFK 1200x1000 R30
- 8000350 PLACA 1200X1000 PP VIDRALA AKY 3,5mm PVE
- 8000329 TAPA T2/090/KFB 1170x 980x 90
- 8000283 BANDEJA C/150/KFK 1180x 980x150
- 8000211 TABULEIRO Z/150/KFK-R 1200X980X150
- 8002724. E90
- 8004737 V075/KFK ENG
- 8284998 PLANOS
- 8000157 V110/KFK
- 8008113 V150/KFK

- 8003385 PLANCHA P12/KFK-300 1210x 995 BBBB
- 8003332 PLANCHA P41/KFK 1210X 960 ABBA
- 8003271 BANDEJA L/100/KFB-ENG 1190x990x100
- 8003211 PLANCHA P14/KFK 1180x 995 BABA
- 8003152 TABULEIRO C/150/KFK - R
- 8003143 PLANCHA P03/KFK-300 1195x1010 ABBA
- 8003121 BOBINA PLAST.4740-1290X540MM 110 MIC UV6
- 8003111 BANDEJA L/150/KFK-R-ENG 1190X 990X150
- 8002779 Bobina fleje PP 8.3 x 0,65 M-200
- 8002737 P41/KFK-300 1210X 960 ABBA
- 8002721 TAPA H/150/KFB-ENG 1175x 960x150
- 8002719 BANDEJA K/150/KFB-ENG 1190X 970X150
- 8002716 BANDEJA L/150/KFB-ENG 1190X 990X150
- 8002715 TAPA I/150/KFB-ENG 1200X 970X150
- 8002713 BANDEJA J/150/KFB-ENG 1205X1015X150
- 8002712 BANDEJA Y/100/KFK-R-ENG 1210x1010x100
- 8002711 TAPA Y/125/KFB-ENG 1210X1010X125
- 8002626 PALETE DIN (T5) RETORNABLE 1200X1000X134
- 8002557 PLANCHA P12/KFK 1210x 995 BBBB
- 8001392 Palete 1200x1000 VMF

Figura G.1 - Questionário informação de material

Está a dar entrada ou saída deste material? *

Entrada

Saída

Local de entrada

Estante entrada *

A0

A1

A2

B0

B1

B2

C0

C1

C2

D0

D1

D2

E0

E1

E2

F0

F1

F2

G0

G1

G2

H0

H1

H2

I0

I1

I2

J0

L1

L2

M0

M1

M2

N0

N1

N2

O0

O1

O2

P0

P1

P2

Q0

Q1

Q2

R0

R1

R2

Operador

Digite o seu nome, por favor.

Nome *

A sua resposta _____

Figura G.2 - Questionário informações entrada de material

Anexo H - Rastreo de material de embalagem

| Controlo de material em estante | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|----------|--------|--------|---|---|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Código | Material | Total de existencias (armazem estantes + restos) | Entradas | Saídas | Restos | Necessidades de paletes de material (total 6 d) | Necessidades de paletes de material (1 d) | Estantes vs Necesidades p/ 6 dias | Estantes vs Necesidades p/ 1 dias | Quanto falta abastecer?(p/ 6 d) | Quanto falta abastecer?(p/ 1 d) |
| 8211111 | 8211111 FILME ESTIRAVEL EM ROLO 500X0 023MM | 1 | 1 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8004316 | 8004316 PLANCHA P01KFKFK 1200X1000 R20 | 1 | 1 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8004287 | 8004287 BANDEJA L150XKFT-PP-ENG 1190X 980X140 | 2 | 2 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8004286 | 8004286 BANDEJA L140XKFT-PP-ENG 1190X 980X140 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1.2375 | 0.20625 | Estante por abastecer | Estante por abastecer | 2 | 1 |
| 8004218 | 8004218 BANDEJA B075KFB-ENG (1208X80X125) | 0 | 0 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8004216 | 8004216 BANDEJA B125KFK-ENG (1208X80X125) | -1 | 0 | 1 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8004177 | 8004177 BANDEJA V125KFK-ENG 1210X1010X125 | 0 | 0 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8004146 | 8004146 BANDEJA A150XKFK-R eng 1200X1000X150 | 1 | 1 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8004098 | 8004098 BANDEJA L125KFK-ENG 1190X 980X125 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.8357 | 0.1392833333 | Estante por abastecer | Estante por abastecer | 1 | 1 |
| 8003989 | 8003989 TAPA A125KFK-ENG 1200X 980X125 | 1 | 1 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8003948 | 8003948 BANDEJA L150XKFT-PP-ENG 1190X 980X150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Estante abastecida | Estante abastecida | 0 | 0 |
| 8003936 | 8003936 FILME DE PLASTICO 1150X0 075MM | 1 | 1 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8003909 | 8003909 BOBINA FTA PET 12 x 0,84 1800m | 0 | 0 | 0 | 0 | #VALORI | #VALUEI | Estante por abastecer | Estante por abastecer | #VALUEI | #VALUEI |
| 8003907 | 8003907 FTA PVC 50 MM | 0 | 0 | 0 | 0 | #VALORI | #VALUEI | #N/A | #VALUEI | #VALUEI | #VALUEI |
| 8003898 | 8003898 FILME ESTIRAVEL 500 mm 15mm MP501 | 0 | 0 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | Estante por abastecer | #VALUEI | #N/A | #N/A |
| 8003897 | 8003897 FILME DE PLASTICO 1150X0 08MM | 0 | 0 | 0 | 0 | #VALORI | #VALUEI | #N/A | #VALUEI | #VALUEI | #VALUEI |
| 8003896 | 8003896 FOLHAS PLASTICO 1150X1350X0 08MM/PICTA | 0 | 0 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |
| 8003894 | 8003894 MANG PLAST RETRA FOLIES 520MM 2420X0 135 | 0 | 0 | 0 | 0 | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A | #N/A |

Figura H.1 - Heijunka Box de controlo de material em estante

Instruções de rastreio - material de embalagem

Empilhadores Zona Fria



1. Consultar Planeamento de necessidades de paletes por estantes (pilar A)
2. Ir buscar material necessário
3. Verificar localizações disponíveis/localizações definidas para o material
4. Colocar/Retirar material na localização definida
5. Scanear QRCode da localização utilizada
6. Indicar material a movimentar
7. Indicar tipo de movimento de material
8. Indicar estante de entrada/saída
9. Em caso de saída, indicar quantidade de paletes que irá para Restos
10. Indicar nome de operador



Entrada/saída de material
Rastrear entrada ou saída de material de embalagem de localização das estantes de arrumação.

Material a movimentar *

8211111 FILME ESTIRAVEL EM ROLO 500X0,023MM

8004316 PLANCHA P01/KFKFK 1200x1000 R30

Está a dar entrada ou saída deste material? *

Entrada

Saída

(Em caso de saída)

Qual a quantidade de paletes que irá para Restos?

1

0,5

0

Estante entrada *

A0

A1

A2

Nome *

A sua resposta

FIM

Figura H.2 - Instruções de rastreio de material pelos empilhadores

Instruções de rastreio - material de embalagem

Compras



1. Verificar Planeamento de necessidades de embalagem (SIP)
2. Descarregar folha de Planeamento de necessidades de embalagem (SIP)
3. Apagar dados anteriores da folha de cálculo de necessidades de paletes de embalagem
4. Copiar folha de Planeamento de necessidades de embalagem (SIP) para a folha "Previsão de X dias de embalagem" e calcular novas necessidades de paletes para os dias definidos (Macro em Excel)
5. Copiar folha com necessidades de paletes calculadas para folha "Previsão" no Google Sheets
6. Verificar necessidades de abastecimento de estantes na tabela "Controlo de material em estante" na folha de "Inventário Total"

Google Sheets

Google Sheets

Figura H.3 - Instruções de rastreio de material pelas Compras



2024

André Góis Francisco

Melhoria de Processos numa Indústria de Vidro de Embalagem