



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Inês Pimenta dos Santos Amaral

**APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS LEAN EM
CONTEXTO PRODUTIVO NA INDÚSTRIA DAS
ENERGIAS RENOVÁVEIS**

**Dissertação no âmbito do mestrado em Engenharia e Gestão Industrial orientada
pela Professora Doutora Aldora Gabriela Gomes Fernandes e apresentada ao
Departamento de Engenharia Mecânica.**

Outubro de 2021

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Aplicação de Ferramentas *Lean* em Contexto Produtivo na Indústria das Energias Renováveis

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia e
Gestão Industrial

Application of Lean Tools in a Productive Context in the Renewable Energy Industry

Autor

Inês Pimenta dos Santos Amaral

Orientador

Professora Doutora Aldora Gabriela Gomes Fernandes

Júri

Presidente **Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes
Ferreira**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais **Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Orientador **Professora Doutora Aldora Gabriela Gomes Fernandes**
Professora Auxiliar da Universidade de Coimbra

Colaboração Institucional

SIEMENS Gamesa RENEWABLE ENERGY **SIEMENS Gamesa**

Coimbra, outubro, 2021

“The only way out is through.”

Robert Frost

Aos meus avós,
Orlanda e Alberto

Agradecimentos

Com a concretização deste projeto termina aquela que foi, sem dúvida, uma das etapas mais bonitas e desafiantes da minha vida. Resta expressar o meu profundo agradecimento a todos aqueles que a viveram ao meu lado e que a tornaram, ainda mais, inesquecível.

Em primeiro lugar, agradeço à minha família por todo o apoio e carinho em todos os momentos. Em particular, e com imensa admiração, aos meus avós pelos valores que me transmitiram e por toda a amizade e amor ao longo da minha vida.

A Coimbra, por todas as histórias e noites mal dormidas. Por me dar os melhores amigos que poderia ter conhecido e que sem eles não teria tanto encanto. Obrigada por fazerem parte do caminho, levo um pouco de cada um.

Ao Núcleo de Estudantes de Engenharia Mecânica da Associação Académica de Coimbra, por fazer superar-me constantemente e pelas amizades.

À Professora Doutora Gabriela Fernandes, pela orientação, ajuda e preocupação mostrada ao longo deste projeto. Por exigir sempre mais dos seus alunos e preparar profissionais capazes.

À Siemens Gamesa, pela oportunidade de iniciar o meu percurso profissional no meio dos melhores. Um agradecimento especial, ao Engenheiro Pompeu Diniz, pelas palavras amigas e por me fazer acreditar que para todos os problemas há uma solução, e ao Engenheiro Dárcio Jorge, pelo apoio e ajuda constante na realização deste trabalho. E a todos pela disponibilidade prestada.

Sou muito grata a cada um de vós.

Resumo

O presente documento é o produto da realização de um projeto focado na melhoria do processo produtivo de uma peça numa organização da indústria das energias renováveis. Para tal, o estudo é alicerçado na concretização de quatro objetivos, são estes, a realização do Value Stream Mapping (VSM) do sistema produtivo, possibilitando a análise e identificação das fontes de desperdícios, seguido da seleção de ferramentas *lean* para a mitigação destas e por fim, a implementação e avaliação das melhorias propostas.

Adotou-se uma estratégia de investigação-ação de quatro etapas, apoiada por uma abordagem dedutiva, caracterizada por uma análise da literatura existente com foco no *Lean Manufacturing* e nas suas ferramentas, com posterior aplicação prática dos conceitos estudados. Recorreu-se a técnicas de observação estruturada e participativa, entrevistas não estruturadas, *brainstorming* e *focus group*, para um maior conhecimento acerca do processo produtivo, bem como a identificação de problemas e ações de melhoria para a resolução dos mesmos.

A realização do projeto permitiu dar resposta a todas as dificuldades encontradas, através da implementação de todas as propostas de melhoria. A avaliação dos resultados teve por base a análise de três indicadores. O tempo de ciclo, perfazendo uma redução deste em 62,3%, o bem-estar dos colaboradores, com o aumento da satisfação face às melhores condições de trabalho e a uma diminuição da fadiga resultante de um excesso de movimentos realizados, e ainda, ao nível do impacto financeiro, com uma projeção de poupança média anual de, pelo menos, 7.068€.

Devido ao curto espaço de tempo em que o estágio foi conduzido, apenas um ciclo de investigação-ação foi endereçado. Outra limitação importante identificada, prendeu-se com o facto de a organização estar a sofrer mudanças estruturais a vários níveis, pelo que apesar de algumas ações terem sido implementadas, e fundamentais à geração de bons resultados, não foram exploradas tão profundamente quanto poderiam ter sido.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing, Lean, Desperdício, Value Stream Mapping.*

Abstract

This document is a study on the development of a project focused on the improvement of the production process of a component in an organisation within the renewable energy industry. This study is based on the achievement of four objectives; the realisation of the VSM of the production system, the enabling of the identification and analysis of sources of waste, followed by the selection of lean tools to mitigate these and finally, the implementation and evaluation of proposed improvements.

A four-step action-research strategy was adopted, supported by a deductive approach, which was then characterised by an analysis of existing literature focusing on Lean Manufacturing and its tools, with subsequent practical application of the concepts studied. Research methods of structured observation, participant observation, unstructured interviews, brainstorming and focus groups were used for develop knowledge around the production process, as well as the identification of problems and improvement actions to solve them.

The realisation of this project enabled all difficulties encountered to be resolved, through the implementation of all improvement proposals. The evaluation of results was based on the analysis of three indicators: cycle time, well-being of employees and financial impacts. Cycle time was effectively reduced by 62.3%. The well-being of employees being improved also lead to an increase in satisfaction along with better working conditions and as a direct result a decrease in fatigue due to excess of movements performed. Lastly financially, this impact also leads to an average annual savings projection of, at least, 7.068€.

Due to the short time in which the internship was conducted, only one investigation-action cycle was addressed. The organisation itself was undergoing structural changes at various levels, which also resulted in another important limitation of the study. As a result of this, despite some actions being implemented, and recognised as fundamental in the generation of good impacts, they were not explored as deeply as they could have been.

Keywords Lean Manufacturing, Lean, Waste, Value Stream Mapping.

Índice

Índice de Figuras	ix
Índice de Tabelas	xi
Siglas	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Metodologia de Investigação	2
1.4. Estrutura da Dissertação	4
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	7
2.1. <i>Lean Manufacturing</i>	7
2.2. Ferramentas e Técnicas.....	11
2.2.1. <i>Value Stream Mapping</i>	11
2.2.2. <i>Kaizen</i>	13
2.2.3. 5S.....	15
2.2.4. <i>Standard Work</i>	16
2.2.5. Gestão Visual.....	19
2.2.6. <i>Jidoka</i>	19
2.2.7. <i>Kanban</i>	20
2.2.1. <i>Just-in-Time</i>	23
2.3. Sumário	24
3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO.....	27
3.1. Abordagem e Estratégia de Investigação	27
3.2. Recolha e Análise de Dados	30
4. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	33
4.1. Apresentação da Empresa	33
4.1.1. Siemens Gamesa Renewable Energy	33
4.1.2. Siemens Gamesa Renewable Energy Blades S.A	33
4.1.3. O Produto Final	34
4.2. Apresentação do Problema	35
4.3. Exposição da Situação <i>AS-IS</i>	36
4.3.1. Breve Descrição do Processo Produtivo.....	36
4.3.2. Mapeamento do Fluxo de Valor do Processo Produtivo	37
5. RESULTADOS	43
5.1. Identificação e Análise dos Problemas	43
5.2. Soluções Propostas e Plano de Ações.....	48
5.3. Implementação e Avaliação das Ações de Melhoria	54
6. CONCLUSÃO.....	83
6.1. Contributos Práticos.....	84

6.2. Limitações do Trabalho	84
6.3. Recomendações de Trabalho Futuro.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	87
APÊNDICE A – MODELO DE INSTRUÇÕES DE TRABALHO	93
APÊNDICE B – EXEMPLOS DE AJUDAS VISUAIS	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Cebola de Investigação	3
Figura 2 – Relação entre <i>Muda</i> , <i>Mura</i> e <i>Muri</i>	10
Figura 3 – Etapas do VSM	12
Figura 4 – Elementos da notação BPMN	18
Figura 5 – <i>Framework</i> de Investigação-Ação	29
Figura 6 – Constituintes da pá eólica	35
Figura 7 – Membros da equipa de desenvolvimento do VSM	38
Figura 8 – <i>Value Stream Mapping</i> do Estado Atual (AS-IS)	40
Figura 9 – Aplicação da ferramenta dos 5 <i>Whys</i>	47
Figura 10 – Fluxo de material	49
Figura 12 – Cronograma de implementação das ações de melhoria	54
Figura 13 – <i>Layout</i> do supermercado	55
Figura 14 – Modelação em BPMN do fluxo de peças com defeitos	58
Figura 15 – Localização da zona de retrabalho	60
Figura 16 – Caixa de material com defeitos para reparação.....	61
Figura 17 – <i>Layout</i> inicial da zona produtiva	63
Figura 18 – <i>Layout</i> alternativo para a zona produtiva	63
Figura 19 – Exemplo de introdução de conceitos ergonómicos	68
Figura 20 – Pigmentação da fibra.....	70
Figura 21 – <i>Gabarit</i> de medição fixo à máquina de secagem	71
Figura 22 – Verificação com recurso a laser	72
Figura 23 – Cronómetros ativos de duas peças	73
Figura 24 – Esquema da adaptação dos carros de repouso.....	74
Figura 25 – Exemplo de aplicação do <i>seiton</i>	76
Figura 26 – Exemplo de aplicação do <i>seiri</i>	76
Figura 27 – Exemplo de aplicação do <i>seiso</i>	77
Figura 28 – <i>Value Stream Mapping</i> do Estado Futuro (TO-BE).....	79

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Técnicas adotadas para a recolha de dados.....	4
Tabela 2 – Objetivos da recolha de dados e técnicas utilizadas	31
Tabela 3 – Identificação das Causas Raiz	48
Tabela 4 – Priorização das causas raiz e distribuição das propostas de melhoria.....	53
Tabela 5 – Comparação dos tempos de <i>setup</i>	57
Tabela 6 – Custos associados às peças rejeitadas nos meses em estudo	62
Tabela 7 – Comparação entre o <i>layout</i> inicial e o novo <i>layout</i>	64
Tabela 8 – Comparação da distância percorrida pelo Colaborador 1	65
Tabela 9 – Comparação da distância percorrida pelo Colaborador 2.....	66
Tabela 10 – Matriz RACI de divisão de responsabilidades.....	67
Tabela 11 – Tempo médio de execução de tarefas.....	69
Tabela 12 – Ações implementadas e respetivo impacto no processo.....	78

SIGLAS

BPMN – *Business Process Model and Notation*

CT – *Cycle Time*

FIFO – *First In First Out*

GAT – Grupo Autônomo de Trabalho

GUT – Gravidade, Urgência e Tendência

JIT – *Just-in-Time*

LD – *Lead Time*

LM – *Lean Manufacturing*

PDCA – *Plan-Do-Check-Act*

RACI – Responsável, Autoriza, Consultado e Informado

SG145 – Siemens Gamesa 145

SG155 – Siemens Gamesa 155

SG170 – Siemens Gamesa 170

SGB – Siemens Gamesa Renewable Energy Blades S.A.

TPS – *Toyota Production System*

TS1 – Tempo de *Setup* 1

TS2 – Tempo de *Setup* 2

VA – Valor Acrescentado

VSM – *Value Stream Mapping*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação é redigida no âmbito da realização do estágio curricular, na empresa Siemens Gamesa Renewable Energy Blades S.A., para obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial pelo Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Coimbra.

1.1. Contextualização

No decurso dos últimos anos a natureza competitiva das organizações tem sido moldada pelas grandes potências mundiais com poder de regular a oferta e a procura. O aumento da globalização e o constante desenvolvimento tecnológico tem culminado no crescimento da oferta disponível, resultando na interdependência da sobrevivência da organização e a capacidade de identificação de valor para o cliente, combinado com os métodos mais eficazes de operação e produção permitindo a obtenção de lucro nos mercados atuais (Alkhoraif et al., 2019).

Com foco na identificação e eliminação dos desperdícios e na adoção de processos eficientes de criação de valor, surge o *Lean Manufacturing*, capaz de auxiliar as organizações a manterem-se competitivas dentro dos mercados de atuação e com impacto a vários níveis internos, com o conseqüente aumento da produtividade, da satisfação do cliente, da velocidade dos processos e da redução dos custos associados (De et al., 2020). Pautada pela versatilidade, esta é uma filosofia capaz de ser adotada em diversos ambientes, organizações e contextos. Todavia, tal como a mesma advoga a procura da melhoria contínua dos processos, também os seus valores têm sido ajustados às preocupações atuais, na persecução de benefícios ambientais e sociais sustentáveis ao longo do tempo (Mohaghegh et al., 2021).

A adoção desta filosofia deve ser transversal a todos os níveis organizacionais, endereçando os vários fatores críticos de sucesso de modo a minimizar os obstáculos e promover uma prática plena. A falta de especialização, de planeamento, de compromisso da gestão de topo, de estratégia e a resistência à mudança surgem na literatura como as principais barreiras a uma abordagem *lean*, pelo que devem ser eficientemente colmatadas (Elkhairi et al., 2019).

A crescente preocupação pelo uso de energias renováveis, em detrimento de recursos naturais, tem levado a um aumento do número de organizações voltadas para o desenvolvimento de mecanismos capazes de transformar essa energia, nomeadamente a energia proveniente do vento (Chang et al., 2021). O projeto desenvolvido surge como o produto do trabalho realizado numa dessas organizações. No caso concreto, voltada para a produção de pás para turbinas eólicas.

A alteração no modelo de pás produzidas, pela Siemens Gamesa Renewable Energy Blades S.A. (SGB), conduziu à necessidade de produção de novos componentes, nomeadamente da peça em estudo denominada de *Bushing* e à introdução de uma nova linha de produção, sem antecedentes produtivos semelhantes na organização. Como expectável, pela juvenildade da área, foi possível a identificação de inúmeros problemas e respetivas causas raiz, por meio de um forte envolvimento com a área produtiva. Com o auxílio de ferramentas *lean* foi possível identificar ações de melhoria e atuar sobre os problemas, com foco na mitigação destes, segundo um plano de ações.

1.2. Objetivos

A necessidade de adaptação da capacidade fabril a novos projetos, incitou a implementação de novas formas de produção, bem como de componentes necessários à constituição do seu produto principal – pás eólicas.

Assim, a pergunta de investigação deste estudo é: “Como melhorar o processo produtivo dos *bushings* de forma a dar resposta às exigências dos dois tipos de modelos de pás?”. Com o intuito de responder à questão levantada, foram definidos os seguintes objetivos específicos de investigação:

- Objetivo 1: Realização do *Value Stream Mapping* do processo de produção dos *bushings*;
- Objetivo 2: Análise e identificação dos problemas e causas raiz;
- Objetivo 3: Seleção de ferramentas *lean* para a mitigação dos problemas identificados;
- Objetivo 4: Implementação e avaliação das melhorias propostas.

1.3. Metodologia de Investigação

A estruturação da metodologia de investigação utilizada para a redação da presente dissertação, teve por base a *framework* proposta por Saunders et al. (2016),

intitulada de *Research Onion*. O plano simples e completo apresentado pelo autor para a condução de uma investigação coerente e fundamentada, permitiu a persecução dos objetivos de investigação de forma clara e organizada, viabilizando responder à questão de investigação levantada. Na Figura 1, é possível identificar a adaptação da cebola de investigação ao caso em estudo.

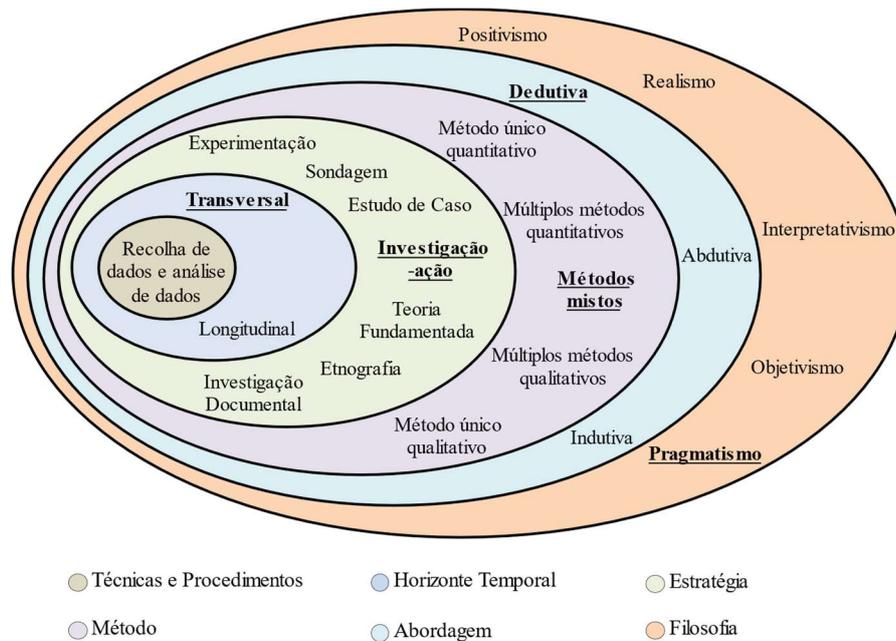


Figura 1 – Cebola de Investigação

[Fonte: Adaptado de Saunders et al. (2016)]

A adoção de uma abordagem dedutiva, alicerçada numa filosofia pragmática, resultou numa exaustiva análise da literatura existente com foco no *Lean Manufacturing* e na utilização de um leque de variadas ferramentas existentes dentro desta área de estudo. E posteriormente, na aplicação prática dos conceitos estudados. A natureza exploratória da pesquisa, permitiu um conhecimento profundo e o enquadramento da pergunta de investigação, propiciando uma pesquisa mais direcionada.

Seguiu-se uma estratégia de investigação-ação, apoiada na espiral de atividades apresentada por Saunders et al. (2016), onde são respeitadas quatro etapas principais: diagnóstico, planeamento, ação e avaliação; tendo sido concluído o primeiro ciclo de investigação-ação com este projeto e aberto caminho para a execução futura de mais ciclos.

A investigação foi conduzida num espaço temporal transversal, uma vez que compreendeu a duração do estágio curricular, tendo-se optado pelo método misto simples,

permitindo a combinação de dados quantitativos e qualitativos. Existiu a recolha de dados primários através do contacto significativo com o meio produtivo, e de dados secundários pela análise documental em matéria relacionada com o processo de transferência de tecnologia.

Recorreu-se a técnicas de observação estruturada para a recolha de dados quantitativos, como cronometragem do tempo de atividade e medição de distâncias. E a técnicas de observação participativa, entrevistas não estruturadas, *brainstorming* e *focus group*, para o auxílio da consolidação do conhecimento acerca do processo produtivo, bem como a identificação de dificuldades e oportunidades de melhoria junto de todos os envolvidos. A sumarização das técnicas adotadas para responder aos objetivos propostos pode ser analisada na Tabela 1.

Tabela 1 – Técnicas adotadas para a recolha de dados

Objetivos de Investigação	Técnica de Recolha de Dados
Objetivo 1: Realização do <i>Value Stream Mapping</i> do processo de produção dos <i>bushings</i>	Observação estruturada, Observação participativa, Entrevistas não estruturadas e <i>Brainstorming</i>
Objetivo 2: Análise e identificação dos problemas e causas raiz	Observação participativa, Entrevistas não estruturadas e <i>Brainstorming</i>
Objetivo 3: Seleção de ferramentas <i>lean</i> para a mitigação dos problemas identificados	<i>Focus Group</i> e <i>Brainstorming</i>
Objetivo 4: Implementação e avaliação das melhorias propostas	Observação estruturada. Observação participativa, Entrevistas não estruturadas e <i>Brainstorming</i>

1.4. Estrutura da Dissertação

A presente dissertação é apoiada em seis capítulos, que permitiram a caracterização detalhada de todos os momentos necessários ao seu desenvolvimento. O primeiro capítulo – Introdução – tem como propósito fornecer uma visão geral do âmbito do problema, através da formulação da pergunta de investigação que será o pilar de todo o processo de investigação e da definição dos objetivos específicos que permitirão responder à questão colocada. É também abordada a metodologia de investigação seguida e como a construção da mesma foi compreendida e por fim, a explicação de como este projeto está estruturado.

No segundo capítulo é realizado o Enquadramento Teórico, que permitiu a consolidação da base teórica necessária à posterior implementação prática dos conceitos assimilados. O escrutínio da literatura existente relevante ao tema em estudo, permitiu alcançar o estado de arte em matérias relacionadas com o *Lean Manufacturing*, bem como perceber quais são e como aplicar as ferramentas e técnicas de maior relevância dentro desta disciplina.

Seguidamente, é explorada a Metodologia de Investigação, no terceiro capítulo, que serviu de guião à pesquisa levada a cabo. A completa descrição permitiu a compreensão e fundamento da escolha da filosofia e abordagem adotada. Nesta fase foi ainda analisada a estratégia seguida no horizonte temporal definido e descrito o método de recolha de dados bem como, as técnicas utilizadas.

O quarto capítulo, Caracterização do Problema, apresenta inicialmente um carácter mais descritivo, uma vez que é realizada a apresentação do grupo em que a empresa onde decorreu o estágio curricular se insere, da própria organização e do produto final expedido. Seguidamente, e de forma minuciosa, é apresentado o problema inicial que está na origem deste trabalho, sendo explorado o *background* do problema e a peça alvo de estudo. Por fim, é conduzida a análise ao ambiente produtivo, permitindo perceber detalhadamente o processo de manufatura, de que forma o fluxo de valor foi mapeado e as partes envolvidas no procedimento. Nesta fase, o Objetivo 1 é concretizado.

No capítulo Resultados, são explorados pormenorizadamente todos os problemas identificados através do *Value Stream Mapping* realizado, que culminaram na identificação das causas raiz dos mesmos. São também propostas soluções para mitigar os problemas, conduzindo à criação de um plano de ações com base na priorização das causas raiz destes. Na reta final, as melhorias são implementadas e os impactos destas avaliados.

No último capítulo, Conclusão, expõem-se os contributos práticos do trabalho desenvolvido, analisando as limitações do mesmo.

Por fim, é proposto um conjunto de recomendações de trabalho futuro possível de ser conduzido tendo por base a utilização deste documento como ponto de partida.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A incessante evolução do mundo industrial tem conduzido à compilação de teorias e ferramentas provenientes de diferentes áreas de estudo, visando a adaptabilidade e sobrevivência das organizações a esta mudança.

Neste capítulo serão explorados os temas condutores do trabalho desenvolvido nesta dissertação. A concretização do estado de arte teve por base a identificação e análise de literatura científica relacionada com os temas em estudo.

2.1. *Lean Manufacturing*

O sucesso da manufatura japonesa, nomeadamente do *Toyota Production System* (TPS), levou ao surgimento do conceito *Lean* por volta dos anos 80. Em 1980, com a publicação de James P. Womack, intitulada de “The Machine That Changed the World”, esta filosofia (Sadiq et al., 2021) conquistou a notoriedade. E com esta, a formulação dos cinco princípios fundamentais – identificação do valor do produto na perspetiva do cliente, distinção do fluxo de valor, dos processos *core* e de suporte, promoção do fluxo de valor contínuo eliminando as fontes de desperdício, implementação um sistema *pull* no fornecedor iniciado pelo cliente-final e por fim, a procura da melhoria contínua e aperfeiçoamento do sistema (Hoellthaler et al., 2018).

A utilização de técnicas de *lean* e a combinação das mesmas tem-se revelado uma mais-valia nos meios produtivos, nomeadamente na redução do *cycle time*, na eliminação das atividades sem valor acrescentado e na criação de um ambiente de trabalho mais sadio e organizado. Também a produção é positivamente afetada, com o aumento da produtividade e a redução dos custos envolvidos (Henao et al., 2019). O sucesso na implementação do *Lean Manufacturing* (LM) está intrinsecamente associado a culturas organizacionais focadas nas pessoas, estruturalmente abertas, orientadas por normas e voltadas para o mercado. Enquanto, nas culturas pragmáticas com foco somente nos resultados as consequências não são promissoras (Cadden et al., 2020).

Uma visão mais holística, tendo por base diversos contextos e indústrias, afirma que a gestão do chão de fábrica e a gestão da qualidade são os principais impulsionadores

da utilização do LM e que os aspetos relacionados com a manufatura, a gestão de clientes e fornecedores e a gestão do trabalho são consequência destes (Yadav et al., 2020).

Tipos de Desperdícios

Várias são as formulações existentes na literatura quanto aos tipos de desperdícios existentes, bem como a sua origem. Vários autores debruçaram-se sobre a caracterização de desperdício e dividiram o conceito com base no meio envolvente e área de estudo. Apesar da definição e caracterização não ser consensual para todos os académicos, a identificação dos principais tipos de resíduos e a sua eliminação é unanimemente considerada o primeiro passo na implementação dos princípios do LM (Belvedere et al., 2019).

No ano de 1989, surge a tripartição do conceito de desperdício em *Muda* – referindo-se a todas as atividades sem valor acrescentado no processo –, *Mura* – pela ocorrência de flutuações no volume de produção, originando desequilíbrio no sistema –, e *Muri* – este último conceito como consequência direta do anterior, uma vez que os desequilíbrios originam sobrecargas quer dos colaboradores, ao nível físico e psicológico, quer dos equipamentos. Assim, estes três conceitos devem ser tratados em conjunto, uma vez que estão intimamente ligados entre si.

Em 1990, é introduzida a designação de desperdício, dividido em sete tipos:

- **Transporte**

Um *layout* fabril não apropriado ao tipo de produção ou uma disposição de equipamentos não adequada, pode gerar um excesso de transporte de materiais no meio produtivo.

- **Sobreprodução**

Consequência de uma produção em maiores quantidades do que aquelas que são necessárias ou como resultado de sistemas *push*, quando a produção é adiantada, dando origem a *stock* acumulado. Este tipo de desperdício é característica de sistemas produtivos com elevada variabilidade na procura, com tempos de *setup* excessivos entre tarefas ou com elevados níveis de *output* inconforme.

- **Sobreprocessamento**

Prende-se com a existência de um elevado número de atividades sem valor acrescentado no processo ou na persecução de níveis de qualidade despropositados

aos requisitos exigidos. Existe assim um desperdício dos recursos organizacionais, inflacionando os custos associados.

- **Defeitos**

Quando o produto não apresenta todos os parâmetros de conformidade necessários para poder ser entregue ao cliente. Nestas situações, a identificação pode ser feita antes do produto ser entregue, identificação interna, ou pelo próprio cliente, identificação externa, após o recebimento do pedido. Aqui, associam-se custos de retrabalho e de gestão de reclamações.

- **Inventário**

O desperdício ao nível do inventário pode ter diversas origens, como o excesso de produção – sobreprodução –, resultando no armazenamento de uma elevada quantidade de produto. Uma quantidade excessiva de matéria-prima armazenada, ou a acumulação de material entre tarefas na linha à espera de ser processado.

- **Movimento**

Associado ao movimento desnecessário por parte dos colaboradores – sem valor acrescentado –, na execução das tarefas levando a um aumento do tempo de ciclo. Pode ter origem no próprio posto de trabalho, com uma incorreta organização e disposição do mesmo, ou tal como no desperdício de transporte, pela existência de um *layout* fabril não adequado.

- **Espera**

Resulta do desperdício ao nível do tempo e pode ter origem nos colaboradores ou nas máquinas. Aqui, traduzem-se os tempos de espera associados ao tempo produtivo, ao *setup* de ferramentas, avarias, atrasos na produção ou espera de material.

Na Figura 2, é possível analisar a relação entre as diferentes caracterizações dos tipos de desperdícios existentes (Pienkowski, 2014).

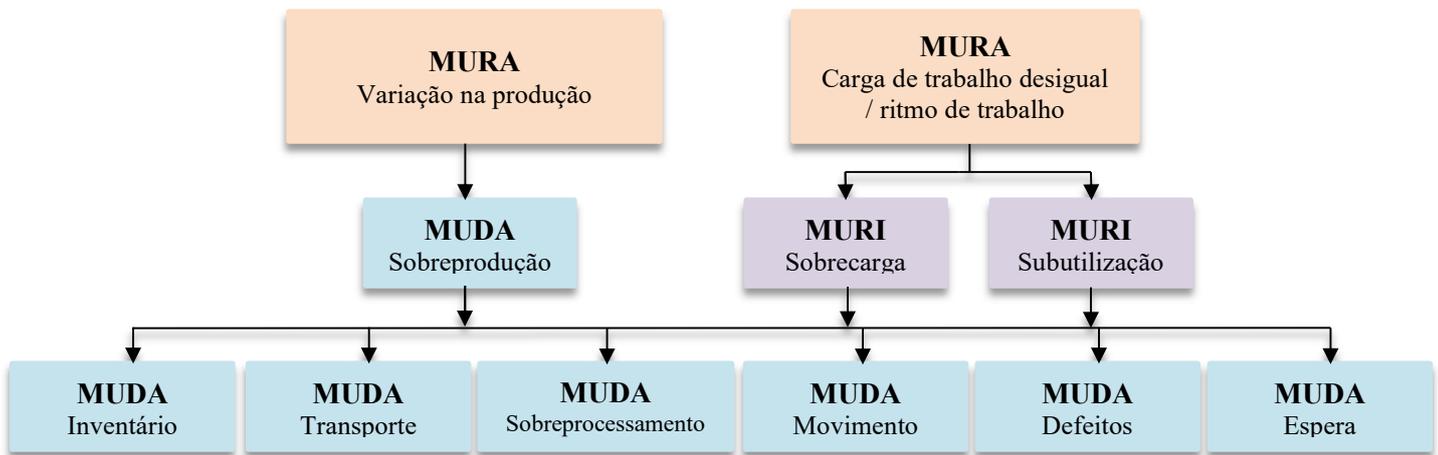


Figura 2 – Relação entre *Muda*, *Mura* e *Muri*

[Fonte: Adaptado de Pienkowski (2014)]

Aquando da introdução do TPS no mundo ocidental, definiu-se um oitavo desperdício – **Talento Não Aproveitado** –, o único que não está voltado somente para o processo produtivo, mas sim para a parte administrativa da organização. Ocorre quando não existe uma correta identificação do potencial dos colaboradores, ou simplesmente não é utilizado, levando a falhas na atribuição de tarefas, quer por falta de formação quer por falta de comunicação na equipa.

As principais consequências deste *muda*, é a perda de motivação, baixa criatividade e desconforto na partilha de ideias pelos envolvidos (Klein et al., 2021). O envolvimento dos colaboradores em todo o ecossistema *lean*, permitindo a partilha de experiências e conhecimentos, gera uma maior eficiência operacional. Pelo que uma correta identificação e no extremo a anulação deste desperdício, permite uma redução dos outros sete tipos descritos.

Assim sendo, o LM tem um papel preponderante na identificação e eliminação de qualquer atividade que falhe na criação de valor para o cliente, traduzindo-se em *mudas* no processo produtivo, afetando o fluxo de produção, os prazos de entrega, a qualidade e o custo (Jimenez et al., 2019). Em certos meios fabris, a existência de atividades sem valor acrescentado, pode compreender mais de noventa por cento da atividade organizacional, pelo que o objetivo deve ser direcionado para tornar o fluxo produtivo mais rápido e previsível (Sutharsan et al., 2020). Esta filosofia gera uma redução dos custos associados, aumento da eficiência e flexibilidade, além da maximização do valor gerado para os consumidores,

permitindo às organizações manterem-se competitivas e adaptarem-se às necessidades do mercado cada vez mais dinâmico e a clientes mais exigentes (Azevedo et al., 2019).

2.2. Ferramentas e Técnicas

Inúmeras são as ferramentas e técnicas existentes para auxiliar no diagnóstico do meio produtivo e implementação do LM de forma mais adequada, fazendo face às necessidades encontradas.

Dentro deste tema serão abordadas ferramentas como o VSM, permitindo a compreensão das etapas necessárias ao mapeamento do fluxo de valor do processo produtivo em análise. O estudo da filosofia *Kaizen*, propicia a familiarização com o conceito de implementação da melhoria contínua a todos os níveis do processo produtivo, com auxílio de ferramentas como os 5S e o *Standard Work*. O conhecimento do *Jidoka*, visa a procura de sistemas simples anti erro capazes de apoiar a realização das atividades produtivas, e o estudo do *Kanban* e dos seus elementos como forma de abastecimento das linhas de produção. Alicerçado no funcionamento do *Just-in-Time* (JIT) e dos sistemas *push* e *pull* existentes, possibilitando um maior entendimento do fluxo de material ao longo da cadeia de valor.

2.2.1. Value Stream Mapping

O VSM é uma ferramenta que permite obter uma visão geral de todo o processo produtivo, rastreando os fluxos de material e de informação desde o pedido realizado pelo cliente até à entrega do produto final. Assim, é possível visualizar a sequência de atividades permitindo a distinção entre as com e sem valor acrescentado, visando o aumento do tempo gasto nas primeiras e conseqüente aumento da eficiência de acordo com o valor para o cliente (Oliveira et al., 2020).

Rother e Shook (2003) apresentam quatro etapas principais para a correta implementação desta ferramenta, Figura 3. A primeira etapa deste mapeamento é a identificação da família de produtos, seguindo-se duas etapas principais: o desenho do estado atual, através da informação recolhida no chão de fábrica, e o desenho do estado futuro. De destacar o desenho do estado futuro, uma vez que para os autores o objetivo principal deve ser a projeção e a introdução de uma cadeia de valor *lean*, pelo que sem a projeção do estado futuro o mapeamento do estado atual não apresenta grandes vantagens. O desenho dos dois

estados resulta de esforços combinados, representados pelas setas de duplo sentido, uma vez que o esboço do estado atual permite idealizar o estado futuro e a realização deste último, identificar informação pertinente que tenha passado despercebida no desenho do estado atual.

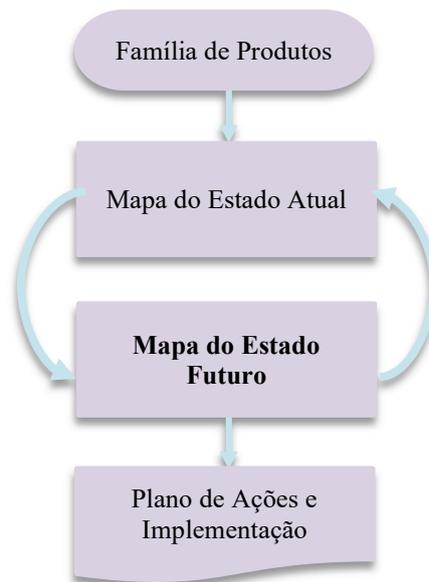


Figura 3 – Etapas do VSM

[Fonte: Adaptado de Rother & Shook (2003)]

A última etapa passa pela construção de um plano de ações e implementação do mesmo, de forma a alcançar o estado futuro desejado. Quando o estado futuro é atingido, um novo mapa deste estado deve ser desenhado garantindo a melhoria contínua do sistema. Para Wilson (2009), o VSM tem como propósito realçar as atividades sem valor acrescentado e com oportunidades de melhoria – designadas de eventos *kaizen* –, fazendo esta comunicação, para que possam ser priorizadas e as ações implementadas. Caso, a priorização e implementação não sejam concretizadas é gerado mais desperdício.

É importante que esta modelação seja realizada por indivíduos ativos e presentes no processo (Johansson e Nafisi, 2020), onde a concretização do primeiro estado deve ter por base as fontes de desperdício identificadas, enquanto o estado futuro deve ser projetado segundo as melhorias planeadas (Sundar et al., 2014).

É utilizada uma linguagem comum, através do recurso a símbolos, para uma fácil análise e entendimento das conexões do fluxo de materiais. Assim, esta metodologia permite a identificação de *bottlenecks* bem como, o registo de *lead times*, tempos de *setup* e outros indicadores, possibilitando visualizar com clareza o desempenho do sistema (Oliveira et al.,

2017). O VSM segue uma estrutura circular, pelo que um dos grandes desafios organizacionais, é que com a eliminação de desperdícios não sejam gerados outros, mantendo um ciclo de melhoria contínua.

Um estudo realizado por Romero e Arce (2017), verificou que esta metodologia tem sido amplamente utilizada na identificação de desperdícios, sendo os ligados à espera, inventário e sobreprodução os mais estudados e o sobreprocessamento o menos abordado. O autor identifica que em 44%, de 120 artigos analisados, o VSM é complementado com outras ferramentas *lean*, sendo as principais os eventos *kaizen* e a introdução de sistemas *pull*, e 62,5% recorre a ferramentas fora deste âmbito, aparecendo a simulação em primeiro lugar. A redução do *lead time* aparece como o principal indicador de performance estudado, tendo uma taxa de sucesso de 52,26%.

Zahraee et al. (2020) diz-nos que a principal vantagem do VSM é que permite a projeção de melhorias futuras e para Narke e Jayadeva (2020), passa por ser uma ferramenta capaz de perceber de que forma o fluxo de informação e material se processam ao longo do ciclo produtivo, permitindo uma visão alargada e não individual do processo.

Para Stadnicka e Litwin (2019), a principal desvantagem desta ferramenta prende-se com o facto de nem todos os problemas poderem ser facilmente identificáveis através do mapeamento, uma vez que se trata de uma representação estática do sistema produtivo modelado, sendo o aparecimento de problemas algo dinâmico. Sugere ainda que uma forma de contrariar isto é a utilização de sistemas dinâmicos com recurso à simulação.

2.2.2. Kaizen

Conceito popularizado na década de 50, traduz a melhoria contínua em todos os domínios, tanto no meio profissional e pessoal, e quando aplicado no local de trabalho aspira a participação de todos – desde a gestão de topo aos colaboradores –, melhorando os valores de produção tendo em conta parâmetros como a moral e a segurança dos envolvidos. A análise realizada por Carnerud et al. (2018) aos últimos trinta anos, permitiu evidenciar que o conceito de participação é uma questão-chave para a definição da metodologia, pelo que todos os colaboradores devem ter um papel no processo de melhoria e a mudança deve ser feita de baixo para cima. O envolvimento de todas as estruturas, promove uma comunicação mais transparente e ágil, aumentando os níveis de compromisso e aceitação da mudança.

Deste modo, é visada a eliminação dos desperdícios, privilegiando soluções pouco dispendiosas, fazendo uso da criatividade e motivação dos envolvidos para a melhoria dos sistemas e práticas laborais. Caracteriza-se por ser facilmente inserido em qualquer área

de negócio, desde meios industriais a serviços, por ser uma ferramenta simples e de objetivos concretos. Projeta a excelência organizacional pela qualidade, redução dos custos, aumento da produtividade e competitividade. Apesar de ser uma ferramenta bastante utilizada nas diversas áreas nas últimas décadas, Álvarez-García et al. (2018) aponta que só agora está a entrar na fase de maturidade, pelo ligeiro abrandamento da literatura disponível acerca deste tema nos últimos anos.

Os eventos *Kaizen* são cada vez mais utilizados por propiciarem ambientes sistemáticos aos *decision makers*, e por permitirem a implementação de projetos de melhoria num período de tempo mais curto. Vo et al. (2019), evidencia também, que esta metodologia permite a identificação de falhas de qualidade, lacunas no processo e fontes de desperdícios resultantes das operações de manufatura.

Ciclo Plan-Do-Check-Act (PDCA)

O Ciclo PDCA, é um método simples, mas com grande peso na implementação da melhoria contínua em diversas áreas, pela versatilidade que o caracterizam.

Da mesma forma que a prossecução da melhoria traduz a essência desta ferramenta, também a sua forma como a conhecemos hoje tem evoluído ao longo do tempo. Desde o “Shewhart Cycle”, apresentado por Walter Shewhart em 1939, adquirindo a forma de “Deming Wheel” pela reestruturação levada a cabo por Edwards Deming em 1950, até ao surgimento da interpretação japonesa do ciclo como o conhecemos hoje - “PDCA Cycle” em 1951 (Saier, 2017).

No primeiro estágio deste ciclo encontra-se o **Plan** – planear –, onde as medidas projetadas devem ir de encontro aos objetivos a serem concretizados, devendo existir primeiramente uma avaliação dos recursos disponíveis. É também importante a correta definição e distribuição de responsabilidades. O segundo passo, **Do** – fazer –, traduz a colocação do plano delineado em prática por toda a equipa. A execução da mudança deve ser acompanhada no terreno, e, é também, essencial a recolha de dados acerca dos impactos refletidos para que exista uma posterior análise dos mesmos. Além disso, a implementação deve ser introduzida em pequenos ciclos para que não prejudique o normal funcionamento de outras atividades e para que a viabilidade da mudança possa ser monitorizada e avaliada. O **Check** – verificar –, surge como o terceiro elemento desta ferramenta, e tem como finalidade o confronto entre os dados recolhidos e os objetivos definidos inicialmente. É assim feita a análise deste desvio, de forma que seja perceptível o nível de melhoria alcançado.

A última etapa é caracterizada pela ação, *Act*, onde, em concordância com os resultados obtidos nos passos anteriores, as melhorias podem ser adotadas – caso se tenham revelado positivas e, para isso, existe a formalização destas através de processos de normalização. Em contraste, na existência de resultados menos promissores, a equipa pode decidir rever e adaptar o processo de execução, levando à recolha de novos dados e consequente avaliação ou, em último caso, optar pelo abandono desta. Para qualquer um dos casos, devem ser registadas as lições aprendidas. Um segundo ciclo deve ser implementado, focado na standardização dos processos garantindo a melhoria contínua. Surge assim, o “Standard-Do-Check-Act”, a conjugação dos dois ciclos permite a evolução constante do sistema e o seu aperfeiçoamento (Backlund & Sundqvist, 2018).

2.2.3. 5S

Esta ferramenta nasceu no Japão, nos anos 80, e um dos autores apontados como pai desta trata-se de Hiroyuki Hirano, que a define como sendo uma das bases do JIT (Ranjith Kumar et al., 2021). A manufatura japonesa enfatiza esta técnica como uma estratégia de excelência organizacional, e que deve ser aplicada quer na vida profissional quer pessoal dos colaboradores. Já a cultura ocidental, apresenta uma visão mais pragmática reduzindo esta técnica apenas à organização do local de trabalho (Omogbai e Salonitis, 2017).

A denominação desta metodologia provém da consideração dos cinco sentidos principais, de origem japonesa:

- *Seiri* – senso de triagem, fazer a distinção entre o que é necessário no posto de trabalho e o que é prescindível. Eliminar a existência destes últimos;
- *Seiton* – senso de organização, tem a ver com a definição concreta e de fácil acesso do lugar devido para cada material no posto de trabalho;
- *Seiso* – senso de limpeza, manter o posto de trabalho limpo e asseado;
- *Seiketsu* – senso de padronização, definir standards e normas que permitam a contínua conservação dos três anteriores;
- *Shitsuke* – senso de disciplina, garantir o seguimento das regras estabelecidas ao nível da organização e manutenção do posto de trabalho.

Os autores, Omogbai e Salonitis (2017), estudaram as relações de causa e efeito, com recurso à simulação, do desempenho de um sistema de manufatura – sem implementação e com uma implementação parcial e total – em resposta à introdução dos 5S. Tendo como alvo o setor das embalagens sob encomenda, com elevada variabilidade da procura, o sistema

mostrou a ligação direta e inequívoca entre a implementação dos 5S com a melhoria do desempenho da organização, nomeadamente com a maior capacidade de resposta. Já no setor da produção de cabos para automóveis, é perceptível a correlação positiva entre a implementação e manutenção dos padrões dos 5S e os níveis de produtividade, e por outro lado, o aumento do desperdício de tempo e recursos, baixa qualidade dos produtos, problemas de segurança, atrasos nas entregas com a existência de meios desorganizados e ineficientes (Veres et al., 2018).

Na indústria metalomecânica, os resultados foram idênticos e os autores afirmam que à medida que os processos, principalmente os ligados à limpeza e organização, provenientes desta metodologia são executados, também o desempenho e a produtividade dos colaboradores são aprimorados. Isto porque, conforme explicam, os colaboradores têm maior facilidade em encontrar as ferramentas necessárias, sem erros, de forma mais ergonómica e segura, influenciando positivamente os níveis de contentamento dos mesmos e a comunicação interna na organização (Costa et al., 2018). Já Sangode (2018), estudou a perceção acerca da melhoria da eficiência por meio desta prática, em quatro tipos de setores – químico, industrial, agrícola e automóvel, através da realização de um questionário. O nível de eficiência mostrou-se mais elevado na industrial automóvel, e o *seiketsu* revelou-se o senso com maior influência na eficiência em todos os setores. O mesmo acontece no estudo levado a cabo por Sati e Adam (2019) aquando da análise do “S” com maior impacto na eficiência da implementação da metodologia. Azevedo et al. (2019) enfatiza a transversalidade dos benefícios associados, que variam da qualidade à higiene e segurança, e que o de maior destaque tem a ver com a disciplina obtida no meio produtivo.

2.2.4. Standard Work

O *standard work*, pode ser retratado como a padronização e normalização de todas as tarefas constituintes de um posto de trabalho, garantindo que são realizadas de igual forma por todos os colaboradores (Vieira et al., 2020), aumentando a rapidez e qualidade do trabalho (Koptak et al., 2017). Este método visa eliminar a variação e inconsistência dos resultados, instruindo a execução das atividades segundo procedimentos claramente definidos. Este objetivo pode ser alcançado definindo uma técnica ideal e garantindo o seu desempenho (Oliveira et al., 2017). Para além disso, os autores evidenciam alguns benefícios da utilização desta ferramenta, como a redução da variabilidade – permitindo a estabilidade e quantificação do trabalho –, a diminuição dos custos associados – pela redução dos desperdícios derivados de operações ineficientes –, o aumento da qualidade e do nível de

envolvimento dos colaboradores – pois o erro é associado ao sistema e não ao indivíduo, existindo um aumento da confiança destes e consequente desenvoltura na exposição de oportunidades de melhoria. Este método promove ainda a melhoria contínua dos projetos, pela introdução de padrões, tornando-os mais fáceis, rápidos e eficientes.

As consequências favoráveis desta metodologia podem ser corroboradas, pela redução do número de colaboradores, pela diminuição das discrepâncias no tempo necessário na execução das atividades em diferentes turnos (Antoniolli et al., 2017), pelo aumento do *overall equipment effectiveness* em 21% (Dias et al., 2019), e da maior capacidade de produção e eficiência da linha produtiva (Vieira et al., 2020).

BPMN

O *Business Process Model and Notation* (BPMN) possibilita a representação e análise de processos de forma mais simplificada, sendo várias vezes apontado na literatura como uma importante ferramenta na gestão e transmissão do conhecimento. Esta característica permite fundamentar a sua crescente notoriedade e importância no contexto organizacional, por permitir uma adaptação mais acelerada às exigências de um mercado em constante mudança, sustentando a vantagem competitiva (Salvadorinho e Teixeira, 2021). Possibilita assim, a aquisição e transferência de *know-how* entre colaboradores de forma mais compreensível e célere, uma vez que este nem sempre é um processo claro.

Ainda que uma das raízes do BPMN seja a engenharia industrial, este tem sido maioritariamente adotado – e como tal, providenciando resultados mais concretos – em setores onde o foco passa pelo fluxo de informação, ao invés de um fluxo físico (Erasmus et al., 2020). Para os autores, esta forma de modelação, deve ser encarada como uma perspetiva adicional à visualização e gestão de atividades nos sistemas de manufatura, sendo transversal a qualquer local e independente dos envolvidos. Como por exemplo, na relação com o VSM, uma vez que este último confere uma maior atenção à forma como o fluxo de informação e material se pronunciam, em detrimento da forma de execução e sequência das atividades. Os mapas resultantes permitem a visualização de conexões entre processos e sistemas, propiciando a identificação de lacunas e de processos passíveis de serem automatizados (Salvadorinho e Teixeira, 2021).

Na execução destes diagramas, podem ser distinguidas quatro categorias principais (Lodhi et al., 2011):

- **Objetos de Fluxo** - Usados para definir o processo, representam as atividades, *getaways* e eventos;
- **Objetos de Conexão** - Conectam os objetos de fluxo entre si por meio de setas com representações diferentes. Este conjunto básico de elementos define a perspectiva do fluxo de processos;
- **Swimlanes** - Fazem o agrupamento dos elementos do diagrama, onde a *pool* representa os participantes do processo enquanto as *lanes* fazem a divisão entres estes e as suas atividades;
- **Artefactos** - fornecem informações adicionais acerca do processo, como dados ou diretrizes para operações.

Na Figura 4, é possível observar a representação gráfica dos elementos identificado pelo autor.

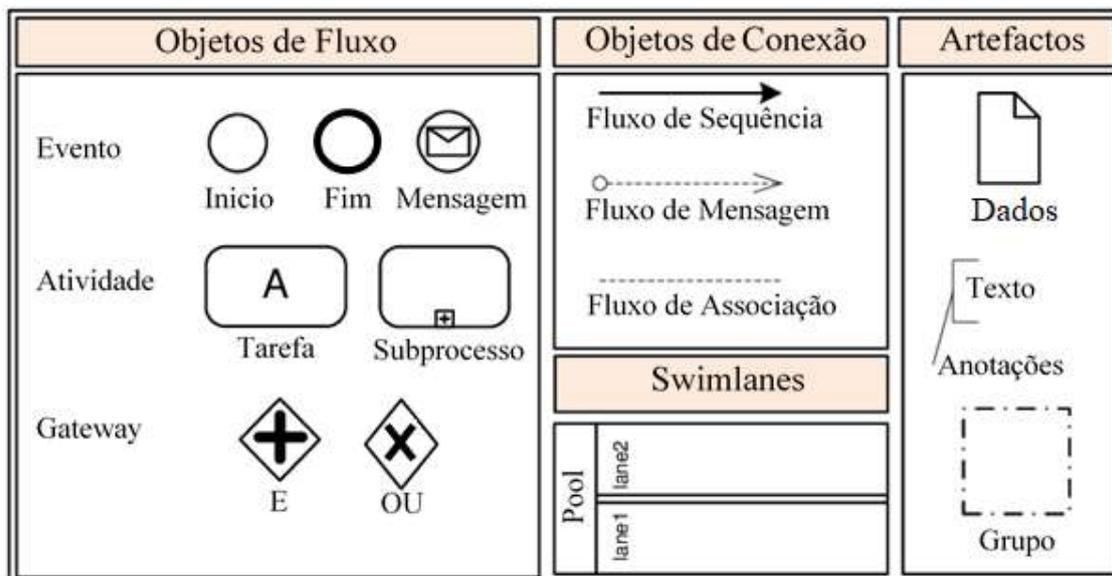


Figura 4 – Elementos da notação BPMN

[Fonte: Adaptado de Lodhi et al. (2011)]

Segundo Corradini et al. (2021), o BPMN, está atualmente a adquirir uma clara predominância entre as notações propostas para modelar processos de negócios, devido ao facto de apresentar:

- uma notação intuitiva e gráfica amplamente aceite pela indústria e academia;

- (ii) o suporte fornecido por um amplo espectro de ferramentas de modelagem.

2.2.5. Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta cujo propósito é transmitir as informações por meio de sinais visuais em alternativa a texto, facilitando o entendimento por todos os envolvidos, aprimorando o fluxo de informação e eliminando as barreiras ao entendimento deste (Singh e Kumar, 2021). Esta forma de comunicação deve ser projetada de modo a ser rapidamente interpretada e entendida, a fim de aumentar o valor e a clareza dos processos retratados. Também permite aumentar a consistência e transparência entre todos os níveis do projeto, podendo os desvios e anormalidades serem detetadas em fases iniciais, pela transferência de *targets*, padrões e especificações através destas representações visuais (Mayr et al., 2018).

Para Mayr et al. (2018), o nível de importância desta ferramenta aumenta de forma proporcional à quantidade de dados disponíveis no meio. Ademais, para a concretização deste sistema são necessárias duas funções, um transmissor – para gerar as informações visuais de gestão do sistema de produção – e um receptor das informações visualizadas (Murata, 2019). Através destes estímulos visuais o desempenho organizacional é melhorado, por serem meios de comunicação rápidos e intuitivos (Steenkamp et al., 2017), permitindo aos colaboradores fazerem a gestão do seu ambiente de trabalho, aumentando a autonomia na execução de tarefas e reduzindo a ocorrência de erros e desperdícios (Oliveira et al., 2017).

Vários sistemas visuais podem ser usados, como quadros de informações, marcação de espaço e instruções de trabalho (Ribeiro et al., 2019).

2.2.6. Jidoka

Esta é uma ferramenta que permite a detecção precoce de anomalias no sistema, evitando a propagação das mesmas ao longo do fluxo produtivo. Descreve um conjunto de princípios de design de sistemas de automação que visam separar a atividade humana dos ciclos da máquina, a fim de permitir que um único operador seja capaz de conduzir múltiplos equipamentos (Romero et al., 2019). Deste modo, a máquina tem a capacidade de parar, ou de ser parada, assim que alguma inconformidade seja detetada, possibilitando a intervenção

humana na identificação e resolução do problema ao nível das causas-raiz, evitando o surgimento do mesmo e consequente paragem de produção.

O autor descreve ainda a evolução desta metodologia em quatro gerações, sendo a primeira caracterizada pela utilização de dispositivos mecânicos, *Poka-Yokes*, capazes de identificar o estado indesejado ou anormal do sistema; uma segunda geração complementada pela adição de recursos de alarme visual e sonoro, sistemas *Andon*, capazes de alertar os envolvidos. O avanço da tecnologia permitiu o desenvolvimento de *software* e *hardware* capazes de não só detetar, mas apoiar no diagnóstico de falhas nos processos, por meio de sinais emitidos através de sensores analógicos e digitais ou listas de códigos de erros, por exemplo, caracterizando a terceira geração. E por fim, a quarta e atual geração, apoiado pela Indústria 4.0, com a evolução dos sistemas computacionais, através de sensores e atuadores, com recursos analíticos avançados capazes de detetar e diagnosticar precocemente problemas e, em alguns casos, corrigi-los atempadamente.

Um dos mecanismos de alerta mais popularizados, é o *Andon*, por se tratar de um sistema de informação visual luminoso, possibilitando o entendimento do estado atual da linha. Também, pela posição estratégica e de fácil visibilidade que deve ocupar, permite a identificação rápida do posto a ser assistido. A utilização do *Poka-Yoke* é também uma das práticas mais disseminadas, por se tratar de meios mecânicos que permitem a prevenção de falha humana de modo simples. Por ser um método descomplicado, a sua utilização não se limita ao meio produtivo, estando bastante presente no dia-a-dia.

2.2.7. Kanban

Com origem no dicionário japonês, a tradução de *Kanban* pode ser entendida como “sinal”, e é considerada uma ferramenta de melhoria contínua e de comunicação através de sinais visuais, que surgiu da necessidade de contrariar a crescente sobreprodução nas fábricas Toyota. Os cartões – ou qualquer outra forma de transmissão de informação entre processos –, refletem a necessidade de reposição no sistema promovendo o reabastecimento de materiais apenas quando necessário, por meio da receção e envio destes sinais (Oliveira et al., 2017).

Esta metodologia tem como foco a redução dos *stocks* existentes entre processos, reduzindo os custos associados. Além disso, permite uma maior fluidez de todo o processo e diminuição dos prazos de entrega.

Para Kesen e Sert (2020), é possível distinguir dois tipos de “cartões” *Kanban*:

- **Kanban de produção** - Solicita a ordem de produção de determinado processo, indicando as quantidades necessárias a produzir;
- **Kanban de transporte** - Indica a necessidade de produto a ser reabastecido de forma que o próximo processo produtivo seja executado.

Estes cartões podem ser inseridos em dois tipos de sistemas *Kanban*, com características distintas:

- **Sistema de um cartão** - Opção para quando a distância entre locais de trabalho é relativamente curta, podendo existir apenas um único *buffer* comum à entrada e saída de material do sistema. Este opera com base em *kanbans* de produção (Ongkowijoyo et al., 2020).
- **Sistema de dois cartões** - Sistema empregue quando existe uma elevada distância entre estações de trabalho, operando com *kanbans* de produção e transporte; o primeiro transmite o número de unidades a serem produzidas e o segundo, o número de unidades a serem retiradas. Este sistema utiliza duas zonas de *stock*, uma imediatamente antes do início da produção, para os *inputs*, e outra no final, para os *outputs* (Kesen e Sert, 2020).

Várias são as vantagens inerentes a esta ferramenta, nomeadamente a visualização mais facilitada do ciclo de produção ou reposição, a medição do *lead time* entre processos, a redução do desperdício associado à sobreprodução e inventário e o auxílio na prevenção de gargalos no sistema. Permite também, uma mais rápida difusão da informação dos problemas identificados ao longo da cadeia produtiva devido à interdependência entre processos.

Em contrapartida, a baixa adaptabilidade a sistemas voláteis com necessidade de grandes ajustes de produção é vista como uma característica negativa. Além disso, está fortemente dependente da inexistência de falhas no sistema – mantendo um número constante de cartões –, como perda de “cartões” ou erros na emissão de pedidos (Xanthopoulos et al., 2017). Já Powell (2018), relata que uma das maiores dificuldades à implementação do *kanban* passa pela excessiva atenção dada aos descendentes desta ferramenta, como os supermercados e fluxos de cartões, em desfavor da sua forma mais simples: o quadro *kanban*. Refere também a importância da atualização diária do sistema, como fator crítico de sucesso.

Os cartões devem conter um conjunto de informações essenciais ao bom funcionamento desta ferramenta, como, os dados do produto, condição do material, a quantidade e destino. Também é possível encontrar outras informações como, o desenho da peça, número de embalagens no lote, informações sobre o rastreamento das peças na unidade de produção, informações sobre embalagem e tratamento dos produtos (Dimitrescu et al., 2019).

Os sistemas *kanban* podem ser auxiliados por sistemas digitais – como o caso *eKanban* – de maneira a reduzir os tempos de resposta da logística interna, possibilitando a redução dos *stocks*, tornando-os mais flexíveis e conseqüentemente, conduzindo à diminuição do *lead time* (Hartmann et al., 2018). Estes sistemas digitais possibilitam a mitigação das desvantagens associadas ao comumente utilizado sistema *kanban* e abordadas anteriormente, como por exemplo, a perda de cartões. Além disso, os sistemas digitais apresentam-se como uma solução econômica e eficiente, permitindo a visibilidade e atualização de inventário em tempo real e uma maior noção das taxas de consumo face às planejadas, aumentando a responsabilidade do colaborador e a confiança deste no método. E, são também uma maneira rápida e fácil de envolver fornecedores externos evitando atrasos na comunicação.

Supermercado

Surge como uma adaptação do conceito baseado nos supermercados de bens de consumo à manufatura. Caracterizado como sendo um local de armazenamento de inventário, em zonas de acesso facilitado ou junto de linhas de produção proporcionando um abastecimento flexível e o transporte dos materiais entre os diferentes processos. Por meio desta política de alimentação é possível a redução de *stocks* junto das linhas produtivas, segundo Nourmohammadi et al. (2018). Considerando os atuais ambientes fabris mais complexos, os autores afirmam ainda que tem existido uma tendência crescente na utilização de supermercados para alimentação dos sistemas produtivos.

Os supermercados devem ser projetados de forma que o material seja rapidamente identificado, bem como os níveis de *stock* do mesmo. Permitem também, perceber qual o ritmo produtivo das linhas de produção com base no abastecimento das mesmas. Contudo, Zangaro et al. (2018), consideram que estes postos devem ter em consideração o gasto energético associado às funções de *picking*, com o intuito de promover a redução do desconforto ergonômico. Uma correta organização e identificação da matéria-prima no

supermercado também se torna crucial ao bom funcionamento do mesmo e, por exemplo, à redução dos tempos associados ao *changeover*, como analisado por Pena et al. (2020).

2.2.1. Just-in-Time

O JIT é um sistema de gestão de operações apontado como um dos pilares da filosofia *lean*. A adoção desta ferramenta subentende a existência de um sistema *pull*, onde os processos são ativados somente quando os processos a seguir necessitem, obtendo-se o pretendido apenas na quantidade e no tempo desejado (Ferreira et al., 2019). Desta forma, é evitado o desperdício ao nível dos inventários, reduzindo-os para os níveis mais baixos possíveis (Lyu et al., 2020), promovendo a diminuição do *work in progress* e ainda dos custos associados à necessidade de áreas de trabalho de maiores dimensões.

A maior desvantagem desta metodologia prende-se com a elevada dependência em relação aos fornecedores (Muchaendepi et al., 2019), uma vez que não pode existir rotura ao nível do abastecimento de matérias-primas, com risco de paragem de produção e consequente incumprimentos dos prazos de entrega, pelo que devem ser fomentadas relações estreitas com os mesmos. Assim, Bhushan et al. (2017) declara que esta não é apenas uma ferramenta de contenção de custos mas de obtenção de vantagem competitiva.

Sistemas Push vs Pull

O controlo da produção é um tema ainda bastante discutido pela dificuldade associada à escolha da abordagem mais correta e que melhor se adequa ao meio produtivo organizacional.

As duas abordagens tradicionais mais utilizadas são ainda o sistema *push* e o sistema *pull*, diferenciadas pela forma como as ordens de fabrico são calendarizadas e se há ou não um conhecimento das necessidades concretas do cliente.

O sistema *push* é caracterizado por produzir com base em previsões acerca da procura que determinado material terá no mercado. Tal como o próprio nome indica, os produtos são “empurrados” até ao cliente. Em linhas produtivas, este sistema incentiva a produção de componentes sem que a operação seguinte necessite.

Esta abordagem propicia o desperdício ao nível de inventários e a existência de materiais obsoletos com grande expressão, levando ao aumento dos custos de *stock*, e, também, pela vicissitude associada às previsões de mercado. A maior vantagem prende-se com uma capacidade de resposta elevada, ainda que com baixa flexibilidade.

O sistema *pull* tem como base uma ordem concreta emitida pelo cliente – o “puxar” da produção – desencadeando a produção por parte do último processo na cadeia de valor, que da sua parte desencadeia o processo imediatamente antes e assim sucessivamente. Deste modo, é apenas produzido o que é estritamente necessário.

Assim, a adoção deste sistema permite a redução dos *stocks* existentes e o aumento da flexibilidade de resposta ao cliente, em mercados em mudança. Incentiva também a produção em lotes menores, a sincronização de toda a cadeia de abastecimento, *lead times* curtos e um fluxo contínuo de produção e informação (Ribeiro et al., 2019).

A abordagem utilizada deve ser aquela que melhor refletir as necessidades operacionais, pelo que uma adoção conjunta das duas abordagens é possível e recomendada, desde que exista um equilíbrio entre as vantagens de uma e outra. Por exemplo, a utilização de um sistema *push* para a redução dos tempos de ciclo, combinado com um sistema *pull* para a diminuição do *lead time*.

2.3. Sumário

O enquadramento teórico desenvolvido permitiu compreender que o conceito de *Lean*, apesar de não ser recente na literatura, continua em constante evolução alicerçado no surgimento de novas técnicas e aperfeiçoamento das já existentes, apoiadas no desenvolvimento tecnológico e pela preocupação em questões recentes tal como a ergonomia e o envolvimento do indivíduo independentemente da posição na organização.

A gestão do chão de fábrica e a gestão da qualidade, aparecem com um papel de destaque no contributo ao surgimento de ferramentas aptas à implementação do LM. A notória relevância do conceito de participação dos colaboradores em todo o processo produtivo, como forma de agilizar e viabilizar a implementação destas ferramentas com sucesso, e o papel dos fornecedores na concretização de um sistema *pull*. A existência de uma panóplia diversificada de ferramentas e técnicas permite a aplicação do *lean manufacturing* a qualquer tipo de indústria ou serviços, sendo a criatividade e participação os *assets* de maior importância.

A evolução das ferramentas e técnicas é possível ser observada em diversas circunstâncias, como por exemplo pela utilização da simulação conferindo dinamismo, aos outrora estáticos, mapas do fluxo de valor. A crescente utilização de notações, como o caso do BPMN, para suportar a standardização dentro das organizações, através da representação gráfica dos vários processos com recurso a ícones padrão, facilitando a compreensão dos

mesmos e a transferência de conhecimentos entre qualquer indivíduo familiarizado com a terminologia. A evolução dos sistemas *Jidoka*, desde os *poka-yokes* mecânicos, capazes de alertar para tarefas executadas de modo errado, a sistemas complexos de previsão de falhas e correção destas, antes mesmo de acontecerem. Ou ainda, a introdução de sistemas digitais, como o *eKanban* permitindo a comunicação em tempo real entre as organizações e os fornecedores, bem como a difusão de informação de maneira mais célere e a combinação de sistemas *push* e *pull* de forma a reduzir o tempo de ciclo e o *lead time*, respetivamente.

Porém, a forma mais simples e quase primitiva destas ferramentas não deve ser desconsiderada, uma vez que os seus benefícios estão bastante explorados na literatura e como tal, apresentam-se como bastante valorizáveis. Como é o caso do quadro *Kanban*, a utilização dos 5S para o controlo e disciplina do meio produtivo, preservando atributos simples, mas com elevado impacto, como a limpeza e a padronização. A implementação de um segundo ciclo de PDCA, garantindo a contínua evolução do sistema, ou a utilização da gestão visual sobre a forma de sinais visuais, facilitando o entendimento de realização das atividades de maneira mais fidedigna.

Deste modo, o *Lean Manufacturing* pode ser entendido como uma filosofia focada na eliminação dos desperdícios, através da distinção entre os vários tipos de atividades com base no seu valor para o cliente, privilegiando soluções acessíveis financeiramente e o envolvimento de todos os colaboradores permitindo o ganho de vantagem competitiva no mercado em que a organização se insere.

3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

No presente capítulo é descrita a metodologia de investigação utilizada para a concretização dos objetivos definidos, de forma a dar resposta à questão de investigação levantada. Será explicado o porquê da filosofia e abordagem seguida, bem como a estratégia de investigação adotada. Por fim, é feita uma descrição da forma como os dados foram recolhidos e quais as técnicas utilizadas para o efeito, no horizonte temporal estipulado.

Para Melnikovas (2018), a metodologia tem como objetivo delinear a maneira como a pesquisa deve ser realizada. Inclui um sistema de crenças e suposições filosóficas que moldam a compreensão das questões de investigação colocadas e ajudam na sustentação da escolha dos métodos de pesquisa, garantindo a consistência entre as ferramentas escolhidas, técnicas e a filosofia subjacente.

A estruturação do plano de investigação teve na sua base a *framework* apresentada por Saunders, denominado de *Research Onion*. Esta *framework* é constituída por seis camadas, sendo que a capacidade de resposta a cada uma destas resulta na condução de uma investigação robusta e coerente.

3.1. Abordagem e Estratégia de Investigação

A concretização da metodologia de investigação teve por base o Pragmatismo como filosofia mãe, por ter na sua génese um conjunto de princípios concordantes com a postura que, no entendimento do autor, se adequa à persecução dos objetivos pretendidos com esta dissertação. O pragmatismo pode ser entendido como uma doutrina que visa a combinação da pesquisa de informação com a aplicação prática da mesma, dando ênfase ao entendimento do problema em detrimento do método, recaindo a escolha do mesmo com aquele que melhor se adequa à finalidade (Izu et al., 2020). O método misto, através da conjugação de variadas técnicas e procedimentos, recolha de dados quer quantitativos, quer qualitativos – é o método adotado e que será explorado posteriormente neste capítulo com maior detalhe.

Assumiu-se uma abordagem dedutiva, dividida em dois momentos: um primeiro, focado numa exaustiva revisão da literatura já existente de temas pertinentes à resolução da pergunta de investigação colocada. No caso concreto, teorias ligadas ao *Lean Manufacturing*

e as suas principais ferramentas. Um segundo momento, caracterizado pela aplicação dos conceitos e técnicas estudadas no meio organizacional específico.

A natureza exploratória da pesquisa levada a cabo, permitiu o desenvolvimento de um maior entendimento acerca do problema levantado, propiciando uma maior definição e domínio da área de estudo em que se insere. É assim perspectivada uma maior compreensão acerca da pergunta de investigação, permitindo perceber com maior clareza a natureza desta, familiarizando-se com os temas envolventes e de maneira que a investigação subsequente, possa ser realizada com maior precisão e entendimento.

Para a construção do enquadramento teórico, recorreu-se a bases de dados tais como, o *ScienceDirect*, *Emerald*, *ResearchGate* e o *Google Scholar*. Para o acesso a informação pertinente e dentro dos temas em estudo, foram utilizadas diferentes palavras-chave como “*lean*”, “*lean manufacturing*”, numa perspetiva mais geral, e quando necessário com maior especificidade, como por exemplo, “*supply chain supermarket*”. Foi também definido o período temporal no qual a pesquisa deveria estar inserida, tendo sido considerados os últimos cinco anos, ou seja, desde 2017 a 2021. Num total de 73 referências bibliográficas, foi possível assegurar uma revisão alicerçada em informação recente, com cerca de 90% das referências concordantes com esta premissa. Os restantes 10%, traduzem artigos considerados relevantes e como tal imprescindíveis, pelo que mesmo não respeitando o período temporal foram utilizados.

Estratégia de Investigação

A estratégia de investigação utilizada prende-se com a investigação-ação. Este é um método utilizado por excelência quando o objetivo é explorar a teoria em relação à prática, enfatizando o conhecimento produzido no contexto de aplicação, nomeadamente no meio organizacional, por ser rico em dados importantes acerca do comportamento dos colaboradores e sobre os métodos utilizados por estes, quando existe a necessidade de intervir (Eden e Ackermann, 2018). Seguiu-se a *framework* proposta por Saunders et al. (2016), denominada de *Action Research Spiral*, onde cada ciclo é caracterizado por quatro etapas principais – diagnóstico, planeamento, ação e avaliação. A realização de cada ciclo visa dar resposta a um objetivo concreto, como a identificação dos problemas – primeiro ciclo –, compreensão do cliente e do projeto – segundo ciclo –, e agir com base no conhecimento – terceiro ciclo.

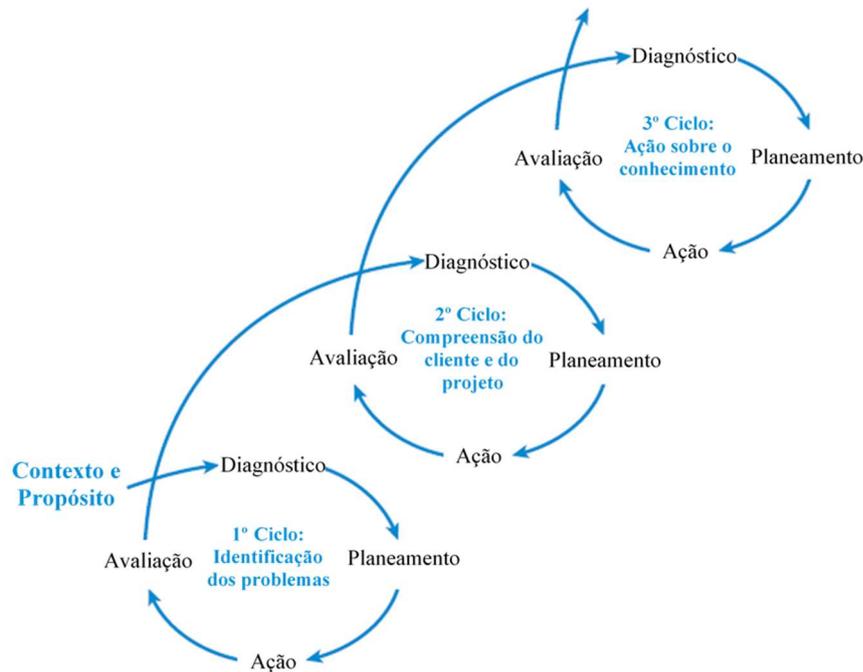


Figura 5 – Framework de Investigação-Ação

[Fonte: Adaptado de Saunders et al. (2016)]

A concretização da primeira etapa, diagnóstico, iniciou-se com a caracterização do problema em estudo, conduzindo à formulação da pergunta de investigação e conceção dos objetivos da dissertação e a recolha de informação e dados, através da análise do meio envolvente, permitiu identificar os principais focos de intervenção. A segunda etapa, planeamento, deu-se através do desenho de um plano de ações de forma a mitigar os problemas identificados com recurso a ferramentas *lean*. A ação, teve lugar com a implementação das melhorias propostas tendo sido, por fim, feita uma avaliação do impacto das mesmas no sistema, de forma a ser possível analisar os benefícios concretos para a organização.

Esta é uma estratégia de ciclos de atividade em espiral, realizada por elementos inseridos no contexto (Elg et al., 2020), onde as descobertas iniciais refletem oportunidades de melhoria nos ciclos seguintes, e como tal devem ser executados mais do que um ciclo de investigação-ação, contudo e devido ao curto espaço de tempo em que o estágio foi conduzido, apenas o primeiro ciclo foi conduzido. Ainda assim, foi possível fazer o fecho do mesmo, resultando num conjunto de observações devidamente documentadas e em propostas de trabalho futuro que poderão servir de base à realização de um segundo ou mais ciclos de investigação-ação.

3.2. Recolha e Análise de Dados

A investigação levada a cabo seguiu um horizonte temporal transversal, uma vez que compreendeu um período de tempo definido e relativamente curto de apenas cinco meses, o tempo estipulado para a ocorrência do estágio. Deste modo foi possível realizar a comparação do estado atual, registado num determinado momento, com o impacto gerado pela implementação das melhorias. Como referido anteriormente, e alicerçado na filosofia seguida, recorreu-se ao método misto simples com base na recolha de dados primários e secundários. Estes últimos, com menor expressão, resumindo-se à análise de documentos relativos ao processo de produção e de transferência de tecnologia, acedidos na base de dados da organização.

A recolha de dados quantitativos teve por base técnicas de observação estruturada – com o propósito da observação definido – permitindo um maior conhecimento no tempo despendido e distâncias percorridas. Esta técnica foi utilizada com recurso a filmagens, permitindo a quantificação do tempo de realização de cada atividade, a medição das distâncias percorridas no meio produtivo e pela cronometragem de algumas atividades após a implementação de melhorias.

A recolha de dados qualitativos, ocorreu através de técnicas de observação participativa e entrevistas não estruturadas. A técnica de observação participativa, permitiu ao autor e também observador, um maior envolvimento com o grupo de trabalho, colocando-se numa posição de pertença ao mesmo, tendo uma visão real dos acontecimentos e conseqüentemente, um conhecimento significativo de todo o sistema produtivo. Possibilitando assim a realização de um diagnóstico fidedigno e completo ao meio envolvente. As entrevistas não estruturadas, permitiram perceber quais as maiores dificuldades sentidas pelos colaboradores, bem como a sua perceção e avaliação em relação ao sistema produtivo, assim como possíveis fontes de melhoria na ótica destes. Esta técnica mostrou-se bastante eficaz na recolha de informação do ponto de vista do colaborador, uma vez que a colocação de questões não estruturadas permitiu um maior à vontade e assim, respostas ilustrativas da realidade.

O recurso ao *brainstorming* e *focus group*, revelaram-se técnicas com um papel preponderante na condução da investigação, determinando a calendarização e sequência das atividades necessárias. Existiu um momento informal de *brainstorming*, aquando de uma

das reuniões semanais permitindo a adição de *inputs* e consequente validação do VSM realizado. Um segundo momento de utilização desta técnica, ocorreu numa outra reunião, permitindo a implementação da ferramenta dos *5 Whys* e consequente determinação da causa raiz dos problemas encontrados e a motivação de ações de melhoria. Apesar do tempo escasso da equipa responsável pela implementação da zona produtiva, foi possível agendar um *focus group*, focado na análise das soluções propostas pelo autor às causas raiz identificadas e a priorização destas, seguindo-se a construção do plano de ações. Claro que a técnica de *brainstorming* esteve também presente durante toda a reunião, pela discussão das ideias, avaliação das causas raiz e distribuição das ações de melhoria propostas. Na Tabela 2, é possível analisar o propósito bem como as técnicas utilizadas na recolha de dados.

Tabela 2 – Objetivos da recolha de dados e técnicas utilizadas

Propósito	Técnica de Recolha de Dados	Tipo de Dados
Cronometrar tempos de realização de tarefas e medir distâncias percorridas	Observação estruturada	Dados quantitativos
Conhecimento aprofundado do processo e levantamento de problemas	Observação participativa	Dados qualitativos
	Entrevistas não estruturadas	
Construção e validação do VSM	Brainstorming	
Identificação da causa raiz dos problemas		
Validação das soluções propostas e construção do plano de ações	<i>Focus Group</i> e <i>Brainstorming</i>	

4. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O quarto capítulo pretende realizar o enquadramento organizacional bem como, a descrição detalhada do problema que servirá de objeto de estudo para o desenvolvimento da presente dissertação. Nesta capítulo é dada resposta ao Objetivo 1 – “Realização do *Value Stream Mapping* do processo de produção dos *bushings*”.

4.1. Apresentação da Empresa

4.1.1. Siemens Gamesa Renewable Energy

O Grupo Siemens Gamesa Renewable Energy nasceu em 2017, com a fusão da Siemens Wind Power e da Gamesa, dois grandes *players* na indústria eólica. Com sede em Zamudio, Espanha, o grupo está presente em mais de 90 países e apresenta três áreas de atuação no mercado – produção *onshore*, *offshore* e serviços.

O termo *onshore* refere-se a turbinas eólicas localizadas em terra e *offshore* em meio aquático. Já os serviços, contemplam a manutenção e instalação das turbinas eólicas e componentes. Trata-se de um grupo que se encontra na primeira posição mundial do mercado *offshore*, a terceira posição no mercado *onshore* e a segunda posição ao nível dos serviços relacionados à indústria eólica.

A Siemens Gamesa é um fornecedor a nível global e conta com mais de 26 000 trabalhadores, tendo em 2020 apresentado uma receita anual de 9,5 mil milhões de euros.

4.1.2. Siemens Gamesa Renewable Energy Blades S.A

A Siemens Gamesa Renewable Energy Blades S.A. (SGB), foi fundada no ano de 2007 em Vagos na sequência da concessão, ao consórcio Ventinveste, do concurso público internacional promovido pelo governo português. Dois anos após se tornar entidade empresarial, dá início à construção das instalações fabris e ao recrutamento dos primeiros colaboradores. Decorria o ano 2010 quando foi concluída a produção da primeira pá eólica, com uma dimensão de 45,2 metros.

A fábrica possui uma localização estratégica, com uma entrada direta para a autoestrada permitindo uma expedição mais facilitada e rápida das pás. Em 2015, adquire

outra característica única a nível nacional, com a implementação da maior turbina eólica *onshore* dentro do seu perímetro industrial; a energia gerada é agora utilizada para autoconsumo e distribuída na rede pública sempre que possível.

Em outubro de 2019, a empresa, inicialmente denominada de Ria Blades, é adquirida pelo grupo Siemens Gamesa Renewable Energy após a insolvência do antigo detentor, o grupo alemão Senvion, e como tal o domínio desta é substituído para SGB. Neste momento a empresa conta com mais de mil colaboradores, distribuídos por dez departamentos. Esta labora 24 horas por dia, sete dias por semana e em três turnos. A unidade fabril apresenta uma organização hierárquica – constituída por um diretor geral, com uma gestão orientada com a casa-mãe, e dez departamentos, cada um coordenado por um diretor e complementado por uma equipa.

Focada unicamente na produção de pás para turbinas eólicas *onshore*, desde o início de produção, a SGB já construiu mais de 9 modelos de pás diferentes. Estando neste momento a fabricar três tipos de modelos: Siemens Gamesa 145 (SG145), o Siemens Gamesa 155 (SG155) e o Siemens Gamesa 170 (SG170).

Em fevereiro de 2021, foi expedida a maior pá eólica construída na Península Ibérica com 84 metros, pertencente ao projeto SG170.

4.1.3. O Produto Final

Uma turbina eólica tem como principal função a transformação da energia cinética proveniente da força do vento em energia elétrica, que por fim é convertida em eletricidade. Podem ser identificados cinco componentes principais responsáveis por este sistema, são estes: as pás – um conjunto de três pás encarregues de captar a energia do vento –, estas por sua vez giram em torno do *hub* – conversor de energia cinética em energia mecânica. Este encontra-se ligado à nacele, responsável por proteger o gerador – aqui dá-se a conversão da energia mecânica em elétrica. E a torre, que suporta todos estes componentes e garante a estabilidade do sistema.

As pás eólicas podem ser consideradas os principais elementos de um aerogerador, pois são estas que iniciam todo o ciclo produtivo. As pás produzidas na SGB, são fabricadas em materiais compósitos, através da combinação de fibras de vidro e resinas, que juntamente com a forma atribuída, conferem o aerodinamismo e resistência necessária. Estas são constituídas por duas *Shells* que formam a estrutura exterior e concedem forma, e por componentes internos – as *Webs*, que servem de elemento de ligação entre estas estruturas, as *Caps* que aumentam a resistência e a superfície de colagem entre os elementos,

e as *Semi Roots*, que permitem a ligação da pá ao *hub*. Estes componentes internos, também podem ser denominados por pré-fabricados (*pré-fabs*) e podem ser visualizados na Figura 6.

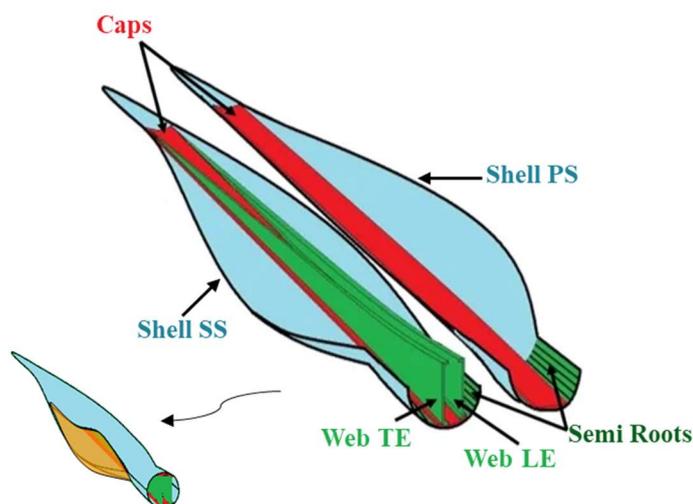


Figura 6 – Constituintes da pá eólica

4.2. Apresentação do Problema

Com a aquisição da empresa Ria Blades pelo grupo Siemens Gamesa, surgiram também novos desafios. Um destes, a condução de novos projetos, tais como o SG155 e o SG170. Em sua parte, estes projetos requerem também a introdução de novos componentes na sua fabricação, tal como a peça em estudo que será analisada de seguida.

Outrora os *bushings* eram adquiridos a empresas concorrentes que tinham a tecnologia necessária à sua produção. Contudo, devido aos elevados custos associados à sua aquisição, bem como a perdas por material danificado – uma vez que estas peças apresentam elevada fragilidade na zona da espuma –, surgiu a necessidade de começarem a ser produzidos internamente. Para dar início a este processo produtivo, existiu previamente todo o procedimento de transferência de tecnologia entre empresas.

Por ser uma área recente na organização e por, até então, não existir um processo produtivo semelhante, sabe-se, com base na experiência da equipa responsável pela produção desta peça, que o sistema produtivo é passível de ser melhorado. No entanto não existiu até ao momento uma análise focada na identificação dos problemas existentes, de forma a perceber se o comportamento da linha é sustentável ou se pode ser efetivamente melhorado, e qual a extensão dos problemas e o seu impacto no processo produtivo.

A Peça em Estudo

O foco do presente trabalho prende-se com a análise e implementação de melhorias na área produtiva dos *bushings*. O *bushing* é uma peça que visa dar estabilidade e garantir uma maior resistência da zona das *Root Joints*.

Apenas as pás de maiores dimensões, como as do modelo SG155 e do modelo SG170, são incorporadas com estas peças. Numa pá do modelo SG155, são colocados 54 *bushings* por *Shell* perfazendo um total de 108 peças deste tipo; e uma pá do modelo SG170 apresenta 65 *bushings* por *Shell*, com um total de 130 peças. O *bushing* é constituído por uma parte metálica – inserto metálico – e um cone de espuma. Estes dois elementos são colados com um adesivo de poliuretano com alto poder de fixação e resistência, e posteriormente este conjunto é enrolado com dois tipos de fibra de vidro – Fibra Tipo A e de seguida pela Fibra Tipo B.

4.3. Exposição da Situação AS-IS

Perspetivando um maior conhecimento de todo o processo produtivo, desde o pedido do cliente até à entrega do produto final recorreu-se à utilização da ferramenta VSM. O início do desenho do estado atual do sistema produtivo em estudo, deu-se através da classificação da família de produtos.

4.3.1. Breve Descrição do Processo Produtivo

O processo de produção dos *bushings* pode ser caracterizado em quatro principais processos: colagem, secagem, *winding* e embalagem.

O primeiro processo a ter lugar é a colagem, onde o colaborador é responsável pela junção de três elementos: o inserto metálico, o cone de espuma e o *plug* de borracha. O colaborador coloca dentro do inserto metálico o *plug* de borracha e de seguida coloca a cola; fazendo isto em grupos de dez insertos.

De seguida espalha a cola e junta o cone de espuma, colocando o inserto logo na máquina de secagem. Aqui a peça tem de permanecer durante dez minutos, de forma a garantir que a cola reagiu convenientemente e os componentes ficaram colados. É de notar que a máquina de secagem tem capacidade para dez peças em simultâneo.

Após o devido tempo de espera, as peças são colocadas num carro de repouso com capacidade para 49 unidades deste tipo. Aqui, a peça tem de repousar obrigatoriamente durante, pelo menos, 30 minutos.

Seguidamente passam para o processo de *winding*, aqui o colaborador tem a função de colocar a peça na máquina para que esta receba a primeira camada de Fibra Tipo A. No final deste ciclo, está pronta para receber a camada de Fibra Tipo B. É importante salientar que esta fase é composta por duas máquinas de *winding*, pelo que são produzidos dois *bushings* simultaneamente.

Por fim, o colaborador, dependendo se se trata de uma caixa para satisfazer uma *Semi Root* SG155 ou SG170, tem de ter atenção à quantidade de *bushings* embalados na mesma.

4.3.2. Mapeamento do Fluxo de Valor do Processo Produtivo

Na organização, os *bushings* são as únicas peças complementares à pá que são produzidos numa linha de produção única, à parte do restante processo produtivo destas. Pelo que, mais nenhum elemento utilizado apresenta semelhanças produtivas e como tal, é possível considerar que estes não pertencem a nenhuma família de produtos. Além disso, por ser um processo novo e sem antecedentes na empresa, está mais suscetível ao aparecimento de fontes de desperdícios e de melhorias.

É a partir deste esboço que se pretende encontrar as fraquezas existentes no processo, após uma atenta análise e acompanhamento de todos os intervenientes e de todas as operações. É também, com base neste mapa que o desenho do estado futuro deve ser projetado, e aqui devem ser incluídas e avaliadas as melhorias introduzidas.

A equipa

Para uma mais correta implementação desta técnica deve ser formada uma equipa multidisciplinar capaz de abranger todas as fases produtivas ao nível do conhecimento técnico. Esta equipa, deve ser assim habilitada a desenhar todos os elementos necessários no mapa de forma que este se assemelhe o mais próximo possível da realidade. A equipa foi então formada pelos membros presentes na Figura 7 e a importância do seu papel definida.

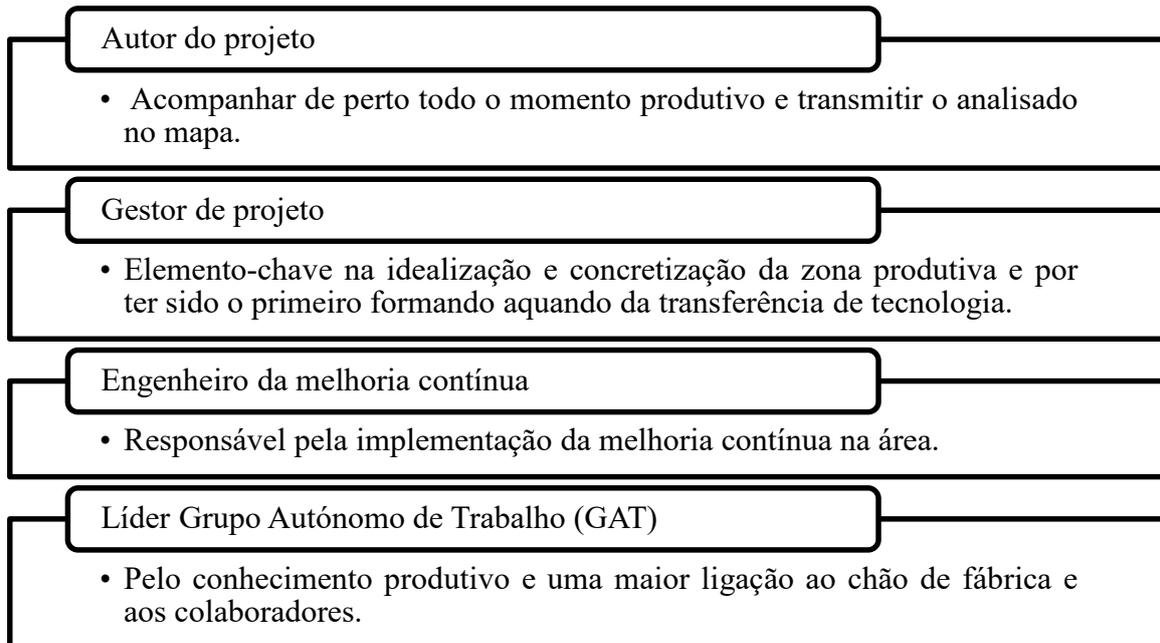


Figura 7 – Membros da equipa de desenvolvimento do VSM

Seguimento do processo

Nesta fase, foi necessário passar bastante tempo no chão de fábrica de forma a recolher toda a informação necessária para a elaboração do VSM.

Para o estudo dos tempos, seguiu-se a metodologia proposta por Wilson (2009), onde são listadas as tarefas a serem realizadas por processo e depois são cronometrados os tempos para a realização de cada uma. O autor considera, que devem ser executados ciclos compreendidos por cinco a dez medições, pelo que foram consideradas dez medições por tarefa. Por fim, deve ser analisado o tempo médio por tarefa. No caso concreto, existiu a cronometragem para cada tarefa, mas no decorrer do documento é analisado o tempo médio total do processo, uma vez que se trata de tempos demasiado curtos para serem estudados isoladamente. Todas as medições realizadas seguiram este processo, com exceção do tempo cronometrado para a recolha das bobines no armazém da matéria-prima pelo colaborador, por ser um tempo mais elevado e não ser uma tarefa constante, registaram-se cinco medições. Recorreu-se ao uso de cronometragem via vídeo como proposto por Vaz e Saraiva (2020).

Os elementos do mapa

O primeiro elemento a ser identificado num mapa de fluxo de valor é o cliente, pois é a partir da necessidade deste que o fluxo é desenvolvido. No caso em estudo o cliente pertence ao ambiente interno, isto é, a organização tem controlo sobre este e encontra-se simbolizado no canto superior direito. No canto superior esquerdo, estão simbolizados os fornecedores.

Seguidamente, adicionou-se ao mapa quatro caixas de processo, representativas das diferentes áreas de produção – Colagem, Secagem, *Winding* e Embalagem. Dentro de cada uma destas, foi adicionado o número de colaboradores responsáveis por realizar a tarefa. A cada uma das caixas de processo, foram adicionadas as respetivas caixas de informação, explicitando o tempo de realização de tarefas com Valor Acrescentado (VA). No caso do processo de *winding*, foram também apresentados os tempos de *setup* para a troca da bobine da Fibra Tipo A (TS1) e para a troca da bobine da Fibra Tipo B (TS2). Identificaram-se também as zonas de acumulação de *stock*, representadas por um triângulo.

Depois de caracterizado o fluxo de material é necessário perceber o fluxo de informação ao longo do processo. A matéria-prima necessária à produção dos *bushings*, dá entrada no armazém, onde é classificada e armazenada consoante o tipo de material. Daqui, segue para a zona de produção, por meio de empilhadores, nomeadamente para a zona de colagem, através de um sistema *push*. Após esta operação, e novamente através de um sistema *push* segue para a secagem. Entre este processo e o de *winding*, o sistema adotado é um sistema FIFO – *first in first out* –, uma vez que as peças têm de repousar o tempo estipulado. Daqui para o embalamento é adotado novamente o sistema *push*. Da zona de produção final, o produto acabado é transportado com recurso a porta paletes para o armazém destes produtos.

De seguida é adicionada a linha do tempo, caracterizando através do *lead time* (LD), que compreende o período de tempo necessário para que um produto percorra toda a cadeia de valor desde o início ao fim (Ferreira et al., 2019). À linha do tempo é ainda adicionada a informação acerca da soma dos tempos de ciclo (TC) das tarefas de cada processo. Para finalizar, são identificados os eventos *Kaizen* no mapa, ou seja, as fontes de desperdícios passíveis de serem melhoradas em cada processo (descritas em detalhe na secção 5.1). Os eventos que são simultâneos a todo o processo produtivo foram colocados do lado direito, e os que são específicos a determinadas etapas foram adicionados junto das respetivas caixas

de processo. Deste modo, na Figura 8 é possível visualizar o mapa de fluxo de valor representativo do estado atual do processo de produção dos *bushings*.

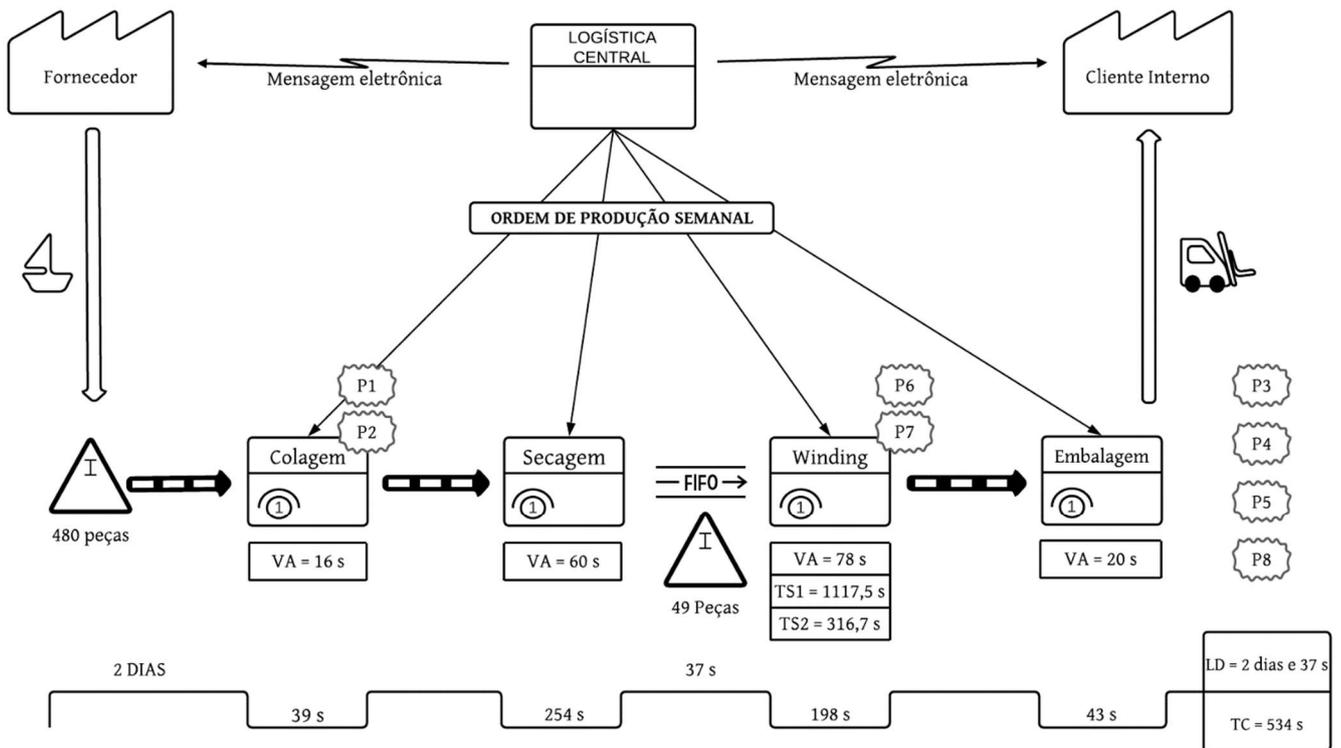


Figura 8 – Value Stream Mapping do Estado Atual (AS-IS)

Considerando que por semana são produzidas cinco pás do modelo SG155 e quatro pás do modelo SG170, e que cada uma necessita, respetivamente de 108 e 130 *bushings*, é possível perceber que a necessidade é de 1060 peças deste tipo por semana, o que requer a produção de 212 *bushings* por dia. Admitindo que o tempo disponível por turno é de 450 minutos, desconsiderando o tempo para pausas e reunião diária, e que existem dois turnos, então o tempo total disponível perfaz um valor de 900 minutos. Assim, é possível definir o *takt time* – ritmo da produção com base na procura do cliente (Ferreira et al., 2019) – com recurso à equação (1) e constatar que a cada 4,25 minutos, equivalente a 255 segundos, uma peça tem de ser produzida.

$$Takt\ time = \frac{Tempo\ disponível}{Procura\ diária} = \frac{900}{212} = 4,25\ minutos \tag{1}$$

Tendo em conta que o tempo de ciclo de execução de cada tarefa não se deve sobrepor ao tempo definido do *takt time*, e pela análise do mapa realizado, é possível perceber que o processo de secagem é considerado o *bootleneck* da operação. É também de notar, que uma vez que existem apenas dois colaboradores por turno, é considerado que um posto de trabalho abrange mais do que um processo produtivo, isto é, o colaborador 1 é responsável pelo processo de colagem e secagem e o colaborador 2, é responsável pelo processo de *winding* e embalagem. Deste modo, construiu-se o gráfico de *yamazumi* – Gráfico 1 – com base no mapa do estado atual e percebeu-se que o tempo de ciclo das atividades executadas pelo colaborador 1 excedem o valor de *takt time*, pelo que são necessárias ações de melhoria.

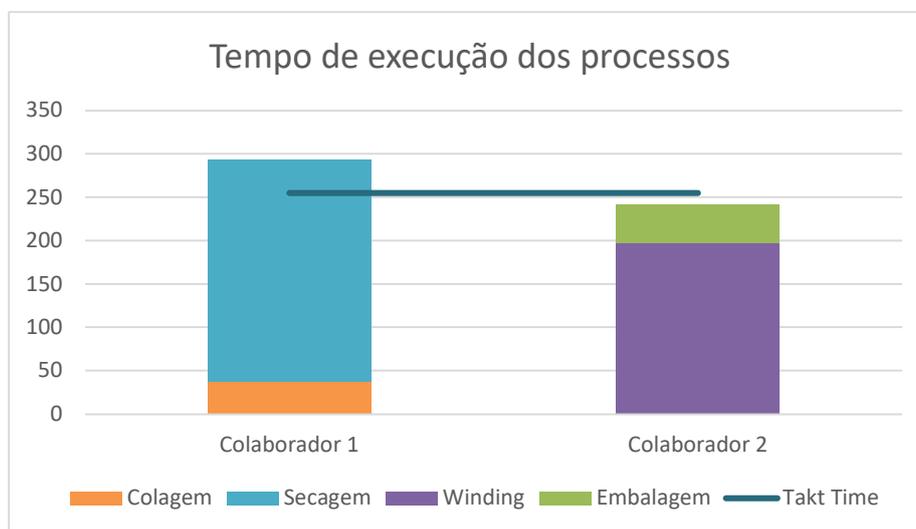
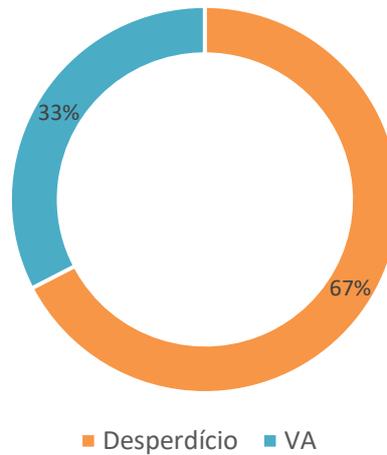


Gráfico 1 – Gráfico *yamazumi* do tempo de execução dos processos

Além disso, e com base na Figura 8, o tempo de execução de tarefas com valor acrescentado, ou seja, pelo qual o cliente está disposto a pagar, compreende apenas 33% do tempo total de ciclo, pelo que o desperdício do processo compreende 67%, como é possível observar no Gráfico 2.

Análise do desperdício do processo

**Gráfico 2** – Análise do desperdício do processo

Verificou-se também pela equação (2) que o número de colaboradores existentes por turno – dois colaboradores –, é suficiente para a condução das tarefas tendo em conta o tempo de ciclo total e respeitando o *takt time*.

$$\text{Número de colaboradores} = \frac{\text{Tempo de Ciclo}}{\text{Takt time}} = \frac{534}{255} \approx 2 \quad (2)$$

5. RESULTADOS

Na sequência do diagnóstico ao estado atual da zona produtiva com recurso ao VSM, foi possível reunir e identificar, através de um forte contacto com o chão de fábrica, os principais problemas do meio e consequentemente as dificuldades sentidas pelos colaboradores, apresentadas na secção 5.1. Seguidamente foi necessário analisar os problemas e identificar as causas raiz dos mesmos – sendo assim concretizado o Objetivo 2, “Análise e identificação dos problemas e causas raiz” –, com recurso a técnicas de observação participativa, entrevistas não estruturadas e *brainstorming* (secção 5.1).

Seguiu-se a conceção de propostas de ações de melhoria e elaboração do plano de ações (secção 5.2) através de *focus group* e *brainstorming*, dando resposta ao Objetivo 3 – “Seleção de ferramentas *lean* para a mitigação dos problemas identificados”. E por último, a implementação e avaliação das melhorias (secção 5.3) permitindo executar o Objetivo 4, “Implementação e avaliação das melhorias propostas”. Para tal, foram utilizadas uma vez mais técnicas de observação participativa, entrevistas não estruturadas e *brainstorming* mas também, observação estruturada.

5.1. Identificação e Análise dos Problemas

Para além das filmagens levadas a cabo, a análise foi concebida a partir da realização de entrevistas não estruturadas com os colaboradores da área produtiva, permitindo recolher o máximo de informação possível segundo o ponto de vista destes. O processo de observação participativa permitiu compreender o fluxo atual e familiarizar com os processos, e a participação nas reuniões semanais realizadas entre a equipa responsável pela implementação da área produtiva permitiu a identificação de outros problemas na ótica dos vários departamentos envolvidos. Da informação recolhida junto dos vários elementos foi possível listar, bem como minuciar, os problemas existentes, identificados ao longo do processo produtivo na Figura 8.

P1. Falta de matéria-prima na linha produtiva

Não existe o abastecimento regular, devidamente planejado, da zona de colagem. No sistema atual, o operador informa o líder GAT que a matéria-prima está quase a terminar, e por sua vez, este informa o supervisor da Logística que é necessário abastecer esta zona. Contudo, este é um processo muito demorado, porque é necessário esperar que algum colaborador da Logística esteja disponível para fazer o abastecimento e também devido à distância do armazém da matéria-prima ao local de produção. Quando existe a passagem de turno na Logística, por vezes, não é feita a comunicação de que esta zona produtiva precisa de ser abastecida, pelo que este processo de informação é novamente iniciado. Esta demora, de tempos a tempos, resulta na paragem da linha produtiva por falta de material.

P2. Falta de formação na deteção de defeitos

Antes de iniciar o processo de colagem, é necessário verificar se a matéria-prima não apresenta defeitos – como descamação na tinta do inserto metálico ou pequenas fendas na espuma, por exemplo. Contudo, esta observação nem sempre é realizada e alguns defeitos só são detetados em estados mais avançados, podendo comprometer a qualidade da peça.

P3. Indefinição sobre o que fazer com peças defeituosas

Quando a matéria-prima apresenta defeitos significativos – ou seja, não permitem que a mesma siga a cadeia de valor –, é importante perceber se estes defeitos podem ser corrigidos ou não. Quando possível, a correção dos mesmos permite a recuperação da peça, não existindo a perda da mesma. Contudo, no panorama atual quando estes defeitos são detetados, a peça é colocada à parte sem qualquer tipo de proteção ou zona definida, o que compromete a qualidade da mesma ao estar exposta ao ambiente externo. Pelo que o departamento da qualidade não permite a recuperação das mesmas e estas são rejeitadas.

P4. Falta de padronização

Não existem instruções de trabalho claras e objetivas, gerando alguma confusão entre colaboradores relativamente a alguns parâmetros a serem cumpridos, como por exemplo, certas medidas a serem respeitadas. Além disso, o processo está bastante dependente dos quatro colaboradores, pois são os únicos com formação do mesmo, pelo que quando alguém falta, por norma, o próprio líder GAT tem de substituir – comprometendo a supervisão de outras áreas –, pois não existe um guia que possa ser seguido para realizar o processo produtivo.

P5. Falta de funcionalidade e ergonomia nos postos de trabalho

É notório algum desconforto e desorganização nos postos de trabalho, levando a um excesso de movimentos por parte dos colaboradores, nomeadamente à procura das ferramentas necessárias e pela falta de bancadas com espaço necessário ao trabalho. Além disso, ocorrem demasiados movimentos associados ao transporte da matéria na zona de trabalho, nomeadamente do nível do chão até à bancada de trabalho denunciando a falta de ergonomia do posto. Ou seja, o colaborador é que se está a adaptar ao posto de trabalho e não o contrário, como deveria acontecer.

P6. Demasiado tempo despendido no *setup*

No processo produtivo, a mesma máquina – máquina de *winding* – necessita de dois tipos de *setup*: associado à mudança das bobines da colocação da Fibra do Tipo A (*Setup 1*) e o associado à mudança da bobine para a colocação da Fibra Tipo B (*Setup 2*).

O *Setup 1*, é por si só um processo demorado uma vez que é necessário calibrar a fibra, de maneira que seja garantido que esta flui convenientemente na máquina e que é colocada apenas a quantidade necessária. O *Setup 2*, é um processo mais simples que apenas requer a mudança da bobine sem calibração.

Através da análise realizada, verificou-se que para além do tempo associado à troca das bobines, bastante tempo é despendido pelo operador a ir ao armazém da matéria-prima levantar este material. Pois, é considerado que este abastecimento é da responsabilidade do operador pelo que, não é efetuado pela Logística. Ou seja, para este abastecimento acontecer, é necessário o colaborador avisar o líder GAT da falta de material, deslocar-se ao armazém da matéria-prima, seleccionar o material e trazê-lo para o posto de trabalho. Só depois, se dão os *Setups*. Por norma, apenas as bobines de Fibra do Tipo B, têm *stock* na linha por ocuparem menos espaço.

P7. Dificuldade na identificação de defeitos no produto final

Semelhante a um dos problemas expostos anteriormente (P3), existe alguma dificuldade por parte dos colaboradores em perceberem se a peça cumpre os requisitos necessários para ser entregue ao fornecedor. As razões apontadas a esta dificuldade, prendem-se com alguma inexperiência por parte dos colaboradores e pela fibra apresentar a mesma cor dos dois lados – dificultando a verificação das distâncias necessárias quando a fibra esta enrolada. Quando a peça não está apta é possível que sofra retrabalho –

nomeadamente com a desmancha da fibra colocada –, contudo, é necessário que esta seja analisada pela Qualidade para garantir que não está danificada e que pode sofrer novo processo.

P8. Layout não considera o mínimo movimento

Pela observação dos colaboradores durante o processo de manufatura, foi possível constatar que o *layout* atual propicia muitos movimentos desnecessários devido à disposição não funcional das máquinas e bancadas de trabalho, levando ao aumento da distância percorrida pelos operadores e pelo material na área produtiva.

Identificação das Causas Raiz dos Problemas

De forma a analisar os problemas anteriormente identificados, foi utilizada a ferramenta dos *5 Whys*, que consiste na determinação da causa raiz do problema em estudo, através da colocação da questão “Porquê?”, cerca de cinco vezes, ou consoante a necessidade. Esta tem por base uma abordagem voltada para a resolução de problemas, através da compreensão profunda do problema por meio do questionamento, de maneira simples, mas com grande capacidade de adaptação e eficiência (Serrat, 2017).

A utilização desta ferramenta teve por base o recurso ao *brainstorming*, entre os indivíduos regularmente presentes nas reuniões semanais e como tal com elevado conhecimento acerca da situação do sistema produtivo, de maneira a ser possível averiguar as causas mais profundas dos problemas. Os resultados da aplicação podem ser observados na Figura 9.

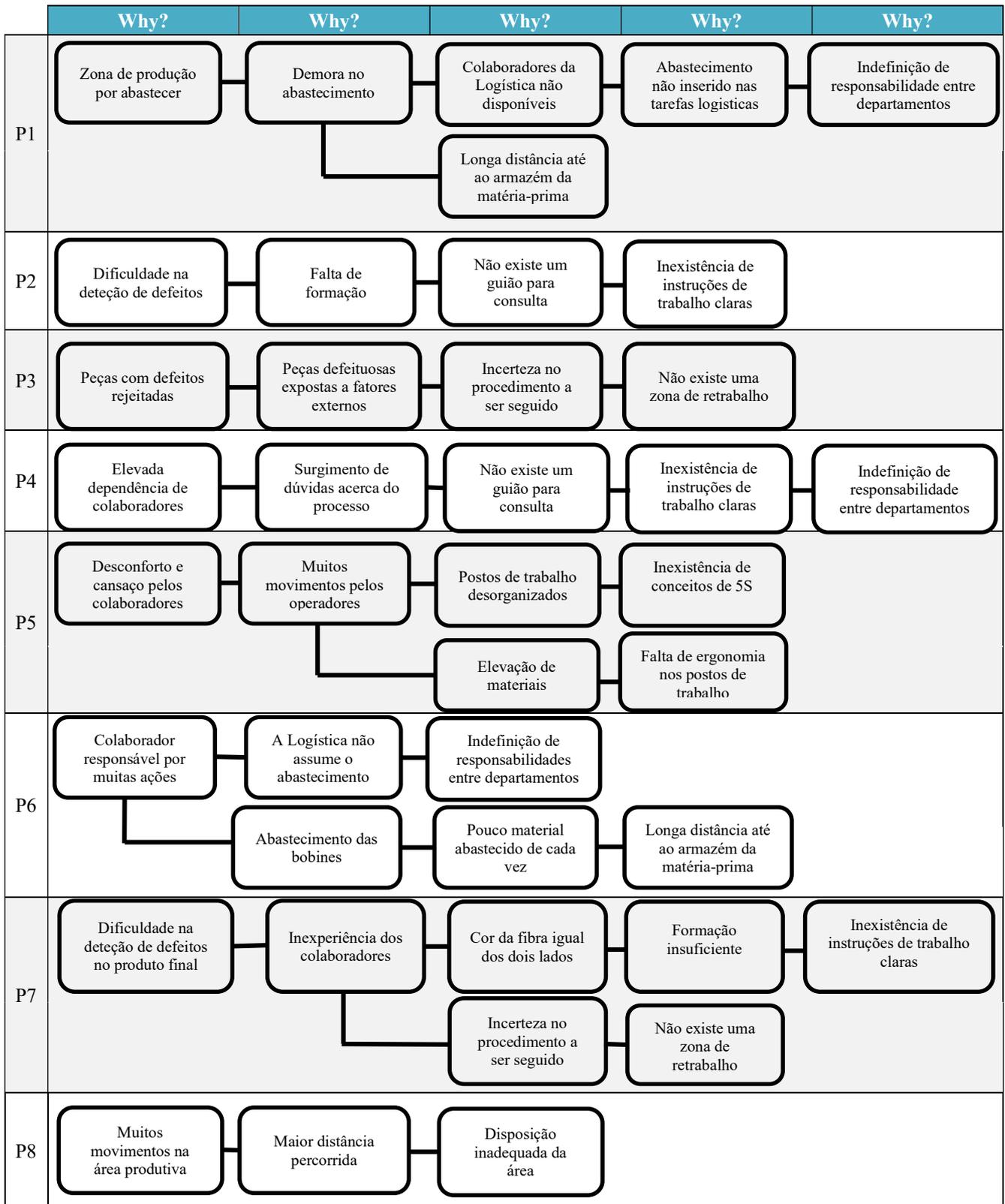


Figura 9 – Aplicação da ferramenta dos 5 Whys

Da análise dos resultados obtidos, foi possível constatar que alguns dos problemas levantados apresentam a mesma causa raiz, como por exemplo o P1 e P6, onde a falta de clareza nas responsabilidades de cada departamento são comuns a esta problemática. De maneira a tornar esta mutualidade entre problemas identificados e causa raiz mais perceptível, foi construída a Tabela 3.

Tabela 3 – Identificação das Causas Raiz

Problema	Causa Raiz
P1 P6 P4	C1 - Falta de clareza nas responsabilidades de cada departamento no abastecimento
P1 P6	C2 – Longa distância até ao armazém da matéria-prima
P2 P4 P7	C3 – Inexistência de instruções de trabalho claras
P3 P7	C4 – Carência de uma zona de retrabalho
P5	C5 – Ausência de conceitos de 5S
	C6 – Falta de ergonomia nos postos de trabalho
P7	C7 – Cor da fibra igual dos dois lados dificultando a medição
P8	C8 – Disposição inadequada da área

5.2. Soluções Propostas e Plano de Ações

Após a identificação das causas raiz, foi necessário conceber um conjunto de propostas de ações de melhoria no sentido de fazer face às mesmas. Para tal, e através de *brainstorming*, realizou-se a seguinte análise:

C1 – Falta de clareza nas responsabilidades de cada departamento no abastecimento

A falta de clareza nas responsabilidades de cada departamento no abastecimento deve-se ao facto de ser uma área produtiva ainda recente na organização, e de não existir um alinhamento entre os vários departamentos envolvidos na adjudicação de responsabilidades.

De forma a perceber quais os departamentos com papel de destaque na produção deste material, foi analisado o fluxo de material ao longo da cadeia produtiva – Figura 10.

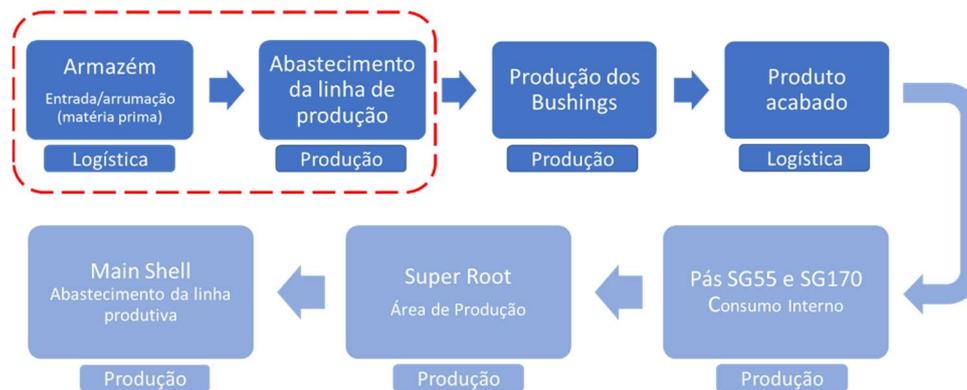


Figura 10 – Fluxo de material

Com base na análise do esquema do fluxo de material, percebeu-se que a forma como este foi desenvolvido estava a causar alguma dubiedade, pois na ótica da Logística as suas funções limitavam-se à zona do armazém. Já no entender da Produção, estas funções deviam-se estender até ao início da linha de produção, uma vez que é este departamento o responsável pela organização e pelas entradas e saídas de material do armazém da matéria-prima. Além disso, os problemas associados a falhas de comunicação e falta de pessoal disponível para o abastecimento da zona produtiva dos *bushings* geram elevados tempos de espera e até paragens da linha produtiva, por falta de matéria-prima na linha de produção. Estes problemas também estão associados ao facto de os colaboradores nem sempre notificarem atempadamente o departamento logístico da necessidade de abastecimento.

De forma a colmatar estes problemas, surgiu a necessidade de um posto intermédio capaz de ser abastecido pela Logística de forma menos rotineira – que será explicado neste documento quando explorada a Causa Raiz 2 (C2) – e um mapeamento das responsabilidades associadas ao abastecimento da linha e deste novo posto intermédio.

Desta análise surge então a proposta de ação de melhoria A1 designada por “Dividir as responsabilidades de abastecimento entre departamentos”.

C2 – Longa distância até ao armazém da matéria-prima

Atualmente o armazém da matéria-prima situa-se bastante afastado da zona produtiva, pelo que esta distância está a gerar dois grandes problemas. O tempo de espera necessário para que o operador da logística traga o material para a zona de produção e

elevados tempo de *setup*, uma vez que nesta situação é o próprio colaborador da linha o responsável por ir ao armazém buscar as bobinas necessárias à mudança.

Assim sendo, e como referido no ponto anterior com a implementação de um posto intermédio – também designado de “Supermercado” –, localizado numa zona estratégica em relação à linha produtiva é esperado que absorva uma parte significativa do tempo despendido atualmente no abastecimento.

Assim, é dada origem à ação de melhoria A2 com a “Implementar um supermercado próximo à linha de produção”.

C3 – Inexistência de instruções de trabalho claras

Na literatura já é bastante reconhecida a importância de instruções de trabalho no meio produtivo, que permitam uma rápida identificação da constituição e elaboração das etapas de qualquer projeto. Por isso, surge, em todos os postos de trabalho, a necessidade de criar documentos orientadores do trabalho a realizar, uma vez que, como visto anteriormente, esta inexistência está a gerar uma grande dependência em relação aos colaboradores com formação e líderes GAT.

Ou seja, na eventualidade de algum destes colaboradores faltar, o mais provável é que tenha de ser substituído pelo líder GAT, ou então levar à paragem da linha, uma vez que as equipas não têm acesso a um manual que permita o entendimento do processo.

Além disso, como os valores a serem respeitados têm unidades muito parecidas, facilmente é gerada alguma confusão, nomeadamente no processo de *winding*, por ser mais minucioso. Deste modo é então gerada a ação de melhoria 3 (A3), “Desenvolver instruções de trabalho para todo o processo produtivo”.

C4 – Carência de uma zona de retrabalho

A implementação de uma zona de retrabalho surge como essencial para evitar a origem de sucatas, nomeadamente de material que poderia ter sido reaproveitado, quer antes do processo produtivo com a reparação da matéria-prima, quer após a manufatura com o reaproveitamento das peças ainda dentro dos parâmetros de qualidade. Assim, é de total consenso e esperado que com a ação de melhoria A4 “Criar uma zona de retrabalho”, seja gerada uma redução do número de peças rejeitadas e conseqüentemente dos custos associados.

C5 – Ausência de conceitos de 5S

Em comparação com o restante ambiente fabril que já tem uma política de 5S's bastante enraizada, esta zona produtiva ainda não tem conceitos desta natureza implementados. Os próprios colaboradores, pela experiência em outros postos de trabalho, já tentam dar certo uso a esta ferramenta nomeadamente na limpeza do posto de trabalho e área produtiva. Contudo, uma das dificuldades sentidas pelos mesmos é a falta de organização no espaço de trabalho, por motivos alheios a estes, como por exemplo a falta de espaços específicos para guardar as ferramentas.

Neste sentido, será explorada a ação de melhoria A5 – “Implementar conceitos de 5S na zona produtiva” –, de forma a tornar o espaço de trabalho mais adequado aos trabalhadores.

C6 – Falta de ergonomia nos postos de trabalho

Por ser uma zona recente na fábrica e por ser ainda um processo em melhoria, até então não foram tidos em conta conceitos de ergonomia. Contudo, por serem peças por si só já com algum peso e após a manufatura, com um aumento deste, foram recebidos alguns alertas por parte dos colaboradores, após algum tempo, para o facto das áreas de trabalho não estarem adaptadas para o esforço requerido.

Assim, surgiu a necessidade de adaptação deste meio ao colaborador de forma a evitar, principalmente, lesões em médio longo prazo e também reduzir o número de movimentos existentes. A ação A6, assume assim o objetivo de “Implementar conceitos de ergonomia nos posto de trabalho”.

C7 – Cor da fibra igual dos dois lados dificultando a medição

Através da análise da Causa Raiz 7 (C7), com a dificuldade dos colaboradores em medir as distâncias entre filamentos de fibra após o *winding*, foram identificadas outras dificuldades nos vários momentos de medição exigidos.

De forma a contornar estas dificuldades, foi esboçada a ação de melhoria A7 – “Melhorar o processo de medição” –, com o intuito de tornar o processo de medição mais intuitivo e simplificado. Para tal, serão analisados todos os processos de medição existentes, quer ao nível de cronometragem de tempo quer ao nível de distâncias, de maneira a identificar os principais problemas e atuar sobre os mesmos, com ações de melhoria simples mas eficazes.

C8 – Disposição inadequada da área

A identificação desta causa raiz ocorre principalmente pela observação contínua do processo. Através deste método foi possível perceber que apesar do *layout* seguido ser adequado ao tipo e quantidade de material manufaturado, a disposição atual das máquinas estava a resultar em rotas demasiado extensas gerando desperdício ao nível do transporte e das movimentações desnecessárias por parte dos colaboradores. Assim, surgiu a necessidade de uma ação de melhoria – A8, “Redefinir o *layout* da zona de produção”.

Plano de Ações

Com o intuito de explorar as ações em supra definidas, foi elaborado um plano de ações após a priorização segundo a matriz Gravidade, Urgência e Tendência (GUT) das causas raiz identificadas. A construção do plano, permitiu identificar as ações de melhoria a serem realizadas para fazer face a cada causa raiz, atribuir um prazo adequado, bem como definir os responsáveis pela implementação de cada uma. A priorização das causas raiz permite definir uma ordem de implementação das ações de melhoria propostas, de acordo com a necessidade organizacional.

A matriz GUT é uma ferramenta bastante utilizada na classificação dos problemas e atribuição de prioridade na resolução destes, através da avaliação, de zero a cinco, dos parâmetros gravidade, urgência e tendência e posterior cálculo do produto resultante da multiplicação dos três (Carvalho et al., 2020). Para os problemas com maior classificação devem ser rapidamente traçados planos de ações, visando a sua mitigação ou a redução do seu impacto.

O plano elaborado teve como principal objetivo ser claro e simples para todos os envolvidos, fomentando o espírito de equipa e a discussão de todas as ações a serem implementadas.

Tabela 4 – Priorização das causas raiz e distribuição das propostas de melhoria

Causa Raiz	<i>G</i>	<i>U</i>	<i>T</i>	<i>TOTAL</i> (<i>G</i> × <i>U</i> × <i>T</i>)	Ação	Responsável	Data (Week)
C1	3	4	4	48	A1 – Dividir as responsabilidades de abastecimento entre departamentos	DP + DL + EST	W24
C2	5	5	5	125	A2 – Implementar um supermercado próximo à linha de produção	DP + DL+ EST	W17
C3	3	3	4	36	A3 – Desenvolver instruções de trabalho para todo o processo produtivo	EST	W25
C4	4	5	5	100	A4 – Criar uma zona de retrabalho	DP + DQ + EST	W21
C5	3	3	3	24	A5 – Implementar conceitos de 5S na zona produtiva	EST	W26
C6	4	3	4	48	A6 – Implementar conceitos de ergonomia nos posto de trabalho	HSA + EST	W24
C7	3	4	4	48	A7 – Melhorar o processo de medição	DP + EST	W24
C8	4	4	5	80	A8 – Redefinir <i>layout</i> da zona de produção	DP + DL + EST	W23
DP – Departamento de Produção, DL – Departamento Logístico, EST – Estagiário, DQ – Departamento da Qualidade, HSA – Higiene, Segurança e Ambiente							

A Tabela 4 acima construída, mostra as classificações obtidas por cada causa raiz identificada mostrando a ordem de prioridade de resolução de cada uma, bem como o resumo do plano de ações concebido pela equipa em reunião.

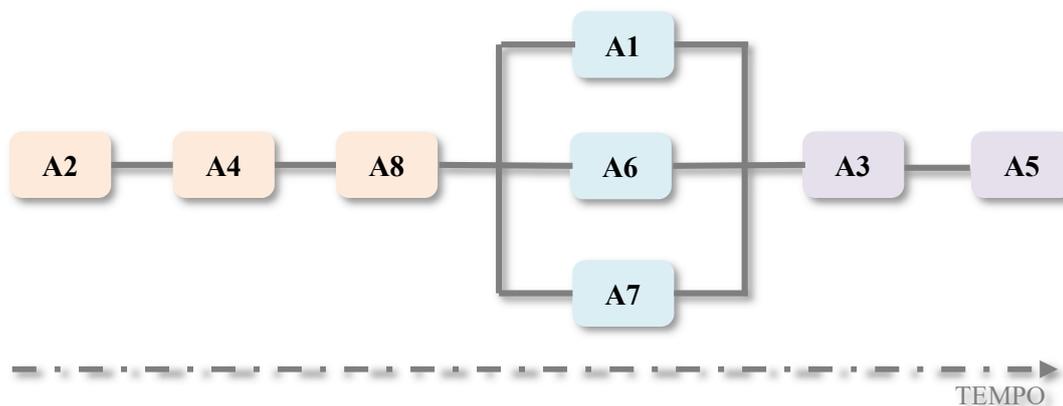


Figura 12 – Cronograma de implementação das ações de melhoria

Deste modo, as ações de melhoria A2, A4 e A8 – sequencialmente –, serão as primeiras a serem concebidas, seguindo-se a execução de A1, A6 e A7. Uma vez que as causas raiz destas três apresentam classificações iguais, estas podem ser concretizadas de forma paralela, não seguindo uma ordem específica. Por fim, é necessário desenvolver as ações A3 e A5. O cronograma de implementação das ações propostas é possível de ser analisado na Figura 12. Após o fecho do plano e das datas para a execução do mesmo, deu-se início à implementação de cada ação de melhoria.

5.3. Implementação e Avaliação das Ações de Melhoria

Com as ações de melhoria identificadas e seguindo a ordem de trabalho definida, surge o momento de implementação das melhorias encontradas, sendo que a explicação das mesmas e o tipo de impacto obtido são detalhadas de seguida.

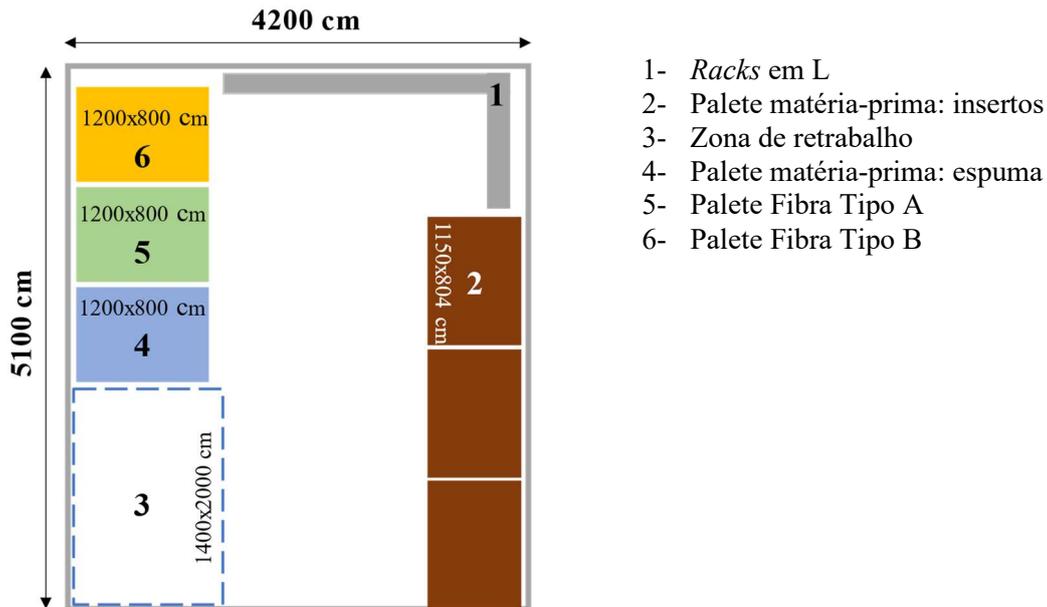
A2 – Implementar um supermercado próximo à linha de produção

Devido à urgente necessidade de fazer face às paragens da linha pela inexistência de matéria-prima na mesma, surgiu a oportunidade de implementação de um supermercado. Como mencionado anteriormente, o supermercado deve ser projetado o mais próximo possível da linha de produção, de maneira a dar uma resposta rápida às necessidades produtivas. Tendo este pressuposto em atenção, a escolha recaiu sobre uma câmara de corte desativada, por ser o único espaço disponível vizinho da zona produtiva e por, desta forma, não existir conflitos de espaço com os restantes projetos envolventes. Contudo, uma limitação imposta foi que este também teria de conseguir abranger a zona de retrabalho proposta – explorada na ação seguinte.

Por ser uma área bastante limitada em termos de espaço disponível, tornou-se necessário um aproveitamento máximo de todo o espaço existente. Assim, a projeção do supermercado iniciou-se pela análise das dimensões do material a ser armazenado e a capacidade máxima de armazenamento de cada referência. Assim, fez-se um levantamento de todas as referências necessárias à produção e registou-se as dimensões das embalagens das mesmas.

Atribuiu-se uma área de 1400×2000 centímetros à zona de retrabalho e estipulou-se que esta seria à entrada do armazém por ser uma zona mais apropriada para o colaborador trabalhar. Pelo elevado peso das caixas de algumas referências, e pela altura do armazém corresponder a apenas 3000 centímetros, optou-se por aproveitar o espaço ao nível do chão e apostar no empilhamento – sempre que possível e até a uma altura de segurança – das caixas da matéria-prima.

Assim, testou-se a possibilidade de colocar quatro caixas seguidas, pelo comprimento disponível do lado oposto à zona de retrabalho, de insertos metálicos, mas constatou-se que tal não seria viável uma vez que condicionaria o espaço para colocar outro tipo de referências. Optou-se por colocar um máximo de três caixas de insertos metálicos de comprimento e de três caixas em altura, perfazendo um espaço de nove caixas para esta referência. Junto à zona de retrabalho decidiu-se colocar os produtos transportados em euro-paletes, de forma a seguirem a mesma orientação e ser mais fácil o seu transporte. Assim estipulou-se três zonas de 1200×800 centímetros, para a colocação de Fibra do Tipo A, Fibra do Tipo B e cones de espuma, respetivamente. Por serem materiais mais frágeis estes não são possíveis de empilhar. Por fim, adicionou-se duas *racks* em formato de L, de forma a armazenar os componentes mais pequenos, como as caixas de cola, caixas de agrafos e caixas de borrachas. Desta forma, foi possível garantir o espaço mínimo necessário à alocação das embalagens via *stacker* e porta-paletes. Na Figura 13, é possível analisar o *layout* seguido pelo supermercado.



A projeção de um supermercado de apoio a uma linha produtiva deve compreender alguns parâmetros necessários ao cumprimento da sua função de abastecimento de forma adequada, como por exemplo a existência de um sistema de reposição de *stock* bem definido de maneira a evitar rotura de referências necessárias às operações de manufatura. Contudo, e apesar desta área de abastecimento ser uma mais-valia bastante reconhecida por todos os envolvidos aquando da priorização e validação de ações, a implementação deste sistema de reposição com base no nível de *stock* não foi considerado, nesta fase, importante por parte da organização, ficando esta gestão à responsabilidade do Líder GAT.

Todavia, foi possível a implementação de alguns conceitos importantes à definição de um supermercado tais como, a definição de um lugar fixo para cada referência, com auxílio de *zoonings* e colocação de identificações nas *racks*. E ainda, a atenção por questões ergonómicas, pela colocação de *racks* ao nível do colaborador, e a prática do sistema FIFO.

Esta primeira ação veio colmatar a falha, por vezes existente, de paragem da linha devido a falta de abastecimento, identificada como sendo a mais grave e conseqüentemente a mais urgente a ser resolvida. Tal não se voltou a verificar, contudo o supermercado está bastante dependente do Líder GAT, pelo que no futuro deve ser considerado a implementação de um sistema de abastecimento mais fidedigno.

Contudo, e tendo em conta que o colaborador 2 (responsável pelos processos de *winding* e embalagem) é que assumia a responsabilidade de ir ao armazém geral levantar o material necessário ao seu posto, o tempo despendido na realização desta tarefa sem valor acrescentado foi drasticamente reduzido e conseqüentemente, os tempos de *setups* da

máquina de *winding*. Assumiu-se que no cenário 1 não existe disponível no posto de trabalho Fibras do Tipo A, que será necessário realizar o *Setup 1* e que o colaborador transporta duas bobinas em simultâneo. No cenário 2, assumiu-se que é necessário abastecer o posto com Fibras do Tipo B, sendo que esta é transportada em nove elementos de cada vez, e que terá de ser realizado o *Setup 2*. Com base nestes pressupostos foi possível contruir a Tabela 5 e verificar os tempos despendidos em cada *Setup*, antes e após a implementação da ação A2. De seguida calculou-se o nível percentual de melhoria através da equação (3).

$$Melhoria = \frac{Cenário\ Inicial - Cenário\ Final}{Cenário\ Inicial} \times 100 [\%] \quad (3)$$

Tabela 5 – Comparação dos tempos de *setup*

Tarefa	Cenário 1		Cenário 2	
	Setup 1		Setup 2	
	Antes	Depois	Antes	Depois
Tempo de recolha da matéria-prima por bobine [s]	$\frac{843}{2} = 421,5$	$\frac{185}{2} = 92,5$	$\frac{843}{9} = 93,7$	$\frac{185}{9} = 20,5$
Tempo de mudança de bobine [s]	696	696	223	223
Total [s]	1117,5	788,5	316,7	243,5
Melhoria [%]	29,4		23,1	

Deste modo, é possível concluir que esta ação, apesar de bastante condicionada, apresentou melhorias significativas em todo o processo. Considerando que os tempos de mudança das bobinas não são influenciados e que o colaborador demora o mesmo tempo para o abastecimento dos dois tipos de material, constatou-se que o tempo de *setup 1* melhorou 29,4% e o tempo de *setup 2* sofreu uma melhoria de 23,1%.

A4 – Criar uma zona de retrabalho

Reconhecida a possibilidade de reaproveitamento de peças defeituosas através da implementação de uma zona dedicada à recuperação destas, foi necessário estabelecer a forma de funcionamento desta.

Começou-se por estabelecer quais os critérios necessários para que uma peça possa ser classificada como defeituosa, para tal tabelou-se todos os possíveis defeitos conhecidos pelo Departamento da Qualidade e foram colocadas ajudas visuais na zona produtiva indicativos destes, APÊNDICE B – EXEMPLOS DE AJUDAS VISUAIS. Desta forma, tornou-se mais fácil para os operadores identificarem anomalias e possíveis defeitos.

Posteriormente, definiu-se o fluxo a ser seguido, caso uma peça apresente algum tipo de defeito, quer logo no início do processo, quer após a manufatura. Para tal, utilizou-se a modelação em BPMN por se considerar ser mais versátil e permitir um rápido entendimento do processo, o resultado da modelação pode ser analisado na Figura 14.

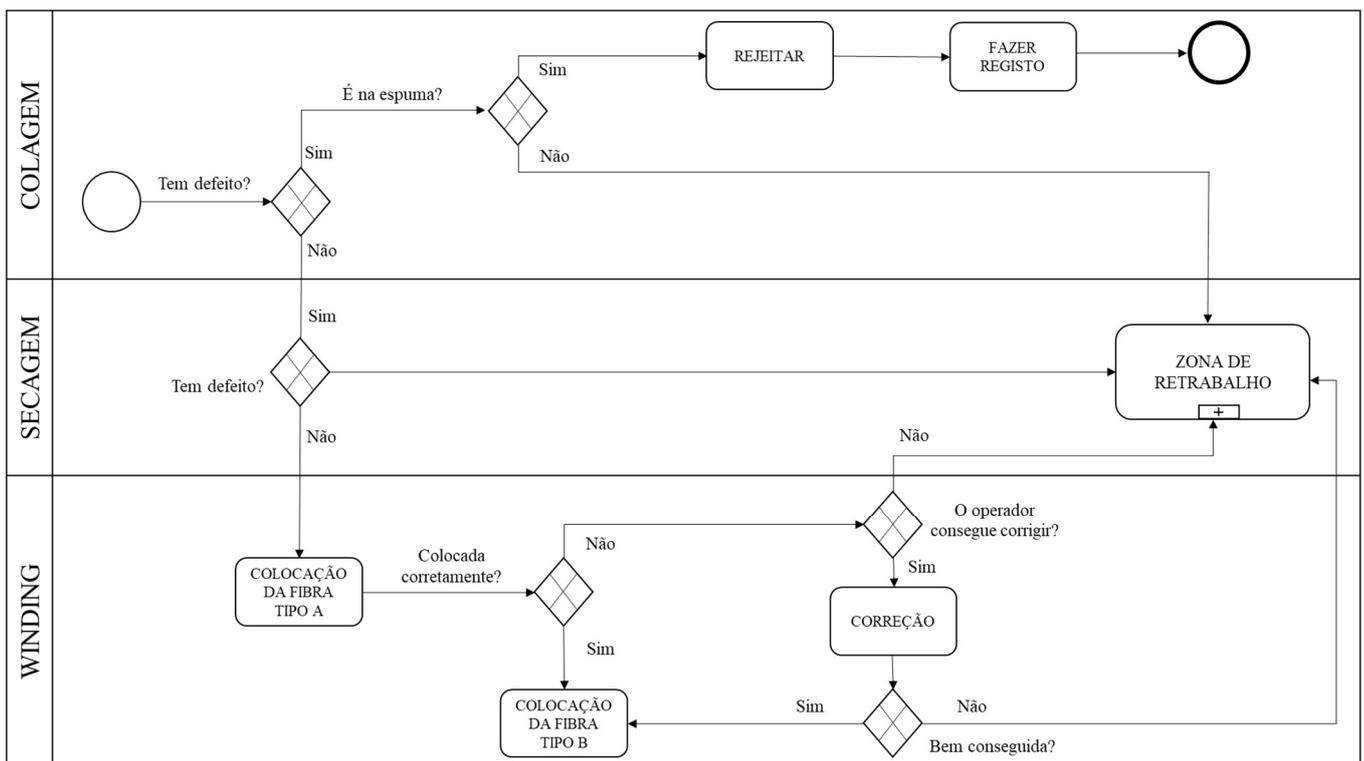


Figura 14 – Modelação em BPMN do fluxo de peças com defeitos

- Método de identificação de defeitos

No início do processo, o operador responsável pela colagem deve verificar se a matéria-prima não apresenta nenhum tipo de imperfeição, tais como lascas ou tinta descascada no caso dos insertos metálicos, por exemplo. Ou se a espuma não apresenta fissuras que ultrapassem um certo comprimento e largura. Caso, seja feita a detecção de falha no material, podem ocorrer duas situações: ser no inserto metálico, e poder ser recuperado através de correções, ou ser na espuma e neste caso, esta não é possível recuperar pois é um material demasiado frágil. Pelo que, deve seguir para o lixo e o operador, deve fazer o devido registo.

Após a colagem, nomeadamente devido a possíveis zonas com excesso de cola, a peça deve ser devidamente observada. Caso esta situação se verifique, esta deve ser encaminhada para a zona de retrabalho. Se não existirem defeitos, deve ser realizado o processo de *winding* da fibra e aqui deve existir inspeção em dois momentos distintos. Um primeiro momento aquando da colocação da Fibra do Tipo A, principalmente pela verificação da devida tensão da fibra e se os agrafos colocados a segurar a fibra não partiram. Caso ainda não tenha existido agrafamento, e a falha no processo seja devido à tensão da fibra, o operador deve tentar solucionar o problema, através da calibração da máquina. Caso já tenha existido mais do que uma tentativa de agrafamento, e haja perfuração na espuma, ou caso se verifique outro tipo de defeito não equacionado nos possíveis identificados, a peça deve seguir para retrabalho. Se não existir nenhum tipo de problema com o primeiro processo de *winding*, deve ser aplicada a Fibra do Tipo B.

Após a colocação da Fibra Tipo B, uma vez mais deve ser verificada a tensão e ainda a correta distância dos filamentos de fibra. Como este processo necessita, na zona final da peça, de ser feito manualmente, eventuais defeitos a este nível podem ser corrigidos pelo operador antes do agrafamento da fibra. Caso, seja notado outro tipo de defeito ou como no primeiro caso, caso já haja perfuração da espuma, a peça deve seguir para retrabalho. Este último ponto é importante, pois um agrafamento errado pode resultar na abertura de fendas na espuma em zonas já cobertas por fibra e não serem visíveis, pelo que é preciso bastante cautela nesta etapa.

Já quando a embalagem é expedida, e após estar fora da zona de produção, caso seja detetada alguma falha em alguma peça, o lote ao qual esta pertence é identificado e todas as peças deste são analisadas pela Qualidade.

- Implementação da zona de retrabalho

O primeiro passo, consistiu na identificação do local de colocação desta zona. De forma a tornar o processo mais simples possível, admitiu-se que seria vantajoso esta área ser perto da zona produtiva, para que não fosse necessário elaborar um processo de rastreamento das peças a serem retrabalhadas. Assim sendo, analisou-se o espaço disponível e percebeu-se que o melhor local seria no supermercado uma vez que a área necessária seria mínima e assim, não interferiria com o espaço necessário a outros processos. A Figura 15, apresenta a localização da zona de retrabalho face à zona produtiva principal, comprovando a proximidade das mesmas.

Por também não existir um elevado volume de peças defeituosas, instalou-se apenas uma bancada de trabalho com as ferramentas necessárias. Esta área é conduzida por um colaborador à parte, pelo que não interfere diretamente com o processo produtivo das restantes peças. As peças que tenham sido identificadas para retrabalho, são colocadas em caixas devidamente identificadas – Figura 16 – que, posteriormente, seguem para a respetiva zona.

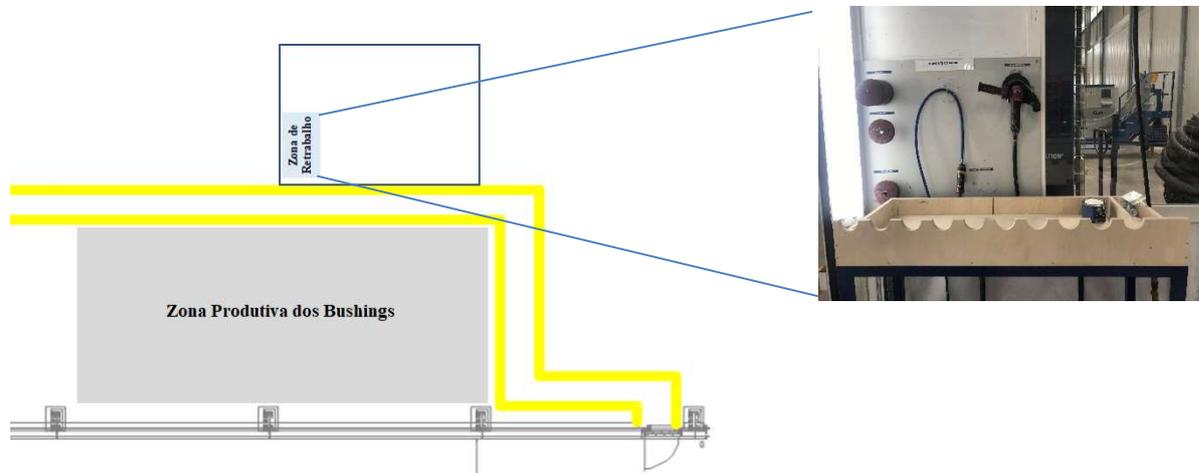


Figura 15 – Localização da zona de retrabalho



Figura 16 – Caixa de material com defeitos para reparação

Por fim, avaliou-se qual o impacto da melhoria implementada ao nível económico. Para tal, comparou-se o número de peças rejeitadas nos dois meses anteriores com as rejeitadas no mês após a implementação da área. O registo apenas incidiu nos dois meses transatos, uma vez que não existem registos anteriores.

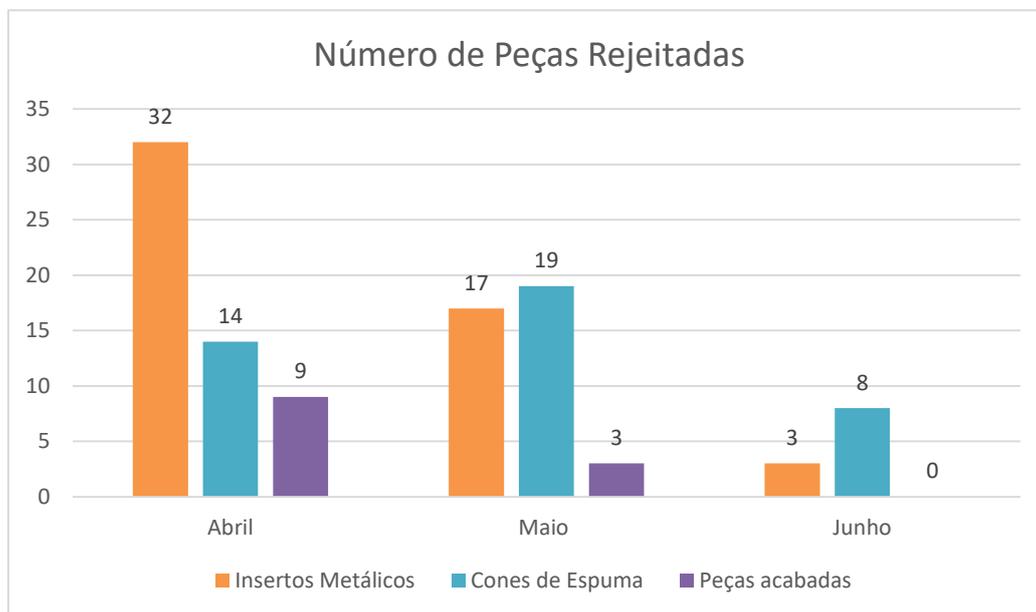


Gráfico 3 – Comparação do número de peças rejeitadas por tipo

No Gráfico 3, é possível visualizar a diferença no número de peças rejeitadas nos meses em estudo, podendo-se constatar que, após a implementação da zona de retrabalho, existiu uma diminuição dos três tipos de produtos rejeitados. Importa salientar que no mês de junho não existiu nenhuma peça na fase de produto final rejeitada.

Apesar, do retrabalho não ser possível de realizar aos cones de espuma, pelo que a implementação desta zona não teve um impacto direto na redução do número de peças deste tipo rejeitadas, é possível atribuir esta diminuição à colocação de ajudas visuais na zona de observação do produto. Esta melhoria permitiu auxiliar o colaborador a realizar uma análise mais correta da matéria-prima e consequentemente a uma tomada de decisão mais criteriosa.

De uma perspetiva financeira, as melhorias implementadas permitiram uma redução dos custos associados à rejeição direta das peças. Esta comparação pode ser observada na Tabela 6.

Tabela 6 – Custos associados às peças rejeitadas nos meses em estudo

Material	Custo/Unit	Abril	Mai	Junho
Inserto metálico	23€	32	23	3
Cone de espuma	3€	14	19	8
Custo [€]		778€	586€	93€

Comparando o custo associado às peças rejeitadas após o primeiro mês de funcionamento da zona de retrabalho com o custo médio dos dois meses anteriores, foi possível constatar uma poupança de 589 euros.

A8 – Redefinir o *layout* da zona de produção

A análise conduzida, permitiu perceber que tanto o material como os colaboradores percorriam grandes distâncias entre operações. Nomeadamente, o operador responsável pelas duas máquinas de *winding*, uma vez que a colocação das mesmas lado a lado estava a resultar numa distância considerável percorrida pelo mesmo ao longo do processo de manufatura. Apesar do *layout* atual ser adequado ao tipo de produto, tornou-se notória a necessidade de rearranjo da disposição da maquinaria de forma a tornar o processo mais adequado à existência de apenas dois colaboradores, principalmente com a redução das distâncias percorridas.

Assim, analisou-se a distância percorrida por uma unidade de produto ao longo do *layout* inicial – Figura 17 – e seguidamente fez-se o mesmo estudo para a configuração alternativa – Figura 18 –, que se considerou mais vantajosa e que melhor respondia ao objetivo.

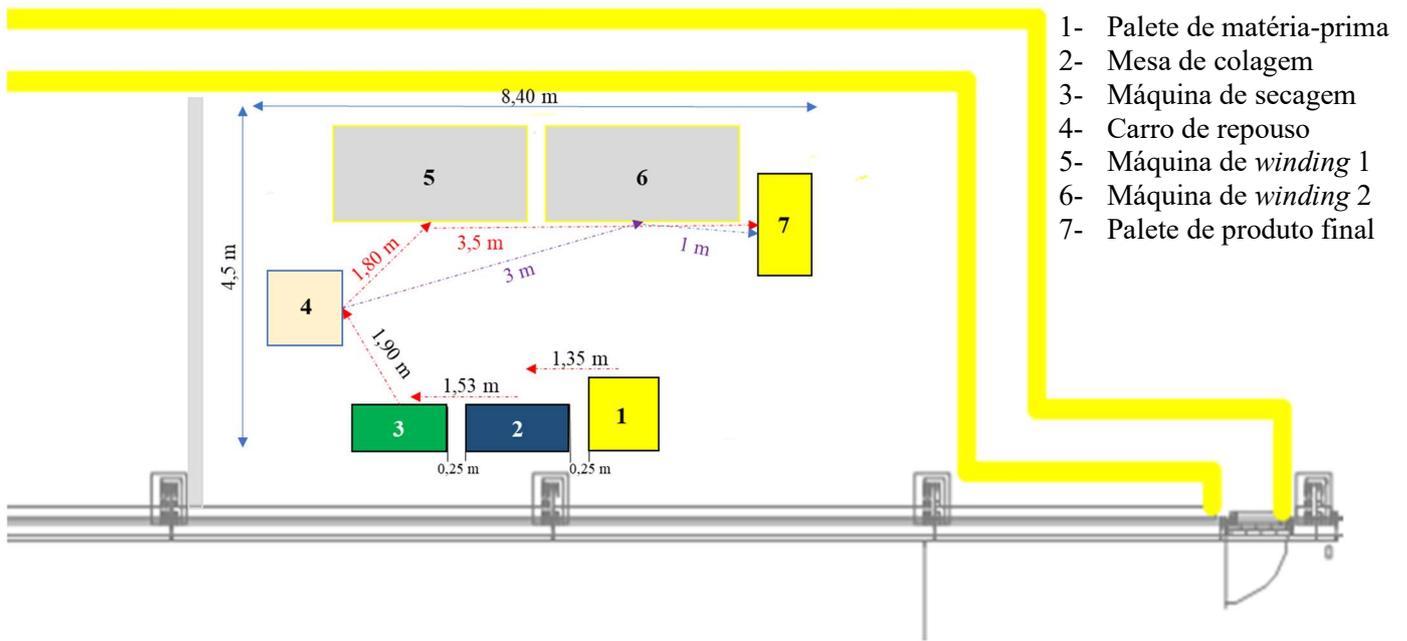


Figura 17 – Layout inicial da zona produtiva

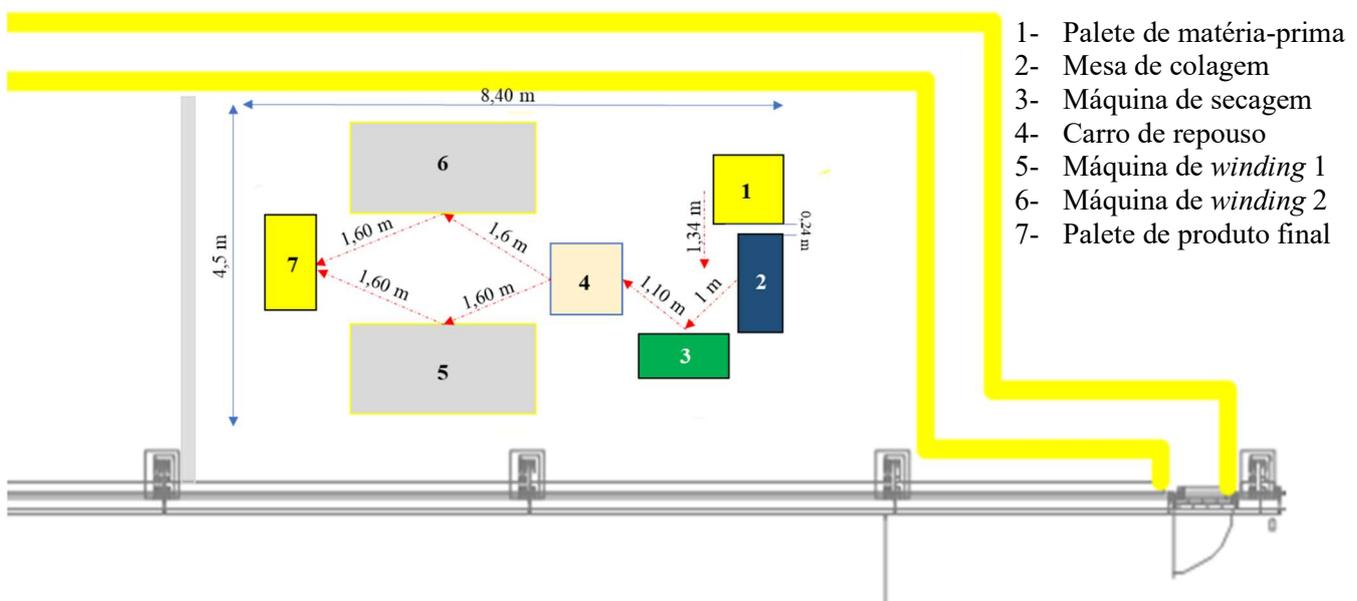


Figura 18 – Layout alternativo para a zona produtiva

Na Tabela 7 é possível verificar a comparação entre as variáveis distância e tempo para os dois cenários. O número de passos considerados são os relacionados com o transporte de uma unidade de produto, sendo, portanto, excluídos todos os outros intrínsecos à realização das restantes tarefas. Para estes cálculos, considerou-se que para percorrer 1 metro

são despendidos 1,5 segundos e que 1 passo mede 0,54 metros. A melhoria calculada teve por base a equação (3).

Tabela 7 – Comparação entre o *layout* inicial e o novo *layout*

	<i>Layout</i> Inicial	Novo <i>Layout</i>	Melhoria [%]
Distância percorrida por uma unidade de produto [m]	9,43	6,64	29,59
Tempo total despendido por unidade de produto [s]	14,15	9,96	29,61
Número de passos do Colaborador 1 por unidade de produto	8,85	6,37	28,02
Número de passos do Colaborador 2 por unidade de produto	8,61	5,92	31,24

O número de passos realizados pelo colaborador 1, em cada um dos *layouts*, é dado pelas equações (4) e (5).

$$\begin{aligned} \text{Número passos no layout inicial} &= \frac{\text{Distância percorrida pelo colaborador 1}}{\text{Comprimento de um passo}} \\ &= \frac{1,35 + 1,53 + 1,90}{0,54} \approx 8,85 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Número passos no novo layout} &= \frac{\text{Distância percorrida pelo colaborador 1}}{\text{Comprimento de um passo}} \\ &= \frac{1,34 + 1 + 1,10}{0,54} \approx 6,37 \end{aligned} \quad (5)$$

De igual forma, foram calculados o número de passos realizados pelo colaborador 2 em cada um dos *layouts*, tendo em consideração a média da distância dos dois percursos possíveis de serem realizados pelo produto. Os resultados foram encontrados tendo em conta as equações (6) e (7).

$$\begin{aligned} \text{Número passos no layout inicial} &= \frac{\text{Distância percorrida pelo colaborador 2}}{\text{Comprimento de um passo}} \quad (6) \\ &= \frac{(1,80 + 3,5 + 3 + 1)/2}{0,54} \approx 8,61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Número passos no novo layout} &= \frac{\text{Distância percorrida pelo colaborador 2}}{\text{Comprimento de um passo}} \quad (7) \\ &= \frac{1,60 + 1,60}{0,54} \approx 5,92 \end{aligned}$$

Deste modo é admissível evidenciar que os objetivos propostos para esta zona foram cumpridos uma vez que existiu uma redução do transporte de material ao longo da área, resultando numa melhoria de 29,59%. E também pela redução dos movimentos realizados pelos dois colaboradores, existindo uma melhoria de 28,02% no bem-estar do colaborador 1 e de 31,24% no do colaborador 2, associado à redução do número de passos dados.

Para um melhor entendimento do impacto da melhoria gerada ao nível do tempo de ciclo de cada operação, estudou-se as distâncias percorridas pelo colaborador 1 – Tabela 8 – e pelo colaborado 2 – Tabela 9 –, por processo e contabilizou-se o tempo consequente. Considerou-se que o processo de colagem envolve o percurso da paleta da matéria-prima (1) para a mesa de colagem (2) e que o processo de secagem envolve o percurso de 2 para a máquina de secagem (3), e desta para o carro de repouso (4). Assumiu-se também, que o processo de *winding* envolve o percurso de 4 para a máquina de *winding* 1 (5) ou para a máquina de *winding* 2 (6), e destas para a paleta de produto final (7).

Tabela 8 – Comparação da distância percorrida pelo Colaborador 1

Processo	Colaborador 1					
	Layout Inicial			Novo Layout		
	Colagem	Secagem	Winding	Colagem	Secagem	Winding
Distância [m]	1,35	3,43	-	1,34	2,10	-
Tempo [s]	2,03	5,15		2,01	3,15	

Tabela 9 – Comparação da distância percorrida pelo Colaborador 2

Processo	Colaborador 2					
	<i>Layout Inicial</i>			<i>Novo Layout</i>		
	Colagem	Secagem	<i>Winding</i>	Colagem	Secagem	<i>Winding</i>
Distância [m]	-	-	4,65	-	-	3,20
Tempo [s]			6,97			4,80

Deste modo, é possível verificar que existiu uma redução de tempo de ciclo do processo de colagem de 0,02 segundos, e que por ser tão mínimo será desconsiderado, e uma redução do tempo de ciclo de secagem de 2 segundos. Relativamente ao processo de *winding*, existiu uma redução de tempo de ciclo de 2,17 segundos.

Assim, com a adoção desta nova configuração para o *layout* produtivo, foi possível minimizar o tempo de transporte de material ao longo do fluxo e também o número de movimentos realizados pelos colaboradores. Deste modo foi garantido o mínimo movimento, resultando numa redução de custos proveniente do menor tempo despendido, foi possível garantir uma utilização eficiente do espaço e também um maior conforto para os envolvidos, mantendo a proximidade destes e preservando a comunicação entre áreas.

A1 – Dividir as responsabilidades de abastecimento entre departamentos

Como exposto anteriormente uma das maiores dificuldades sentidas por todos os envolvidos, prendia-se com a falta de delimitação de tarefas entre os três principais departamentos envolvidos na operação. Esta carência, associada a falhas de comunicação entre equipas, estava a impactar negativamente todo o sistema produtivo.

Assim, surgiu a necessidade de delinear e atribuir responsabilidades no sentido de mitigar os problemas observados.

Para auxílio deste processo, procurou-se utilizar uma ferramenta que fosse clara e objetiva e que ajudasse a identificar de forma simples os responsáveis por cada tarefa, tendo-se optado pela elaboração de uma Matriz Responsável, Autoriza, Consultado e Informado (RACI). Esta matriz subentende a existência de quatro papéis principais são estes (Khan et al., 2014), o responsável – designado para a realização da tarefa –, quem autoriza – com a capacidade de aprovar ou não a execução dos trabalhos. O consultado, capaz de prestar informações para a concretização da tarefa e o informado, abrangendo todas as pessoas que necessitam de ser informadas, mas que não apresentam um papel direto na ação.

Para a elaboração da mesma, explicou-se de forma sucinta o significado de cada letra e quais as funções implícitas, tendo sido projetada numa das reuniões semanais, garantindo assim a presença de pelo menos um elemento com poder decisivo de cada área. Na Tabela 10, é possível observar a estrutura da matriz elaborada.

Tabela 10 – Matriz RACI de divisão de responsabilidades

Tarefa	Departamento	Logística			Produção			Qualidade		
		Supervisor	Líder GAT	Colaborador	Supervisor	Líder GAT	Colaborador	Supervisor	Líder GAT	Colaborador
R – Responsável A – Autoriza C – Consultado I – Informado										
Recolha das caixas de matéria-prima vazias		C/I	A/I	R	I	I		I		
Transporte das caixas de produto final		I	I/C		I/C	R/A		I		
Identificação das caixas de produto final			C		I/C	R/A		I		
Comunicar à equipa as necessidades de produção diárias		I			A/I	R	I			
Verificar a existência das matérias necessárias à produção na linha		I	I/C		I/C	A/C	R			
Abastecer o posto de trabalho a partir do supermercado		I	I/C		I/C	A/C	R			
Fazer o pedido de abastecimento do supermercado		I	I/C	I	I/C	R/A	I			
Fazer a gestão do supermercado		I	I/C		I/C	R/A	I			
Fazer o inventário do supermercado			I/C	I	I/C	R/A	I			
Fazer o controlo		I	I/C		I/C	R/A				
Abastecer o supermercado		I	A/C	R	I	I/C	I			
Abastecimento da zona de retrabalho		I			I/C	I/C		I	A/C	R

Considerou-se que seria uma mais-valia a colocação da matriz na área de trabalho, para que em qualquer altura pudesse ser consultada, tendo sido adicionada ao Quadro de Seguimento, onde constam as informações mais relevantes. O objetivo é que esta seja atualizada conforme a introdução de novas tarefas ou alteração dos responsáveis, tendo por base o *feedback* dos intervenientes.

A6 - Implementar conceitos de ergonomia nos posto de trabalho

A aplicação de conceitos de ergonomia, nomeadamente com a adaptação das zonas de trabalho, apresentou elevada importância no bem-estar dos colaboradores.

Um dos constituintes dos *bushings*, o inserto metálico, é por si só uma matéria-prima com algum peso pelo que o movimento do operador de elevar esta peça até à mesa de trabalho requeria esforço por parte deste. Adicionando a repetição dos movimentos, os colaboradores começaram a questionar a segurança em médio longo prazo. Com a manufatura da peça, o peso total aumentava ao longo da linha pelo que foi necessário adaptar os vários postos de trabalho.

Para tal, decidiu elevar-se todos os componentes necessários à manufatura que estavam ao nível do chão com auxílio de estruturas metálicas, como por exemplo na Figura 19, para uma altura mais adequada à altura de trabalho do operador.



Figura 19 – Exemplo de introdução de conceitos ergonómicos

De maneira a quantificar o impacto das melhorias, foram cronometrados os tempos dos operadores em três momentos distintos:

1. A transportar o inserto metálico para a mesa de trabalho;
2. A deslocar o cone de espuma da caixa até ao inserto metálico;
3. A colocar o *bushing* manufaturado na caixa do produto final.

Estudou-se o tempo médio de execução de cada tarefa após a melhoria aplicada e construiu-se a Tabela 11. Recorreu-se à equação (3) para o cálculo da percentagem de melhoria.

Tabela 11 – Tempo médio de execução de tarefas

Ação	Antes [s]	Depois [s]	Melhoria [s]	Melhoria [%]
Transportar o inserto metálico para a mesa de trabalho	8,21	6,33	1,88	22,90
Deslocar o cone de espuma da caixa até ao inserto metálico	3,73	2,41	1,32	35,39
Colocar o <i>bushing</i> manufaturado na caixa do produto final	7,31	5,12	2,19	29,96

Assim, foi possível verificar que os conceitos ergonómicos, permitem não só melhorias ao nível do bem-estar dos colaboradores pela redução dos movimentos destes, como também, a redução dos tempos associados ao transporte da matéria ao longo da produção. As três ações estudadas, por estarem diretamente associadas ao tempo de manufatura das peças, mostraram resultados positivos através da redução do tempo de execução de cada uma.

A7 – Melhorar o processo de medição

Como exposto anteriormente, foi identificada uma principal dificuldade experienciada pelos colaboradores no processo de enrolamento da fibra, nomeadamente no que diz respeito à aplicação da Fibra do Tipo B, pela necessidade de garantir que a fibra apresenta a devida distância entre filamentos enrolados, pelo facto do filamento apresentar a mesma cor dos dois lados dificulta esta medição.

Contudo, foram também verificados outros processos de medição possíveis de serem melhorados, de forma a torná-los mais fáceis e rápidos. Tais como:

- Garantir que o filamento é enrolado com o devido ângulo;
- Garantir que a Fibra do Tipo A, começa a ser enrolada no local correto e vai até outro com a correta distância.

a) 1º Solução

De maneira a dar resposta ao primeiro problema identificado, experimentou-se começar a pintar as bobines de Fibra do Tipo B, resultando na coloração do perímetro do filamento. Ao nível da medição, tornou o processo mais simples e visual, resultando

num menor tempo despendido por parte dos colaboradores neste e também, em medições mais precisas. Esta introdução desta solução pode ser verificada na Figura 20.

Esta ação de pigmentação verificou-se bastante positiva e fácil de concretizar, pelo que começou a ser implementada no processo.



Figura 20 – Pigmentação da fibra

Com o intuito de dar resposta à segunda e terceira dificuldade no processo de medição encontradas, tentou-se com o auxílio de gestão visual e *poka-yoke* colmatar as mesmas. As duas alternativas estudadas estão explicadas de seguida.

b) 2º Solução

Numa primeira fase, existiu a colocação de um desenho em duas dimensões da peça a manufacturar, com as mesmas dimensões que uma peça real, seguindo a exata posição desta na máquina de *winding* com os devidos ângulos, medições e todas as indicações necessárias para a correta colocação da fibra.

Esta ação, revelou-se bastante positiva a curto prazo, mas por ser um meio bastante contaminado por pequenos filamentos de fibra a médio prazo começou a demonstrar-se inexequível manter o desenho intacto e livre de impurezas. Esta contaminação, resultou na danificação da ajuda visual pelo que se optou pela retirada da mesma.

Assim, surgiu a necessidade de uma vez mais abordar este problema e tentar mitigá-lo através da formulação da solução a seguir exposta (3º Solução).

c) 3º Solução

A segunda alternativa formulada passou pela utilização de meios mecânicos para a marcação das medidas necessárias a serem respeitadas. Ou seja, a utilização de um *poka-yoke* mecânico (*gabarit*) para fazer a marcação diretamente na peça com recurso a um marcador.

Inicialmente a peça passaria da máquina de secagem para a máquina de *winding*, o *gabarit* seria colocado na peça e as marcações com o devido ângulo e comprimentos necessários seriam realizadas para auxiliar o operador no enrolamento da fibra.

Esta ideia por si só se revelou bastante vantajosa, pois as utilizações dos *gabarits* de medição não são influenciadas pelas condições do meio e porque permitem a correta e rápida marcação das medidas. O tempo necessário para o operador realizar a tarefa diminuiu bastante, com um novo tempo médio de 6 segundos, contrariamente ao tempo inicial de 10 segundos medido aquando da realização do VSM.

Ainda assim, percebeu-se que este tempo poderia ser incorporado no tempo de secagem da peça, quando esta está colocada na máquina de secar. Para isto fixou-se diretamente os *gabarits* na máquina e desta forma, as marcações podem ser realizadas enquanto a peça seca, não sendo necessário mais tempo, para além do utilizado na secagem, para a execução desta tarefa.



Figura 21 – *Gabarit* de medição fixo à máquina de secagem

Esta adaptação do *poke-yoke* à máquina de secagem, permitiu ainda, a redução de 1 segundo ao tempo de execução das marcações anteriormente cronometrado, tal como é comprovado na Gráfico 4.

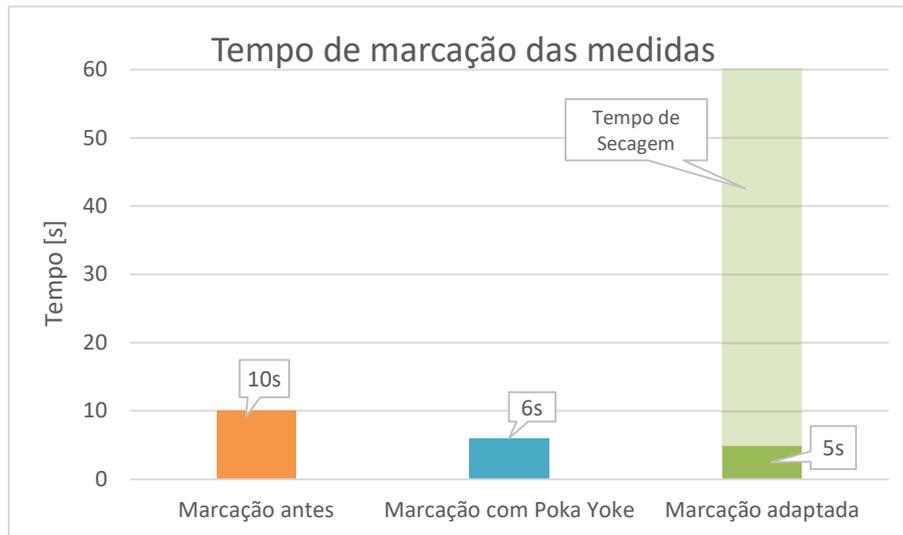


Gráfico 4 – Comparação dos tempos de execução de tarefa de marcação

É possível assim constatar que existiu uma redução direta de cinco segundos no tempo de ciclo de manufatura da peça, com a inclusão desse tempo no tempo de espera da secagem. Assim, verifica-se que existiu uma redução do desperdício associado à espera, com a introdução de uma tarefa sem valor acrescentado necessária ao processo e com grande peso na execução de medições mais rápidas e conformes. Foi ainda inserido um laser na máquina de *winding* – Figura 22 –, para uma dupla verificação, da inclinação correta da fibra aplicada. Assim, o operador consegue com elevado nível de certeza associado, verificar se o enrolamento está a ser executado de forma correta.



Figura 22 – Verificação com recurso a laser

Ainda dentro da melhoria do processo de medição, mas desta feita no que concerne à cronometragem, pelos colaboradores, do tempo necessário de permanência da peça na máquina de secagem e do tempo no carro de repouso, percebeu-se que estes processos não estavam a ser desempenhados corretamente.

d) 4ª Solução

Durante o processo de secagem, umas das etapas cruciais passa pela estabilização da peça durante dez minutos de forma a garantir que a mesma seca devidamente. Contudo, percebeu-se que os colaboradores apenas começam a cronometrar este tempo após colocar todas as dez peças – capacidade máxima – na máquina, de maneira que apenas necessitem de fazer uma única contabilização. Apesar da técnica garantir, quando não ocorrem erros de cronometragem, que as peças efetivamente ficam o tempo estipulado, está a gerar desperdício ao nível de espera uma vez que as peças têm de permanecer na máquina mais tempo do que seria esperado a aguardar que as restantes sejam colocadas.

Assim, foi possível perceber que a espera média de cada peça, até efetivamente o tempo começar a ser cronometrado, é de 154 segundos. Deste modo foi necessário conceber uma forma mais precisa de cronometrar o tempo para cada peça individualmente e que não necessite de grande esforço do operador, para que este possa continuar a realizar as restantes tarefas. Surgiu então a colocação de um sistema de cronometragem pneumático, individual a cada peça, garantindo o cumprimento unicamente do tempo estipulado. Ou seja, o colaborador coloca a peça e ativa imediatamente o cronómetro – Figura 23 –, sendo o desperdício identificado totalmente eliminado, existindo uma redução total desse tempo no processo de secagem.



Figura 23 – Cronómetros ativos de duas peças

e) 5ª Solução

No que diz respeito aos carros de repouso existentes, verificou-se que pela inexistência de uma ordem concreta de colocação das peças no carro estava a ser gerada bastante dificuldade ao segundo colaborador – responsável por tirar a peça do carro e colocar na máquina de *winding* –, em identificar quais as peças colocadas primeiro. Uma vez que, como

explicado anteriormente, as peças têm de repousar pelo menos 30 minutos antes de prosseguirem para o processo de *winding*, pelo que é importante conhecer a ordem de colocação das mesmas no carro de repouso. O mesmo se reflete na passagem de turno, caso ficassem peças no carro de repouso não haveria forma de identificar há quanto tempo estas tinham sido colocadas. Constatou-se também que as peças por vezes eram colocadas desde o lado do colaborador 1 até ao lado do colaborador 2, ficando as colocadas por último mais próximo da máquina de *winding* contrariamente ao que deveria acontecer, de forma que o sistema FIFO fosse respeitado.

Um dos motivos na base desta dificuldade, prende-se com a dimensão dos carros de repouso ser de 7x7, pelo que a disposição não permite a colocação de peças provenientes da mesma remessa da máquina de secagem de forma seguida – considerando que de uma remessa provém dez peças. Deste modo, uma forma simples e sem custos envolvidos de tornar a cronometração do tempo de repouso mais fácil, deu-se através da adição de um sistema de etiquetas, onde sempre que seja necessário é anotada na etiqueta, correspondente ao local de colocação, a hora de entrada da peça no carro. Uma outra alternativa seria a construção de carros com uma configuração diferente e possível de colocar as peças provenientes da mesma remessa juntas, mas tal envolveria custos e o desperdício dos carros existentes, pelo que foi descartada.

Foram também adicionadas duas faixas de cor aos carros, marcando o início e o fim, e explicado aos colaboradores que a ordem de colocação deveria ocorrer da cor verde até à cor vermelha, de maneira que as peças colocadas mais cedo sejam as primeiras a prosseguirem para o processo de *winding*, tal como é visível na Figura 24.

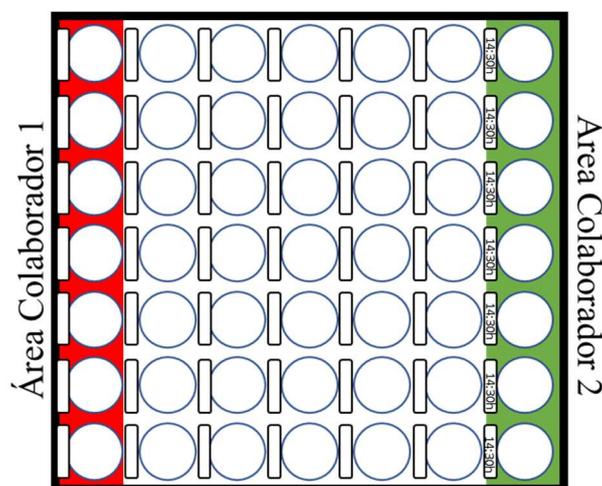


Figura 24 – Esquema da adaptação dos carros de repouso

Assim, foi possível fazer uso da configuração atual dos carros existentes e eliminar o desperdício de tempo associado à colocação errada das peças. Com base na construção do VSM do estado atual, percebeu-se que o colaborador 2 demora em média cerca de 37 segundos a perceber qual a peça colocada há mais tempo e a deslocá-la para uma zona mais próximo da sua área. Através desta solução, foi possível eliminar completamente esta tarefa sem valor acrescentado.

A3 – Desenvolver instruções de trabalho para todo o processo produtivo

A standardização de processos tem-se revelado crucial em meios produtivos, quer para gerar melhorias no meio quer para potenciar a capacidade produtiva.

Este processo iniciou-se com a identificação dos principais processos a necessitarem de instruções e seguidamente da recolha de informação, de forma a criar documentos rigorosos e detalhados. Seguiu-se um modelo único de documento, podendo ser analisado no APÊNDICE A – MODELO DE INSTRUÇÕES DE TRABALHO, e adaptou-se a descrição dos processos ao mesmo.

Assim sendo, foram criadas instruções de trabalho para as áreas de colagem, secagem, *winding*, embalamento e zona de retrabalho.

Também se considerou pertinente criar instruções de trabalho sobre a forma de utilização das máquinas de *winding*, detalhando todos os constituintes da máquina e passos necessários ao funcionamento correto desta. Para além disso, criou-se também um documento com a identificação dos possíveis erros gerados por estas máquinas, as devidas explicações e as formas de resolução. Assim, é garantido que, independentemente de o operador já ter ou não trabalhado com o equipamento, terá a informação necessária ao seu manuseamento.

Por esta ação de melhoria estar relacionada com o bem-estar dos colaboradores e a padronização do processo, torna-se difícil mensurá-la numericamente, contudo apresentou um elevado impacto na eliminação da dependência do processo em relação aos colaboradores com formação e líderes GAT, possibilitando a concretização dos processos por qualquer indivíduo.

A5 – Implementar os conceitos de 5S na zona produtiva

De forma a tornar o meio de trabalho mais organizado, promoveu-se o *seiton* – Figura 25 –, com a definição de locais próprios para cada tipo de ferramenta, a etiquetagem dos

mesmos para uma rápida identificação dos materiais, e ainda, a utilização de *zoonings* para delimitar o local apropriado das máquinas e outros materiais de maiores dimensões.

Ao nível das bancadas de trabalho, e visando a adoção do *seiri* – Figura 26 –, incentivou-se a libertação de espaço e o aproveitamento do espaço lateral das mesmas, permitindo a existência de uma área maior dedicada somente à execução das tarefas.



Figura 25 – Exemplo de aplicação do *seiton*



Figura 26 – Exemplo de aplicação do *seiri*

Ainda ao nível do *seiri*, procedeu-se à retirada de um armário da zona produtiva, uma vez que este era prescindível à organização do meio e estava-se a revelar um ponto de acumulação. Apesar do *seiso* já estar presente na cultura laboral dos colaboradores, facilitou-se esta prática com a definição de um ponto de limpeza na zona produtiva, Figura 27, tornando o processo mais rápido pela proximidade dos elementos necessários à manutenção do espaço.

De forma a incentivar a prática contínua do *seiketsu* e do *shitsuke*, introduziu-se um quadro, Quadro de Seguimento, na zona de produção, cujo objetivo é encorajar os colaboradores, transmitir informações importantes entre turnos e registar objetivos de produção.



Figura 27 – Exemplo de aplicação do *seiso*

Esta ação de melhoria possibilitou a adaptação das bancadas de trabalho às tarefas a realizar, permitindo uma redução do tempo despendido na procura das ferramentas necessárias à concretização do mesmo, aumento das condições de trabalho, pela organização e limpeza do espaço, e simplificação da comunicação entre equipas. Culminando desta forma no aumento da satisfação dos colaboradores e produtividades dos mesmos – características difíceis de mensurar numericamente.

Avaliação dos Resultados

A avaliação de resultados terá em conta três indicadores, suficientemente abrangentes e capazes de avaliar todos os níveis de impacto das ações implementadas. São estes: tempo de ciclo, bem-estar dos colaboradores e impacto financeiro.

De um modo geral, foi possível realizar todas as ações identificadas como necessárias ao aumento da qualidade do sistema produtivo, obtendo-se resultados bastante positivos. Na Tabela 12, é possível verificar as ações e quais as fases do processo que impactaram, bem como a análise desse impacto.

Tabela 12 – Ações implementadas e respetivo impacto no processo

Melhoria	Fase do Processo	Impacto
A2	<i>Winding</i>	TS1 = 788,5 s
		TS2 = 243,5 s
A4	Todo o processo	Poupança 589€
A8	Secagem	Redução 2 s
	<i>Winding</i>	Redução 2,17 s
A1	Todo o processo	Divisão clara de responsabilidades
A6	Colagem	Redução de 3,20 s
	Embalagem	Redução de 2,19 s
A7 – 1º Solução	<i>Winding</i>	Processo mais simples
A7 – 2º Solução	<i>Winding</i>	Não resultou
A7 – 3º Solução	<i>Winding</i>	Redução 10 s
	Secagem	Aumento 5 s
A7 – 4º Solução	Secagem	Redução 154 s
A7 – 5º Solução	<i>Winding</i>	Redução 37 s
A3	Todo o processo	Processo padronizado
A5	Todo o processo	Aumento da produtividade

Começando pela análise do primeiro indicador – tempo de ciclo – e tendo em consideração as ações com impacto direto no tempo de ciclo – A2, A8, A6 e A7 - 3º/4º/5º Solução – foi possível traçar o VSM do estado futuro, representado na Figura 28.

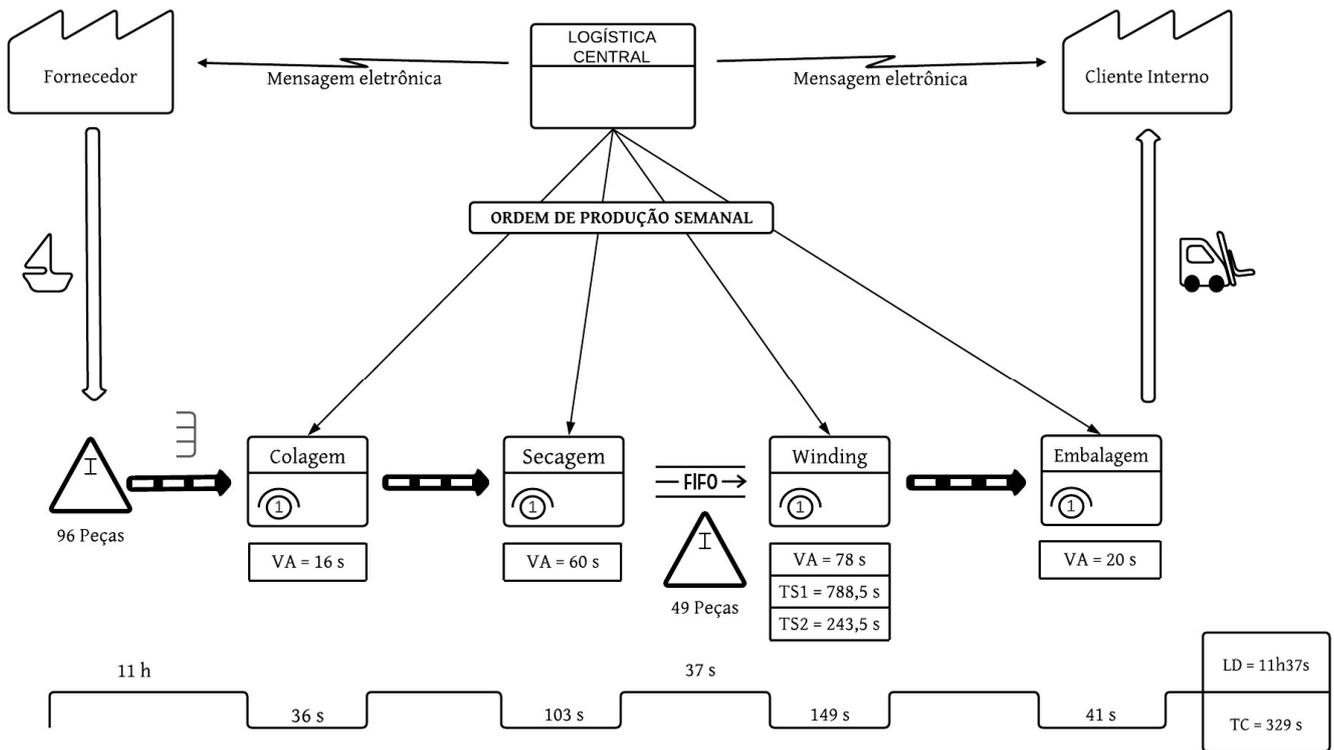


Figura 28 – Value Stream Mapping do Estado Futuro (TO-BE)

A existência de um supermercado com elevada proximidade da linha de produção permite garantir que o nível de *stock* existente na linha é o correspondente ao número de peças possíveis de serem manufaturadas com a existência de uma única caixa de matéria-prima, correspondendo a um total de 96 peças. Assim, é garantida uma diminuição significativa em relação ao estado inicial do valor de *lead time*, existindo uma redução de um dia e 13 horas. Como é possível verificar, as melhorias implementadas permitiram uma redução do tempo de execução de tarefas sem valor acrescentado em 205 segundos, perfazendo uma melhoria de 62,3% do tempo de ciclo. Apesar de não existir a introdução de mais tarefas com valor acrescentado, as já existentes apresentam agora uma maior expressão – cerca de 53% –, devido à redução de tarefas sem valor acrescentado.

A análise do segundo indicador – bem-estar dos colaboradores –, teve como base todas as ações que apresentaram influência neste indicador, são estas as ações A8, A6, A1, A7-1º Solução, A3 e A5. Visando a redução do número de movimentos realizados pelos colaboradores, prevenindo a acumulação de fadiga, existiu a introdução de um novo *layout* no sistema produtivo. Esta ação, resultou numa menor distância percorrida por estes, existindo uma redução de 28,02% dos passos percorridos pelo colaborador 1 e de 31,24% dos dados pelo colaborador 2. Tendo em conta que estas melhorias são relativas a uma

unidade de produto, é possível realizar a análise para um dia de trabalho, considerando a produção de 212 *bushings* diários e que por turno são produzidos metade (106 *bushings*).

Assim, o número de passos realizados por colaborador 1 por turno por 106 unidades de produto, no *layout* inicial e no novo *layout*, é dado pelas equações (8) e (9), respetivamente. Existem assim uma redução diária de 247 passos.

$$\text{Número de passos do Colaborador 1} = 8,85 \times 106 \approx 938 \quad (8)$$

$$\text{Número de passos do Colaborador 1} = 6,37 \times 106 \approx 676 \quad (9)$$

Aplicou-se o mesmo pressuposto para a análise do número de passos dados pelo colaborador 2 de cada turno por 106 unidades de produto produzidas, e verificou-se uma redução diária de 290 passos.

$$\text{Número de passos do Colaborador 2} = 8,61 \times 106 \approx 913 \quad (10)$$

$$\text{Número de passos do Colaborador 2} = 5,92 \times 106 \approx 626 \quad (11)$$

As restantes ações foram avaliadas com base no *feedback* recebido por parte dos colaboradores pelo que não são possíveis de mensurar. Foi de consenso geral que a introdução dos conceitos de ergonomia tiveram um papel muito importante na postura dos colaboradores, existindo uma menor preocupação com a existência de lesões futuras. Também se mostraram bastante satisfeitos com a introdução dos 5S no sistema produtivo – devido à adaptação das bancadas às tarefas a serem realizadas e à manutenção de um meio organizado e limpo –, pela maior facilidade do método de medição da distância entre filamentos de fibra e pelas instruções de trabalho. Destaque para as instruções de trabalho associadas ao modo de funcionamento de trabalho das máquinas, uma vez que estas se encontram em inglês e que pela tradução das interfaces facilitou a compreensão de todos e consequentemente, uma menor dependência destes. A divisão de responsabilidades também se mostrou bastante efetiva, resultando numa maior independência dos colaboradores em relação às atividades ao seu encargo.

O terceiro indicador prende-se com o impacto financeiro e aqui depreende-se que todas as ações de uma forma ou outra tiveram influência neste indicador apesar de ser difícil

de mensurar. Isto porque, quanto menor os desperdícios associados ao transporte de material, ao movimento dos colaboradores, ao tempo de *setup* das máquinas, às falhas de abastecimento das linhas produtivas, menor serão os custos envolvidos. Nesta avaliação, destaca-se a implementação da ação A4, pela facilidade de identificação dos benefícios monetários envolvidos. A introdução desta zona de retrabalho, permitiu uma poupança direta de 589€ no final do primeiro mês de funcionamento, pelo que considerando esta a poupança mensal durante um ano, ao final deste terá existido uma poupança de $589 \times 12 = 7.068\text{€}$. Considerando que este projeto ainda se encontra numa fase inicial, é expectável que os ganhos venham a ser consideravelmente maiores em concordância com o aumento da produção.

6. CONCLUSÃO

O presente documento surgiu da compilação de todas as etapas envolvidas na persecução dos objetivos propostos, possibilitando a construção de uma resposta à pergunta de investigação colocada inicialmente, “Como melhorar o processo produtivo dos *bushings* de forma a dar resposta às exigências dos dois tipos de modelos de pás?”. Alicerçado numa estratégia de investigação-ação, segundo a condução de quatro fases fundamentais – diagnóstico, planeamento, ação e avaliação –, foi possível alocar a concretização dos objetivos a fases específicas e assim seguir uma estratégia bem definida para a execução dos mesmos.

Com a realização do VSM presente na Figura 8 (secção 4.3.2), foi possível dar resposta ao Objetivo 1 – Realização do *Value Stream Mapping* do processo de produção dos *Bushings*. A concretização do Objetivo 2, Análise e identificação dos problemas e causas raiz, (secção 5.1) teve por base o diagnóstico do estado atual através da análise do VSM e de um forte contacto com o meio produtivo, permitindo a identificação dos principais problemas e seguidamente, da compilação das causas raiz dos mesmos – Figura 9 –, com recurso à ferramenta dos 5 *Whys*. Deste modo foi possível perceber que diferentes problemas apresentavam a mesma causa raiz (Tabela 3).

De seguida, foi possível apresentar um conjunto de soluções visando a eliminação das causas raiz identificadas e elaborou-se o plano de ações (secção 5.2). O plano de ações teve por base a priorização das causas raiz, auxiliado da construção da matriz GUT, atribuindo uma ordem cronológica de implementação das ações de melhoria com base na prioridade de resolução de cada causa raiz (Tabela 4). Deste modo, deu-se resposta ao Objetivo 3, Seleção de ferramentas *lean* para a mitigação dos problemas identificados.

O Objetivo 4 – Implementação e avaliação das melhorias propostas –, foi possível de ser realizado através da concretização das ações de melhoria propostas e pela avaliação dos impactos de cada uma no processo, Tabela 12, (secção 5.3). A avaliação das melhorias propostas teve em consideração três indicadores – tempo de ciclo (Figura 28), bem-estar dos colaboradores e impacto financeiro.

6.1. Contributos Práticos

A realização deste projeto permitiu um profundo conhecimento acerca das ferramentas *lean* existentes e da versatilidade destas a variadas áreas. Com o intuito de caracterizar os impactos do projeto na organização, procedeu-se ao estudo de três indicadores – tempo de ciclo, bem-estar dos colaboradores e impacto financeiro. Onde se verificou uma redução de 62,3% do primeiro, um aumento da satisfação dos colaboradores face às melhores condições de trabalho e a uma diminuição da fadiga resultante de um excesso de movimentos realizados, e ainda uma projeção de poupança média anual de, pelo menos, 7.068€.

A presença no chão de fábrica, permitiu perceber que a cultura organizacional é algo bastante intrínseco nos colaboradores, mas que apesar de forte é possível de ser trabalhada e melhorada, quando lhes é dado um papel nessa mudança. Tentar criar doutrinas e parâmetros sem consideração por estes, pode efetivamente originar entraves e dificultar todo o processo de mudança.

Foi também possível perceber que nem sempre as grandes mudanças são as que trazem os maiores impactos. Tal é possível de ser comprovado com a introdução de pequenas soluções aquando da execução da ação A7 – Melhorar o processo de medição –, resultando numa redução total direta de 169 segundos ao tempo de ciclo e para além disso, tornaram todo o processo de medição mais simples.

6.2. Limitações do Trabalho

Este trabalho surgiu como produto do estágio curricular realizado na organização SGB e apresentou algumas limitações à sua realização. A principal dificuldade deu-se devido ao tema proposto inicialmente não ser concordante com o trabalho efetivamente realizado na organização, levando à necessidade de mudança de tema para um assunto possível de ser desenvolvido com os recursos existentes. Tornou-se impraticável a persecução do tema inicialmente proposto uma vez que não existia contacto com a área nem acompanhamento de um membro da organização. Ainda assim, após a exposição desta dificuldade à organização, foi possível abraçar outro tema, desta feita, com um propósito e objetivo real para a organização. Contudo, esta necessidade de mudança de área inviabilizou todo o trabalho de investigação realizado anteriormente, pelo que todo o processo teve de ser recomeçado o que levou a uma maior limitação temporal para o desenvolvimento das

melhorias propostas. Também devido ao curto espaço de tempo em que o estágio foi conduzido, apenas foi possível concretizar um ciclo de investigação-ação.

Outra limitação identificada, deveu-se ao facto de no decorrer do estágio a organização estar a sofrer mudanças estruturais a vários níveis, devido à alteração do grupo detentor da mesma, pelo que apesar de algumas ações serem reconhecidas como fundamentais à geração de bons resultados a sua implementação não considerou todo o potencial existente, como foi o caso da ação A2, “Implementar um supermercado próximo à linha de produção”, que apesar de ter sido implementada não foi explorada tão profundamente como poderia ter sido.

6.3. Recomendações de Trabalho Futuro

Como exposto anteriormente a ação de implementação de um supermercado próximo à linha de produção (A2), não foi explorada tão profundamente como seria possível. As limitações de espaço disponível associado ao momento organizacional vivido, nomeadamente com a alteração do sistema de planeamento de recursos empresariais, não possibilitaram a projeção do supermercado com base em questões relacionadas com a escolha de um *layout* adequado ao tipo de armazenamento. Um levantamento logístico pormenorizado – não focado apenas no tipo de referências necessárias e na dimensão das embalagens, mas também no nível de procura dos componentes –, o estudo da introdução do *mizusumashi*, com a alocação de um operador logístico focado no abastecimento da linha produtiva, a forma de abastecimento e das unidades de transporte, por exemplo. Além disso, é também recomendado o estudo da implementação de um sistema de abastecimento apoiado no *Kanban* e *eKanban*, por já serem utilizados noutras áreas da organização.

Uma segunda recomendação para trabalho futuro, passa pela adaptação da zona de retrabalho ao volume de produção, isto é, com o aumento esperado da produção é expectável que ocorra também um aumento de peças com necessidade de retrabalho, nomeadamente devido a defeitos na matéria-prima, pelo que deve ser estudada a necessidade de alocar um colaborador, ou mais, a tempo inteiro a essa área. E também o aumento da área dedicada à zona de retrabalho. Por fim, é recomendado a concretização de mais ciclos de investigação-ação de forma a que exista a constante melhoria contínua do processo produtivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkhoraif, A., Rashid, H., & McLaughlin, P. (2019). Lean implementation in small and medium enterprises: Literature review. *Operations Research Perspectives*, 6(December 2018), 100089.
- Álvarez-García, J., Durán-Sánchez, A., & del Río-Rama, M. de la C. (2018). Systematic bibliometric analysis on Kaizen in scientific journals. *TQM Journal*, 30(4), 356–370.
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127.
- Azevedo, J., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Santos, G., Cruz, F. M., Jimenez, G., & Silva, F. J. G. (2019). Improvement of production line in the automotive industry through lean philosophy. *Procedia Manufacturing*, 41, 1023–1030.
- Backlund, F., & Sundqvist, E. (2018). Continuous improvement: challenges for the project-based organization. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 35(7), 1306–1320.
- Belvedere, V., Cuttaia, F., Rossi, M., & Stringhetti, L. (2019). Mapping wastes in complex projects for Lean Product Development. *International Journal of Project Management*, 37(3), 410–424.
- Bhushan, U., Aserkar, R., Kumar, K. N., & Seetharaman, A. (2017). Effectiveness of Just In Time Manufacturing Practices. *International Journal of Business Management and Economic Research*, 8(6), 1109–1114.
- Cadden, T., Millar, K., Treacy, R., & Humphreys, P. (2020). The mediating influence of organisational cultural practices in successful lean management implementation. *International Journal of Production Economics*, 229(April 2019), 107744.
- Carnerud, D., Jaca, C., & Bäckström, I. (2018). Kaizen and continuous improvement – trends and patterns over 30 years. *TQM Journal*, 30(4), 371–390.
- Carvalho, C., & Castro, C. (2020). Application of a tool based on the GUT matrix for the improvement of quality Indicators in the automotive industry. *World Journal of Advanced Engineering Technology and Sciences*, 1(1), 037–043.
- Chang, V., Chen, Y., (Justin) Zhang, Z., Xu, Q. A., Baudier, P., & Liu, B. S. C. (2021). The market challenge of wind turbine industry-renewable energy in PR China and Germany. *Technological Forecasting and Social Change*, 166(January), 120631.
- Corradini, F., Fornari, F., Polini, A., Re, B., Tiezzi, F., & Vandin, A. (2021). A formal approach for the analysis of BPMN collaboration models. *Journal of Systems and Software*, 180, 111007.
- Costa, C., Pinto Ferreira, L., C. Sa, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*. January, 001–012.
- De, D., Chowdhury, S., Dey, P. K., & Ghosh, S. K. (2020). Impact of Lean and Sustainability Oriented Innovation on Sustainability Performance of Small and Medium Sized Enterprises: A Data Envelopment Analysis-based framework. *International Journal of Production Economics*, 219(August 2017), 416–430.

- de Oliveira, F. B., Forbes, H., Schaefer, D., & Syed, J. M. (2020). Lean principles in vertical farming: A case study. *Procedia CIRP*, 93, 712–717.
- Dias, P., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., & Santos, T. (2019). Analysis and improvement of an assembly line in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 1444–1452.
- Dimitrescu, A., Babis, C., Niculae, E., Chivu, O., & Dascalu, L. (2019). Efficiency of a production line by application of the Kanban method. *Journal of Research and Innovation for Sustainable Society*, 1(1), 29–34.
- Eden, C., & Ackermann, F. (2018). Theory into practice, practice to theory: Action research in method development. *European Journal of Operational Research*, 271(3), 1145–1155.
- Elg, M., Gremyr, I., Halldórsson, Á., & Wallo, A. (2020). Service action research: review and guidelines. *Journal of Services Marketing*, 34(1), 87–99.
- Elkhairi, A., Fedouaki, F., & El Alami, S. (2019). Barriers and critical success factors for implementing lean manufacturing in SMEs. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 565–570.
- Erasmus, J., Vanderfeesten, I., Traganos, K., & Grefen, P. (2020). Using business process models for the specification of manufacturing operations. *Computers in Industry*, 123, 103297.
- Ferreira, C., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Lopes, M. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2019). ILeanDMAIC - A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*, 41, 1095–1102.
- Hartmann, L., Meudt, T., Seifermann, S., & Metternich, J. (2018). Value stream method 4.0: Holistic method to analyse and design value streams in the digital age. *Procedia CIRP*, 78, 249–254.
- Henao, R., Sarache, W., & Gómez, I. (2019). Lean manufacturing and sustainable performance: Trends and future challenges. *Journal of Cleaner Production*, 208, 99–116.
- Hoellthaler, G., Braunreuther, S., & Reinhart, G. (2018). Digital Lean Production-An Approach to Identify Potentials for the Migration to a Digitalized Production System in SMEs from a Lean Perspective. *Procedia CIRP*, 67, 522–527.
- Izu, M., Silvino, Z. R., Souza, C. J. de, Joaquim, F. L., & Ferreira, A. de O. M. (2020). Pragmatismo e o método misto. *Research, Society and Development*, 9(6), e151963516.
- Jimenez, G., Santos, G., Sá, J. C., Ricardo, S., Pulido, J., Pizarro, A., & Hernández, H. (2019). Improvement of productivity and quality in the value chain through lean manufacturing - A case study. *Procedia Manufacturing*, 41, 882–889.
- Johansson, A., & Nafisi, M. (2020). Process mapping in industry - the self-centred phenomenon and how it effects continuous improvements. *Procedia CIRP*, 93, 718–723.
- Kesen, S. E., & Sert, M. (2020). A simulation analysis of a serial line pull system producing orders with various part types and volumes. *International Journal of Modelling and Simulation*, 40(3), 184–200.
- Khan, P. M., & Quraishi, K. A. (2014). Impact of RACI on delivery and outcome of software development projects. *International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies, ACCT*, 177–184.
- Klein, L. L., Tonetto, M. S., Avila, L. V., & Moreira, R. (2021). Management of lean waste in a public higher education institution. *Journal of Cleaner Production*, 286, 125386.

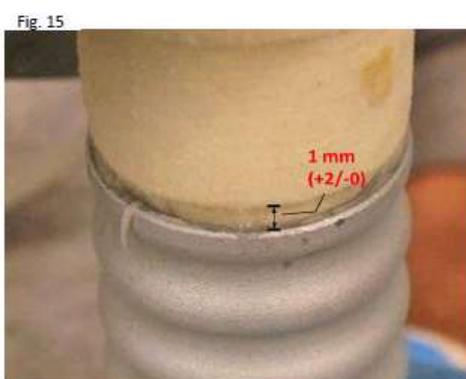
- Koptak, M., Džubáková, M., Vasiliene-Vasiliauskiene, V., & Vasiliauskas, A. V. (2017). Work Standards in Selected Third Party Logistics Operations: MTM-LOGISTICS Case Study. *Procedia Engineering*, 187, 160–166.
- Lodhi, A., Küppen, V., & Saake, G. (2011). An Extension of BPMN Meta-model for Evaluation of Business Processes. *Scientific Journal of Riga Technical University. Computer Sciences*, 43(1), 27–34.
- Lyu, Z., Lin, P., Guo, D., & Huang, G. Q. (2020). Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just-In-Time production. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 64(January 2019), 101932.
- Mayr, A., Weigelt, M., Kühn, A., Grimm, S., Erll, A., Potzel, M., & Franke, J. (2018). Lean 4.0-A conceptual conjunction of lean management and Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 72, 622–628.
- Melnikovas, A. (2018). Towards an explicit research methodology: Adapting research onion model for futures studies. *Journal of Futures Studies*, 23(2), 29–44.
- Mohaghegh, M., Blasi, S., & Größler, A. (2021). Dynamic capabilities linking lean practices and sustainable business performance. *Journal of Cleaner Production*, 322(February).
- Muchaendepi, W., Mbohwa, C., Hamandishe, T., & Kanyepe, J. (2019). Inventory management and performance of SMEs in the manufacturing sector of Harare. *Procedia Manufacturing*, 33, 454–461.
- Murata, K. (2019). On the role of visual management in the era of digital innovation. *Procedia Manufacturing*, 39, 117–122.
- Narke, M. M., & Jayadeva, C. T. (2020). Value Stream Mapping: Effective Lean Tool for SMEs. *Materials Today: Proceedings*, 24, 1263–1272.
- Nourmohammadi, A., Eskandari, H., Fathi, M., & Aghdasi, M. (2018). A mathematical model for supermarket location problem with stochastic station demands. *Procedia CIRP*, 72, 444–449.
- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through “Lean Tools”: An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082–1089.
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. *Procedia CIRP*, 60, 380–385.
- Ongkowijoyo, Y. K., Pratama, A. T., & Sofianti, T. D. (2020). Supply Chain Improvement in a Local Toy Manufacturing Company by a Kanban System. *ACM International Conference Proceeding Series*.
- Pena, R., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Sá, J. C., Fernandes, N. O., & Pereira, T. (2020). Lean manufacturing applied to a wiring production process. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1387–1394.
- Pienkowski, M. (2014). Waste Measurement Techniques for Lean Manufacturing Companies. *International Journal of Lean Six Sigma*, 5(1), 1–16.
- Powell, D. J. (2018). Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 140–143.
- Ranjith Kumar, R., Ganesh, L. S., & Rajendran, C. (2021). An entropy based approach to 5S maturity. *Materials Today: Proceedings*, 46, 8103–8110.

- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38(2019), 765–775.
- Romero, D., Gaiardelli, P., Powell, D., Wuest, T., & Thürer, M. (2019). Rethinking jidoka systems under automation & learning perspectives in the digital lean manufacturing world. *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 899–903.
- Romero, L. F., & Arce, A. (2017). Applying Value Stream Mapping in Manufacturing: A Systematic Literature Review. *IFAC-PapersOnLine*, 50(1), 1075–1086.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda (Lean Enterprise Institute). In *Lean Enterprise Institute Brookline* (p. 122).
- Sadiq, S., Amjad, M. S., Rafique, M. Z., Hussain, S., Yasmeen, U., & Khan, M. A. (2021). An integrated framework for lean manufacturing in relation with blue ocean manufacturing - A case study. *Journal of Cleaner Production*, 279.
- Saier, M. C. (2017). Going back to the roots of W.A. Shewart (and further) & introduction of a new CPD Cycle. *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 10(Iss 1).
- Salvadorinho, J., & Teixeira, L. (2021). Organizational knowledge in the I4.0 using BPMN: A case study. *Procedia Computer Science*, 181(2019), 981–988.
- Sangode, P. (2018). Impact of 5s methodology on the efficiency of the workplace: study of manuf. *Clear International Journal of Research in Commerce & Management*, 9(12), 14–16.
- Sati, S. A., & Adam, A. I. (2019). Evaluating the Effectiveness of 5S Implementation in the Industrial Sector. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4(10), 804–808.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhil, A. (2016). *Research Methods for Business Students* (Seventh). Person.
- Serrat, O. (2017). Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance. *Knowledge Solutions: Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance*, 1–1140.
- Singh, S., & Kumar, K. (2021). A study of lean construction and visual management tools through cluster analysis. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 1153–1162.
- Stadnicka, D., & Litwin, P. (2019). Value stream mapping and system dynamics integration for manufacturing line modelling and analysis. *International Journal of Production Economics*, 208(April 2018), 400–411.
- Steenkamp, L. P., Hagedorn-Hansen, D., & Oosthuizen, G. A. (2017). Visual Management System to Manage Manufacturing Resources. *Procedia Manufacturing*, 8(October 2016), 455–462.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875–1885.
- Sutharsan, S. M., Mohan Prasad, M., & Vijay, S. (2020). Productivity enhancement and waste management through lean philosophy in Indian manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 33, 2981–2985.

- Vaz, S., & Saraiva, A. (2020). *Métodos e Tempos*.
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. *Procedia Manufacturing*, 22, 900–905.
- Vieira, A. M., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Pereira, T. (2020). SMED methodology applied to the deep drawing process in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 51(2020), 1416–1422.
- Vo, B., Kongar, E., & Suárez Barraza, M. F. (2019). Kaizen event approach: a case study in the packaging industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 68(7), 1343–1372.
- Wilson, L. (2009). *How To Implement Lean Manufacturing*, 1st Ed., Mc Graw Hill.
- Xanthopoulos, A. S., Koulouriotis, D. E., & Gasteratos, A. (2017). Adaptive card-based production control policies. *Computers and Industrial Engineering*, 103, 131–144.
- Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S. K., Narkhede, B. E., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118726.
- Zahraee, S. M., Toloioe, A., Abrishami, S. J., Shiwakoti, N., & Stasinopoulos, P. (2020). Lean manufacturing analysis of a Heater industry based on value stream mapping and computer simulation. *Procedia Manufacturing*, 51(2019), 1379–1386.
- Zangaro, F., Battini, D., Calzavara, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2018). A Model to Optimize the Reference Storage Assignment in a Supermarket to Expedite the Part Feeding Activities. *IFAC-PapersOnLine*, 51(11), 1470–1475.

APÊNDICE A – MODELO DE INSTRUÇÕES DE TRABALHO

Nº operação	Operação	Descrição Sumária das Ações
10	Colagem da espuma no inserto metálico	- Inserir o cone da espuma no inserto metálico, com um leve movimento de torção (Fig. 14 e Fig. 15). - A superfície plana da espuma deve ser posicionada inicialmente a 90 graus da gravura do inserto metálico e depois com um movimento de torção alinhar com a gravura (Fig.14). - Remover o excesso de cola, se necessário.
Auxiliar Visual:		



Nº operação	Operação	Descrição Sumária das Ações
20	LOGIN DO UTILIZADOR	<ul style="list-style-type: none"> - Após a máquina ligar aparecerá uma caixa de aviso "Necessário efetuar Referenciação do Eixo Linear!" (Fig.3). - Fechar a caixa de aviso carregando "OK". - Aparecerá a caixa para efetuar o login (Fig.4). - Inserir o "User" e a "Password" e carregar "OK". - Login efetuado com sucesso quando aparece a caixa com a mensagem "Login Success" (Fig.5) e carregar "OK".
Auxiliar Visual:		



Fig.3



Fig.4



Fig.5

APÊNDICE B – EXEMPLOS DE AJUDAS VISUAIS

FISSURAS E MANCHAS NOS CONES DE ESPUMA

OK

- ✓ Diâmetro da mancha de sujidade ≤ 7 mm
- ✓ Fissuras no material com comprimento ≤ 12 mm
- ✓ Fissuras no material com comprimento > 12 mm e largura ≤ 5 mm

NOK



- ✗ Fissuras no material com comprimento > 12 mm e largura > 5 mm
- ✗ Diâmetro da mancha de sujidade > 7 mm
- ✗ Mais do que 1 zona de sujidade de qualquer tamanho
- ✗ Furos na superfície com diâmetro > 12 mm
- ✗ Furos com diâmetro > 5 mm nos 30 mm finais da ponta do cone
- ✗ Mais de 10 furos na superfície

DEFEITOS NOS INSERTOS METÁLICOS

OK



- ✓ Danos no revestimento de zinco na zona da gravura devido aos processos de montagem do bushing
- ✓ Marcas de defeitos/riscos sem penetração da superfície interna e externa
- ✓ Marca de pressão visível na borda do diâmetro externo devido ao processo de fabricação do inserto metálico (sem danificação do revestimento de zinco)

NOK



- ✗ Marcas de defeitos/riscos no inserto metálico com penetração da superfície interna e externa
- ✗ Manchas de ferrugem na área da face do inserto metálico e/ou no diâmetro interno (estas manchas devem ser removidas)