



JOÃO MANUEL PIMENTA DE OLIVEIRA

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Aumento da Eficiência de uma Linha de Embalagem
numa Indústria de Papel

Aumento da Eficiência de uma Linha de Embalagem numa Indústria de Papel

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

JOÃO MANUEL PIMENTA DE OLIVEIRA

Licenciado em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

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

Júri:

- Presidente:** Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes,
Professora Associada da FCT, Universidade Nova de Lisboa
- Arguente:** Doutor Pedro Domingos Belo Carmona Marques,
Professor Adjunto Convidado do ISEL, Instituto Politécnico de Lisboa
- Orientador:** Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas,
Professora Auxiliar da FCT, Universidade Nova de Lisboa
- Vogal:** Engenheiro Carlos Miguel da Silva Luís,
Responsável da Transformação NPS2, The Navigator Company

Aumento da Eficiência da uma Linha de Embalagem numa Indústria de Papel

Copyright © João Manuel Pimenta de Oliveira, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

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

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer à minha família, Mãe, Pai, Irmã, Avó Amélia, Avó Maria, Avô e Dinita, e amigos, Hugo, Fábio, Lança e Rodrigo por todo o suporte financeiro e emocional que me proporcionaram. De seguida, agradecer aos engenheiros Carlos e António que me acolheram, não esquecendo a engenheira Mariana, que tratou das burocracias, e toda a equipa da Transformação que se mostrou disponível sempre que precisei.

De carácter universitário, agradecer à minha orientadora, professora Helena Navas, que me ajudou a estruturar a dissertação e me aconselhou sobre possíveis caminhos a seguir na mesma, à minha mentora, engenheira Maria Martins, que me solucionou algumas dúvidas de percurso e me sugeriu mudanças significativas, e aos meus colegas que me acompanharam nestes cinco anos, em especial, ao Rúben Brigas, pelas suas incansáveis ajudas, em Erasmus ou cá, o que mais suportou este espírito livre solitário, ao Francisco Correia, pelo brio que pôs nos trabalhos de grupo, pela nota a Física I e por nunca brincar em serviço, ao Daniel Espinheira, pelas incessáveis noites de estudo, onde eu filosofava e ele (não) estudava, ao João Gabriel pelo incansável apoio no projeto de ICE e em inúmeros outros, à Maria Inês, que nunca falhou com apontamentos extraordinários e resoluções de testes, e a todos os outros que me viram tornar um Daniel Craig durante a quarentena e muito mais, um sorriso para o Valente, Leo, Nuno, Malfadas, Adriana, Inês, Hugo, João, Rafa, Rodrigo que sempre me apoiaram e fizeram com que o sucesso curricular dos cinco longos anos de curso fossem possíveis.

Por último, mas não menos importante, agradecer à instituição, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, e ao respetivo departamento, Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial, pelo acolhimento durante os últimos cinco anos de curso que culminaram na realização e apresentação da presente dissertação de mestrado. Deixar também uma palavra de agradecimento à empresa, The Navigator Company, que com certeza vai ficar marcada na minha memória pelos quase oito meses de acolhimento.

"Don't stop when you are tired. Stop when you are done."
(David Goggins)

RESUMO

Ao longo das últimas décadas, as empresas têm vindo a aplicar práticas *Lean* nos seus processos, com o objetivo de aumentar a eficiência dos mesmos. Na indústria do papel, o *Lean* desempenha um papel crucial devido às características específicas desse setor. Esta indústria pode gerar uma quantidade significativa de desperdícios, incluindo resíduos de matérias-primas, energia e tempo. O *Lean* ajuda a identificar e eliminar esses desperdícios, resultando em uma produção mais eficiente e económica. A The Navigator Company é uma das maiores empresas produtoras de papel do mundo e destaca-se pela aplicação consistente e bem-sucedida de várias ferramentas *Lean* ao longo dos anos. Essas iniciativas visam melhorar continuamente os seus processos internos e aumentar a eficiência operacional. Nesse âmbito surgiu este projeto com o objetivo de melhorar o processo *Cut-Size*, procurando maximizar a produção de paletes por unidade de tempo, reduzindo para isso os tempos de paragem da linha. Para a realização do estudo foram utilizadas várias ferramentas analíticas do *Lean*, tais como VSM, Quadros *Kaizen*, Cartões *Kamishibai*, *SMED*, 5S, entre outras. Também foram aplicadas algumas ferramentas da gestão de qualidade como Diagrama de Pareto, 5 *Why's*, Diagrama de Causa-Efeito, entre outras. Foram identificadas sete oportunidades de melhoria no processo em estudo, para as quais foram desenvolvidas sete propostas. A renovação de Quadros *Kaizen* já existentes e a introdução de Cartões *Kamishibai* para controlo das reuniões diárias foram propostas que permitiram obter melhores indicadores de desempenho e melhor diagnóstico das dificuldades. O restabelecimento da cadência de produção, a implementação de um *buffer* de segurança e a redução dos tempos de *set-up* possibilitaram o indicador de Eficiência Tempo chegar aos 87.47% e o indicador Global aos 85.05%. Verificou-se ainda uma redução de custos de 55.6% com a solução dos problemas de escorregamento de mandris.

Palavras chave: *Lean*, Eficiência dos Processos, *Kaizen*, Melhoria Contínua, *Kamishibai*, Redução de *Downtimes*

ABSTRACT

Over the last few decades, companies have been applying Lean practices to their processes in order to increase their efficiency. In the paper industry, Lean plays a crucial role due to the specific characteristics of this sector. This industry can generate a significant amount of waste, including waste raw materials, energy and time. Lean helps to identify and eliminate this waste, resulting in more efficient and economical production. The Navigator Company is one of the largest paper producers in the world and stands out for its consistent and successful application of various Lean tools over the years. These initiatives aim to continuously improve its internal processes and increase operational efficiency. In this context, this project was set up with the aim of improving the Cut-Size process, seeking to maximize the production of pallets per unit of time, thereby reducing line downtime. To carry out the study, various Lean analytical tools were used, such as VSM, Kaizen Boards, Kamishibai Cards, SMED, 5S, among others. Some quality management tools were also applied, such as the Pareto Diagram, the 5 Why's, the Cause-Effect Diagram, among others. Seven opportunities for improvement were identified in the process under study, for which seven proposals were developed. The renewal of existing Kaizen Boards and the introduction of Kamishibai Cards to control daily meetings were proposals that made it possible to obtain better performance indicators and a better diagnosis of difficulties. Restoring the production cadence, implementing a safety buffer, and reducing set-up times enabled the Time Efficiency indicator to reach 87.47% and the Overall indicator to reach 85.05%. There was also a reduction of 55.6% in costs as result of the solution to spindle slippage problems.

Keywords: Lean, Process Efficiency, Kaizen, Continuous Improvement, Kamishibai Cards, Downtime Reduction

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Motivação	1
1.2	Objetivos do Estudo	2
1.3	Abordagem e Metodologia do Estudo	3
1.4	Estrutura da Dissertação.....	4
2	METODOLOGIAS DE APOIO À MELHORIA DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	7
2.1	Filosofia <i>Lean</i>	7
2.1.1	Conceito e Origem do <i>Lean</i>	7
2.1.2	Casa TPS	10
2.1.3	Princípios <i>Lean</i>	12
2.1.4	Desperdícios <i>Lean</i>	14
2.1.5	Indicadores de Desempenho <i>Lean</i>	16
2.1.6	Benefícios e Desafios da Implementação do <i>Lean</i>	18
2.1.7	Ferramentas <i>Lean</i>	18
2.2	Outras Ferramentas de Apoio.....	28
2.2.1	SIPOC.....	28
2.2.2	Análise 5 <i>Why's</i>	29
2.2.3	Diagrama de Pareto	30
2.2.4	<i>Brainstorming</i>	31
2.2.5	Diagrama de <i>Ishikawa</i>	32

2.2.6	Observação Direta	33
2.2.7	Notação BPMN	34
3	ESTUDO DE CASO	35
3.1	Grupo The Navigator Company	35
3.2	Caracterização do Sistema Produtivo.....	37
3.3	Área Transformação e Processo <i>Cut-Size</i>	39
3.4	Análise das Causas de Ineficiência	42
3.5	Identificação de Oportunidades de Melhoria	44
3.6	Descrição de Propostas de Melhoria.....	49
3.7	Plano de Implementação e Monitorização	56
3.8	Discussão de Resultados	59
4	CONCLUSÕES E ESTUDOS FUTUROS.....	63
4.1	Conclusões.....	63
4.2	Estudos Futuros.....	65
	BIBLIOGRAFIA.....	67
	APÊNDICES	73
A.1	Fluxo de Transformação do Papel.....	73
A.2	Estações da Embaladora de Paletes <i>Cut-Size</i>	74
A.3	Aplicação dos AGV's na Interligação das Máquinas.....	75
A.4	Mapa do Estado Atual do Processo - VSM Atual	76
A.5	Mapeamento do Processo - Diagrama BPMN	77
A.6	Artigo Científico – ICSI <i>Conference</i>	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Casa TPS.....	10
Figura 2.2 - Ciclo PDCA	19
Figura 2.3 - Elementos utilizados no VSM.....	23
Figura 2.4 - Quadro Informativo sobre o 5S	25
Figura 2.5 - Estrutura de Aplicação do SIPOC	29
Figura 2.6 - Estrutura de Aplicação do 5 Why's	30
Figura 2.7 - Estrutura do Diagrama de Pareto	31
Figura 2.8 - Estrutura do Diagrama de Ishikawa.....	32
Figura 3.1 - <i>Layout</i> da Zona Fólio	39
Figura 3.2 - <i>Layout</i> da Zona <i>Cut-Size</i>	40
Figura 3.3 - SIPOC do Processo <i>Cut-Size</i>	41
Figura 3.4 - Diagrama de Ishikawa com as Causas de Ineficiência	42
Figura 3.5 - Diagrama de Pareto com os Tipos de Paragem das Cortadoras.....	43
Figura 3.6 - Quadros <i>Kaizen</i> Desatualizados	44
Figura 3.7 - Fila com Trânsito de AGV's	45
Figura 3.8 - Embaladora de Paletes (PW1)	46
Figura 3.9 - Mandris e respetivas terminações desgastadas	47
Figura 3.10 - Ferramentas de <i>set-up</i> danificadas e desatualizadas	47
Figura 3.11 - <i>Layout</i> desatualizado	48
Figura 3.12 - Ferramenta <i>Five Why's</i> aplicada aos operadores.....	49
Figura 3.13 - Quadros <i>Kaizen</i> atualizados	50
Figura 3.14 - <i>Kamishibais</i> de Facilitador e de Supervisor	51
Figura 3.15 - Três Estações PW1 (<i>Flowtech 1</i> , <i>Flowtech 2</i> e Retratilização)	52
Figura 3.16 - AGV's, Empilhadores e <i>Magazines</i>	53

Figura 3.17 - Mudanças de ferramentas e modos operatórios.....	55
Figura 3.18 - Futura localização do buffer de segurança.....	58
Figura A.1 - Fluxograma do Processo de Transformação	74
Figura A.2 - Layout da Máquina de Embalar Paletes PW1	74
Figura A.3 - Fluxo de AGV's na área da Transformação	75
Figura A.4 - VSM atual do processo <i>Cut-Size</i>	76
Figura A.5 - Diagrama BPMN para o processo <i>Cut-Size</i>	77

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 3.1 - Oportunidades de Melhoria.....	48
Tabela 3.2 - Ensaio industrial com dois tipos de mandris	54
Tabela 3.3 - Propostas de melhoria desenvolvidas	55
Tabela 3.4 - Seleção de equipas supervisionadas no mês 2	56
Tabela 3.5 - Resultados dos <i>Downtimes</i> e das Eficiências.....	61

ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AGV	<i>Automatic Guided Vehicle</i>
APW	<i>Automatic Pallet Warehouse</i>
ARS	<i>Automatic Reel Storage</i>
CL	<i>Cut-Size Line</i>
CS	<i>Cut-Size Special</i>
EG	Eficiência Global
EM	Eficiência Material
ENCR	Encravamentos
ER	Eficiência Ritmo
ET	Eficiência Tempo
FCPC	Paragem por Falta de Condições Comerciais
FCPI	Paragem por Falta de Condições Industriais
FL	<i>Folio Line</i>
GU	<i>Guillotine</i>
ICSI	<i>International Conference on Systematic Innovation</i>
JIT	<i>Just-In-Time</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MCARG	Mudanças de Carga

MF	Mudanças de <i>Set-up</i>
NPS	<i>Navigator Paper Setúbal</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PAN	Paragem Anual
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
PEXT	Paragem Externa
PLAN	Paragem Planeada
PNPLAN	Paragem Não Planeada
PP	Perdas de Produção
PRE	Paragem devido a Regime de Exploração
PW	<i>Palletizer</i>
RECL	Rejeição para Eclusa
REM	Reposição de Materiais de Embalagem
RGV	<i>Rail Guided Vehicle</i>
RW	<i>Reamer</i>
TCAL	Tempo de Calendário
TNPROD	Tempo Não Produtivo
TOPER	Tempo Operativo
TPROD	Tempo Produtivo
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

INTRODUÇÃO

Em primeiro lugar, o presente capítulo apresenta o enquadramento e a motivação que conduziu à realização do estudo. Já em segundo lugar, são delineados os principais objetivos do estudo de caso, e é apresentada a metodologia adotada para alcançá-los. Por fim, este capítulo oferece uma descrição da estrutura da dissertação.

1.1 Motivação

Atualmente, devido ao crescimento exponencial das pressões competitivas do mercado, as organizações encontram-se numa busca constante por soluções rentáveis e que permitam atingir a excelência empresarial (Parast, 2011). O aumento da competitividade global entre empresas tem gerado uma pressão crescente para melhorarem e inovarem constantemente, mantendo-se relevantes e sustentáveis no mercado.

Segundo Porter (1980), esta concorrência intensificou-se principalmente devido à globalização e às rápidas mudanças tecnológicas, que reforçaram a necessidade de melhorar os processos e produtos. Assim, à semelhança do que é defendido por Barney (1991), é crucial procurar continuamente a excelência operacional e a inovação, diferenciando-se da elevada concorrência do mercado.

Com origem no Japão, no sistema de produção Toyota, *Toyota Production System* (TPS), a filosofia *Lean* revolucionou a indústria e substituiu a produção em massa por um sistema de produção focado na eliminação dos desperdícios e na melhoria dos processos (Womack & Jones, 1997). Tendo como principal objetivo maximizar o valor que é entregue ao cliente, a filosofia baseia-se em cinco princípios fundamentais: especificar o valor, mapear o fluxo, criar um contínuo, implementar o sistema *Pull* e perseguir a perfeição.

Nas últimas décadas, a filosofia *Lean* tem-se destacado em diversas indústrias, sendo o aumento da eficiência dos processos e da qualidade dos produtos e serviços consequência da sua adoção (Radnor & Walley, 2008). Apesar das dificuldades comuns já reconhecidas como a resistência à mudança, a falta de conhecimento sobre os princípios *Lean* e a falta de apoio da gestão de topo, bem implementada permite às organizações serem mais competitivas, reduzir custos e aumentar a satisfação do cliente (Tenera & Pinto, 2014).

O desenvolvimento de uma estratégia eficaz de melhoria contínua é um fator chave para o sucesso a longo prazo das organizações modernas, sendo ainda o *Lean* considerado como uma das filosofias de gestão mais promissoras a implementar na melhoria contínua de setores como o da indústria e dos serviços (Siva *et al.*, 2017).

Em setores como o da indústria, ocorre a transformação de matérias-primas em produtos prontos para consumo, tornando importante adotar metodologias como o *Lean* que consigam satisfazer a procura no tempo certo, à hora certa, com a maior qualidade e com o mínimo de recursos possível (Siva *et al.*, 2017). Com base neste contexto, surgiu uma proposta de projeto por parte da The Navigator Company para elaboração de um estudo que busque uma melhoria na eficiência da área de Transformação do Papel.

Aumentar a eficiência produtiva é equivalente a melhorar o desempenho da gestão de produção e, em consequência, uma vantagem competitiva da empresa, atraindo e fidelizando mais clientes (Arnheiter & Maleyeff, 2005).

1.2 Objetivos do Estudo

De uma forma mais comum a todas as áreas, ou de forma mais específica, são várias as iniciativas *Lean* registadas na The Navigator Company, sempre com o intuito de melhorar o produto que é oferecido ao cliente. Assim, foi no seguimento desta jornada que surgiu este estudo de caso, no qual a empresa propôs a identificação das causas subjacentes aos tempos de paragem das principais máquinas que compõem a linha.

Com o objetivo traçado, percebeu-se que estudar um possível aumento da eficiência atual do processo seria o começo do projeto. A constante pressão a que operadores, técnicos e supervisores estão sujeitos leva a que qualquer ineficiência ou pequena paragem impacte os KPI's do turno. Assim, de modo a obter o produto final no menor tempo possível, a eliminação de atividades de valor não acrescentado é fundamental.

Identificando e atuando sobre as principais causas de desperdício do processo contribui-se para melhorar o desempenho, reduzir custos e melhorar a qualidade que também é um fator bastante importante para a empresa. Avaliar o impacto global das melhorias tendo em consideração como estas podem afetar outros processos, setores, departamentos e, em última instância, a organização como um todo, é também por si um objetivo.

O estudo visa destacar os benefícios sistêmicos e sinérgicos das mudanças realizadas em todas as áreas, uma vez que todas elas estão ligadas entre si. Por fim, o estudo busca também fornecer *insights* valiosos e lições aprendidas que aplicados em outros contextos e setores podem contribuir para a disseminação de melhores práticas de redução de tempos de paragem e de melhoria da eficiência operacional, beneficiando não apenas a organização estudada, mas também outras que buscam aprimorar suas operações.

1.3 Abordagem e Metodologia do Estudo

Deste modo, foi efetuado um estudo que permitiu concluir qual a melhor abordagem a ser aplicada, no sentido de se realizarem melhorias nos processos de transformação do papel, tendo se optado pela utilização de um estudo de caso. Um estudo de caso permite examinar uma situação do mundo real, o que ajuda a contextualizar os conceitos teóricos em ambiente prático. Isso torna a pesquisa mais relevante e aplicável. Bem elaborado pode ajudar com a identificação de relações de causa e efeito em problemas específicos, o que é bastante valioso para a tomada de decisões informadas e ponderadas.

Com o objetivo de assimilar conhecimentos acerca da aplicabilidade de metodologias de melhoria contínua em ambientes industriais, realizou-se uma pesquisa bibliográfica sobre estudos de caso relacionados com o tema. Adicionalmente, aprofundou-se o conhecimento técnico e teórico sobre ferramentas de qualidade utilizadas em projetos deste âmbito. Com a presença de bases tornou-se bastante mais fácil a criação de uma nova metodologia, este meu novo modelo estava dividido nas seguintes sete fases:

- **Descrição do Fluxo Produtivo** - Envolve descrição detalhada do ambiente onde ocorre a transformação do papel. Esta caracterização é por si fundamental para entender as condições e ter um macro visão das várias etapas;
- **Caracterização da Área e do Processo** - Procura caracterizar a área onde ocorre o processo a ser estudado e, por sua vez, o respetivo processo. Utiliza um *layout* para cada zona e um SIPOC com as fases que compõem o processo;

- **Análise de Causas de Ineficiência:** Consegue identificar várias causas através de questões a operadores e observação direta, agrupam-se por tema através de um Diagrama de Ishikawa. Um *brainstorm* leva a focar nas causas relacionadas com máquinas e um Diagrama de Pareto prioriza as duas com maior impacto;
- **Identificação de Oportunidades de Melhoria** - Foram feitos *Gemba-Walks* para identificar oportunidades relacionadas com as duas causas escolhidas para atuar, as Paragens Não Planeadas e as por Mudança de *Set-up*. Observação direta junto de perguntas frequentes a operadores e engenheiros facilitou a tarefa;
- **Desenvolvimento de Propostas de Melhoria** - Foram elaboradas propostas de melhoria com base em ferramentas *Lean* como os Quadros *Kaizen* e os Cartões *Kamishibai*. Princípios *Lean* ajudaram a solucionar o *bottle-neck*, enquanto que um ensaio industrial e um SMED a reduzir desperdícios e *downtimes*;
- **Planeamento e Monitorização das Propostas** - Após o desenvolvimento, tem de haver um plano de implementação para pôr em prática as ideias já desenvolvidas. A monitorização é importante para a gestão se certificar que as melhorias estão sendo implementadas e para que não caíam em desuso ou esquecimento;
- **Discussão de Resultados** - Foram feitos cálculos para comparar os valores atuais dos *downtimes* atuados e das eficiências afetadas com os valores do início. Para o sucedido utilizaram-se equações e princípios internos da empresa.

Cada fase continha várias etapas, que de modo sequencial, e recorrendo às mais diversas ferramentas de gestão, procuravam alcançar os objetivos inicialmente definidos.

1.4 Estrutura da Dissertação

De uma forma resumida, o documento contém 4 capítulos, seguidos da bibliografia e apêndices. No primeiro capítulo é introduzida a dissertação através do enquadramento da sua motivação e é destacada a importância que a filosofia *Lean* tem, atualmente, no sucesso das empresas. Por fim, são ainda abordados os objetivos do estudo de caso e a metodologia que foi seguida por forma a alcançar estes mesmos objetivos.

Já no segundo capítulo, pode-se encontrar a revisão bibliográfica que fornece a base teórica necessária para a realização do estudo de caso, onde, inicialmente, são aprofundados o conceito e a origem *Lean*, seguindo-se os princípios junto da Casa TPS, os desperdícios, os indicadores de desempenho, os benefícios e as barreiras associados à sua implementação.

Neste capítulo, são ainda abordadas as ferramentas *Lean* com maior relevo e de maior utilização ao longo da dissertação. Acaba com a apresentação teórica de outras ferramentas de apoio também utilizadas ao longo da dissertação, algumas somente presentes nos apêndices. Para todas as ferramentas utilizadas, *Lean* ou referentes a outras metodologias de apoio, foram dados exemplos de aplicações para facilitar a sua implementação.

No terceiro capítulo, é apresentada a empresa, caracterizada a área e o processo em estudo, feita uma análise às causas de eficiência do mesmo, uma busca por oportunidades de melhoria, e, por fim, são desenvolvidas propostas de melhoria com planos de implementação e monitorização também estes estudados. Por último, no quarto capítulo, são apresentadas as principais conclusões obtidas e algumas sugestões para trabalhos futuros.

METODOLOGIAS DE APOIO À MELHORIA DE PROCESSOS INDUSTRIAIS

O presente capítulo tem como objetivo apresentar a filosofia *Lean*, desde a sua origem até à atualidade. Assim, serão abordados os princípios que fundamentam esta filosofia, as suas ferramentas e as principais vantagens e barreiras durante a sua implementação. Por fim, são também descritas algumas ferramentas de apoio extrínsecas a esta filosofia, mas necessárias no decorrer do estudo.

2.1 Filosofia *Lean*

O *Lean* é um termo utilizado para descrever a filosofia de gestão criada pela Toyota e aplicada em outras indústrias para além da indústria automóvel (Dennis 2017). Apesar de ter tido origem no âmbito produtivo, o *Lean* define muito mais do que um simples sistema de produção ou um conjunto de ferramentas. É sobretudo uma filosofia que assenta em princípios fundamentais sem os quais é impossível cumprir com sucesso objetivos estipulados.

2.1.1 Conceito e Origem do *Lean*

No começo do século passado, a produção de um automóvel dependia de especificações de cada cliente resultando em produtos únicos, extremamente dispendiosos e pelos quais os clientes eram obrigados a esperar meses. Após fabricado, este seria testado em conjunto com o cliente deixando a qualidade totalmente imprevisível, uma vez que cada produto consistia num protótipo. Com base nestas fragilidades que Fred Taylor e, posteriormente, Henry Ford, desenvolvem os pilares de um novo sistema de produção (Dennis, 2017).

Este novo sistema de produção tinha como referência a eficiência de recursos, isto é, o foco seria a utilização máxima dos recursos contratados respeitando o princípio do custo de oportunidade. Assim, o trabalho era dividido em pequenas etapas, realizadas repetidamente por departamentos distintos, num conceito que ficou conhecido como Produção em Massa (Modig, 2011).

Taylor retirou o planeamento da alçada dos operadores, passando a responsabilidade para os engenheiros industriais, e introduziu o conceito de trabalho standard e de medição e análise de processos. Ford, por outro lado, contribuiu com inovações mais ao nível da fábrica ao realçar a importância da permutabilidade das peças e da sua facilidade de montagem, que permitiram mais tarde o aparecimento da linha de montagem (Dennis, 2017).

Na fábrica Ford surge a primeira experiência com uma linha de montagem, engenheiros posicionaram as máquinas de acordo com a sequência das tarefas, surgindo mais tarde a linha de montagem móvel, no *Highland Park*, como resposta ao aumento da procura (*Toyota Kata: Managing People for Improvement et al*, 2011).

Adotada por toda América do Norte, a Produção em Massa, atingiu o seu pico em 1955, quando o número de carros vendidos num só ano, nos Estados Unidos da América (EUA), atingiu os 7 milhões de unidades. Marcas como a Ford, General Motors e Chrysler perfizeram 95% das vendas. Estes índices de produção despertaram interesse por todo o mundo tornando a fábrica Ford num estudo de caso para qualquer gestor industrial (Womack & Jones, 1997).

Assim, em 1950, Eiji Toyoda, engenheiro da Toyota, fez uma visita à fábrica na expectativa de encontrar um choque de inovação e ideias que pudessem ser transferidas para a indústria japonesa. Contudo, observou somente uma produção de grandes lotes, devido a grandes equipamentos e não devido a práticas disruptivas. A viagem de aprendizagem rapidamente se tornou numa visão de oportunidade que viria a dar origem ao conceito *Lean* (Liker 2004).

Desta forma, Eiji regressa ao Japão com a ambição de igualar os 7000 carros diários da Produção em Massa, numa altura em que somente teriam sido produzidos 2685 carros Toyota. Não bastasse a diferença, devido à Segunda Guerra Mundial, fazia-se sentir um período de escassez de recursos no Japão, o que criou a necessidade de não só fazer produtos da forma correta, mas também o produto correto, isto é, o desejado pelo cliente (Ohno, 1988).

Assim, através de Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, surge um sofisticado sistema que revoluciona a forma de ver e interpretar o processo produtivo. Denominado de *Toyota Production System*, TPS, este sistema baseia-se no controlo de quantidade produzida, tendo como pilar a qualidade e objetivo primário a eliminação total de desperdícios, reduzindo os custos.

Após definir o valor para o cliente, tem como ponto de partida definir um fluxo contínuo (inspirado na linha de montagem móvel) de produção peça-a-peça que seja flexível e eficiente (Liker, 2004).

Assim, a sua organização, baseia-se em 4 regras fundamentais: documentar o processo em termos de contexto, sequência, tempo e resultados; desenvolver relações diretas com os fornecedores e clientes; simplificar o caminho de qualquer produto ou serviço nas instalações da empresa; e utilizar métodos científicos como base para qualquer melhoria, iniciando sempre pelo nível mais baixo da organização.

Outro dos pontos fulcrais deste sistema prende-se com a redução dos tempos de *set-up*, isto é, o tempo necessário para configurar uma máquina, equipamento ou processo antes de uma atividade específica (Modig, 2011). A redução permite produzir lotes com menores dimensões e adicionar flexibilidade à linha, tornando-a mais responsiva às exigências cada vez mais voláteis do consumidor.

A redução dos tempos de *set-up* de alguns dias para alguns minutos veio pôr em causa a ideologia de que lotes maiores correspondem a preços unitários menores. Assim, ao reduzir os elevados custos de inventário e retrabalho, o sistema TPS, defende a paragem da linha a cada defeito, por qualquer trabalhador, seguindo-se uma análise de causa-raiz com o objetivo de impedir a sua ocorrência no futuro (Womack & Jones, 1997).

Assim, contrariamente à Produção em Massa, esta baseia-se na eficiência de fluxo, isto é, o importante é o tempo que a unidade se encontra efetivamente a receber valor dentro da organização (Modig, 2011). Fábricas como a Ford, que se regiam pela eficiência de recursos, não registavam quaisquer alterações a nível de produção e gestão, enquanto a Toyota inovava e melhorava continuamente os seus processos.

Com base num sistema de produção *Just In Time* (JIT), a Toyota revolucionou não só a forma de fabrico, mas também as relações externas. Eiji juntamente com Shotaro Kamiya, responsável de marketing, defendiam uma estratégia de venda onde o *stand* seria o início do processo produtivo evitando a produção para clientes inexistentes. Para isso, era indispensável uma relação de estreita proximidade e cooperação não só com os seus consumidores, mas também com os seus fornecedores (Womack & Jones, 1997).

À medida que foi sendo popularizado, este sistema foi-se tornando independente, quer da empresa Toyota, quer do setor da produção, expandindo-se para outras indústrias como a da banca, seguros, retalho, consultoria, medicina, entre outros. Assim, o termo TPS foi substituído pelo termo *Lean*, devido ao facto de utilizar menos material, investimento, inventário, espaço e pessoas (Wilson, 2010).

2.1.2 Casa TPS

Desenvolvida por Fujio Cho, a Casa TPS surge com o objetivo de resumir os fundamentos teóricos, de forma a facilitar a passagem deste conhecimento a todos os seus colaboradores e fornecedores. A sua representação em formato de casa, enfatiza a importância da estrutura e a dependência do TPS de todos os seus elementos e fundações.

Na encontra-se representada essa mesma estrutura que ajuda a ilustrar os princípios e as práticas fundamentais do *Toyota Production System* (TPS), e que rapidamente se tornou um dos símbolos mais marcantes da indústria moderna (Liker, 2004).

Tal como é visível na Figura 2.1, no topo da estrutura encontram-se os diferentes objetivos deste modelo: Maior Qualidade, Menor Custo e Menor *Lead Time*, suportados por dois pilares que fundamentam a casa: *Just in Time* (JIT) e *Jidoka*, e estabilizados por fundações-chave da estrutura: Melhoria Contínua, Trabalho Padronizado e Nivelamento da Produção.

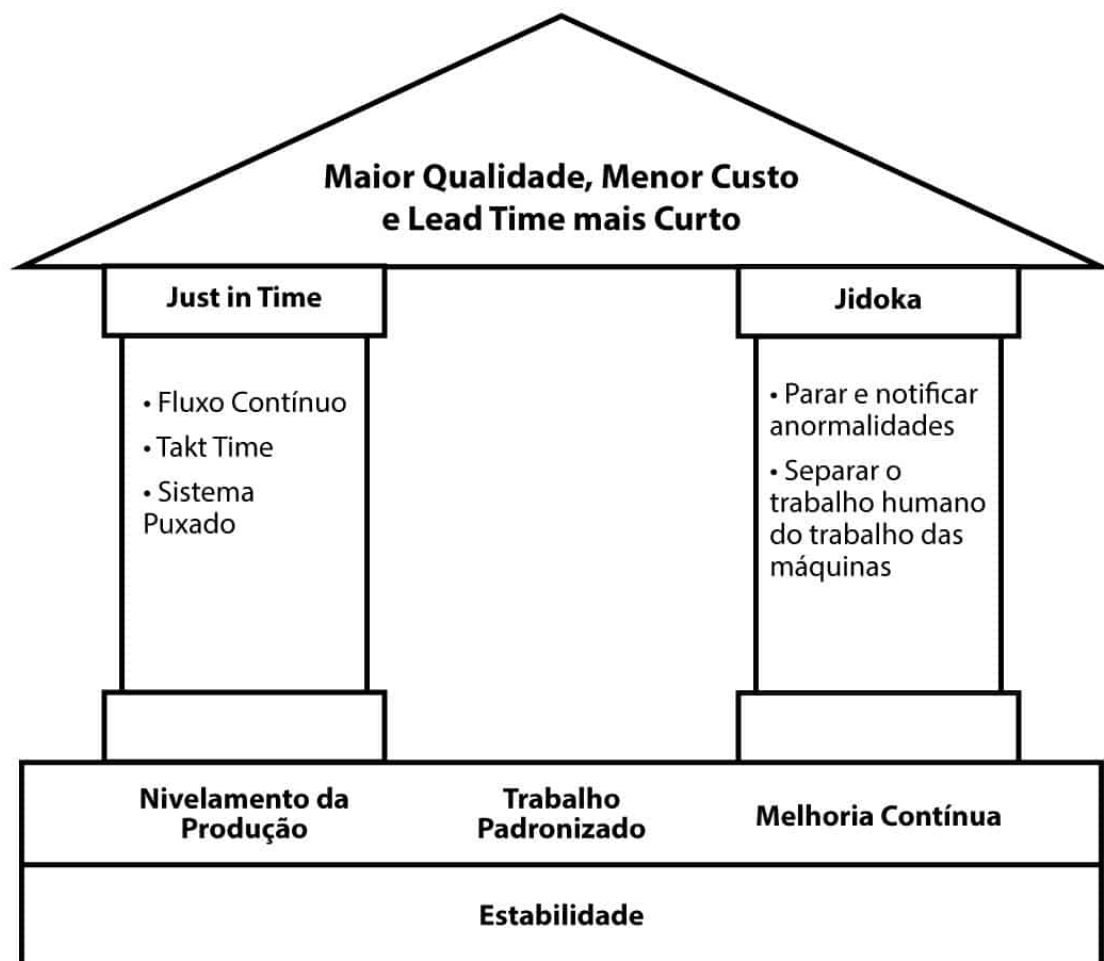


Figura 2.1 - Casa TPS
Adaptado de (Simboli *et al.*, 2014)

Baseada numa política de "Inventário nulo" entre processos, o *Just in Time* garante que as peças e materiais necessários cheguem ao fluxo no momento exato em que são necessários (Ohno, 1988). É através deste pilar, que uma organização consegue produzir lotes menores em lead times menores, entregando ao cliente o produto certo, no tempo certo e na quantidade certa (Liker, 2004). Para isso, é necessário cumprir três princípios básicos:

- **Estabelecer um Fluxo Contínuo** - elaborar um fluxo de produção com base no valor (Dennis, 2017), em que máquinas e pessoas são colocadas de forma que o *Work in Progress* (WIP) flua até à última etapa (Imai, 2012);
- **Produzir de acordo com o *Takt Time*** - define o ritmo da procura do cliente e, por consequência, o ritmo desejado de produção, constituindo a referência pela qual todos os colaboradores se devem conduzir (Imai, 2012);
- **Estabelecer um sistema Puxado (*Pull*)** - recorre a um inventário limitado, isto é, quando são consumidos itens o sistema desencadeia um sinal com o objetivo de repor o item que saiu na quantidade que saiu (Roser & Shook, 2021).

O *Jidoka*, também conhecido como "automatização com o toque humano", surge como um complemento do primeiro pilar (Modig, 2011), e defende a colaboração entre pessoas e máquinas, ficando estas últimas as responsáveis pelas tarefas mais perigosas e sujas. De notar que, neste caso, a automatização é utilizada como uma ferramenta e não como uma estratégia como se observava nas fábricas Ford onde, apesar de automatizadas, não evitavam de forma autónoma os defeitos (Baudin, 2007).

Pela primeira vez instalado como um mecanismo que parava de forma automática sempre que um defeito fosse detetado (Liker, 2004), o *Jidoka* tem como principal objetivo garantir que erros humanos, não se transformem em defeitos que avançam ao longo do processo. Desta forma, dão-se os primeiros passos para a aceitação da paragem da produção com o objetivo de descobrir as causas-raiz dos defeitos, provando que a inspeção a 100% não só é possível, como tem um baixo custo associado (Dennis, 2017).

Tomando os princípios acima mencionados (*JIT e Jidoka*) como o rumo a seguir, surgem métodos que são indispensáveis para a sua correta implementação e que constituem a base da Casa TPS. Exemplo disso é a **standardização** que funciona como um método para outros métodos, a **melhoria contínua** como método auxiliar do *Jidoka* e a **nivelação da produção**, também designada de *Heijunka* (Modig, 2011).

O trabalho padronizado consiste na forma mais fácil, segura e eficaz de realizar o trabalho até ao momento. De uma forma resumida, é a linguagem que traduz os requerimentos dos

engenheiros para os operadores de uma forma diária, constituindo a base da manutenção e posterior melhoria (Imai, 2012). Para estes terem o impacto esperado, é crucial que os operadores percebam a razão por trás de cada *standard* e que o seu objetivo não é exigir mais trabalho, mas sim garantir que este é feito da melhor forma (Modig, 2011).

Assim, **trabalho padronizado** permite a retenção do conhecimento na organização ao invés de nas pessoas, a estabilidade dos processos e funciona ainda como base em auditorias e no treino de colaboradores (Dennis, 2017). Concluindo, funciona como um ponto temporário no caminho da perfeição que aborda geralmente três tópicos: tempo de ciclo, sequência de trabalho e inventário standard (Ohno & Bodek, 1988).

Por outro lado, a **melhoria contínua** (*Kaizen*), ou gestão visual, consiste em tornar os problemas visíveis ao garantir o contacto com a realidade do *Gemba*, permitindo aferir se o processo se encontra sob controlo e alertar caso contrário (Imai, 2012). Em suma, significa mais imagens e menos palavras, funcionando como uma ferramenta poderosa na motivação dos colaboradores à medida que se aproximam dos objetivos estabelecidos pela gestão, sendo o seu material as paredes do *Gemba* (Dennis, 2017).

Por fim, *Heijunka* representa o **nivelamento da produção** que tem que ser feito a dois níveis: ao nível do *mix* de produtos, isto é, a sequência de tipo de produtos a fabricar; e ao nível da quantidade a produzir de cada um destes tipos de produtos (*Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness, and Superior Results*, 2011). Assim, recorrendo à criação de supermercados de produtos acabados e ao aumento do número de horas por turno ou operadores é possível reduzir o lead time, o inventário de produtos acabados, e intermédio, e ainda o reduzir o esforço por parte dos trabalhadores (Dennis, 2017).

2.1.3 Princípios *Lean*

Primeiramente, James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos identificam 4 princípios fundamentais do *Lean* (Womack & Jones, 1997), sendo estes: trabalho em equipa, comunicação, uso eficiente de recursos privilegiando a eliminação de desperdícios e melhoria contínua. Mais tarde, e com um foco maior na implementação nas diferentes organizações, Womack e Jones definem cinco novos princípios que prevalecem até hoje:

1. Identificar o Valor

O primeiro princípio é entender o que é valor do ponto de vista do cliente. Isso envolve identificar os produtos, serviços ou processos que o cliente está disposto a pagar. Tudo o que não acrescenta valor ao produto ou serviço é considerado desperdício. Para eliminá-lo é crucial

a abstração daquela que é a situação atual (ativos e tecnologias utilizadas) focando apenas em produzir aquilo que o cliente deseja (Womack & Jones, 1997);

2. Mapear o Fluxo de Valor

Uma vez identificado o valor, o próximo passo é mapear o seu fluxo, ou seja, entender como o valor é criado e como os processos estão conectados. Para desenvolver um produto são necessárias um conjunto de ações, sendo possível distinguir (George *et al.*, 2004):

- ✓ **Atividades de valor acrescentado** - as indispensáveis para cumprir as exigências do consumidor e pelas quais está disposto a pagar;
- ✓ **Atividades de valor acrescentado para o negócio** - as que apesar de requeridas, não acrescentam valor real do ponto de vista do cliente;
- ✓ **Atividade de valor não acrescentado** - as que não acrescentam de todo valor ao produto final e que são prescindíveis, ou seja, desperdício puro.

3. Criar Fluxo Contínuo

O terceiro princípio visa criar um fluxo contínuo de trabalho, eliminando interrupções, tempos de espera e *stocks* intermediários (Rother *et al.*, 1999). O objetivo é que o trabalho flua de uma etapa para a próxima, reduzindo o tempo de ciclo e aumentando a eficiência. Para isso é necessário a uma redefinição das funções de cada trabalho tendo em vista 3 pontos (Womack & Jones, 1997):

- Foco constante no produto/serviço até ao fim do processo;
- Desprezo pelas tradicionais barreiras departamentais;
- Repensar todas as práticas e ferramentas atuais com vista a um fluxo contínuo sem retrabalho e paragens.

4. Sistema Puxado (ou *Pull*)

Produzir de acordo com a procura do cliente é essencial para evitar sobre produção. Isso significa que a produção é iniciada somente quando há uma procura, em oposição à produção empurrada por estimativas ou *stocks* excessivos.

É um sistema que se caracteriza por funcionar com um inventário limitado e articulado, ou seja, é o cliente que puxa o produto e não a fábrica que o empurra para o cliente, muitas vezes de forma indesejada (Wilson, 2010).

De forma simplificada, a produção apenas se deve iniciar quando é recebido um sinal de que um produto abandonou a linha (Womack & Jones, 1997);

5. Buscar a Perfeição

O último princípio é a busca constante pela perfeição, conhecida como *Kaizen*. Envolve a melhoria contínua de processos, produtos e métodos de trabalho. Nunca se contentar com o estado atual e sempre buscar maneiras de fazer melhor.

Estando os 4 princípios anteriores totalmente implementados, os desperdícios tornam-se visíveis e a perfeição está cada vez mais próxima. Apesar de difícil, é a contínua busca pela perfeição que fornece a motivação e direção necessária para atingir o crescimento desejado (Womack & Jones, 1997).

Porém, é fundamental entender que *Lean* não é uma simples ferramenta industrial e que, para a sua implementação com sucesso, é necessário ir além da fábrica. Assim, definem-se três princípios críticos que devem ser adotados pela gestão de forma a assegurar a transformação (Byrne & Womack, 2013):

- **Lean como estratégia** - muitas vezes, a estratégia *Lean* é reduzida a uma técnica industrial e a sua implementação é delegada aos próprios operadores invés de a elementos da gestão, não lhe dando a devida importância. É assim imprescindível definir uma estratégia clara e desafiante, articulada com os valores da empresa;
- **Liderar desde o topo** - a mudança *Lean* implica alterar a estrutura tradicional da organização resultando, geralmente, em resistência por parte dos colaboradores. Assim sendo, é necessário um líder participativo na mudança e com vontade e capacidade de colocar o plano desenvolvido em prática (Wilson, 2010);
- **Envolver as pessoas** - consiste em criar um ambiente de constante aprendizagem que valoriza e respeita as pessoas, uma vez que é delas que derivam as ideias. O convite para a contribuição aumenta o comprometimento com a organização e o sucesso na implementação de mudanças. Com a valorização das contribuições, aumenta a motivação e satisfação no local trabalho por parte das pessoas.

2.1.4 Desperdícios *Lean*

Estando visível toda a cadeia de valor, é essencial conhecer as três formas de desperdício com o objetivo de, mais tarde, conseguir eliminá-lo totalmente da linha de produção. Eliminar os desperdícios é essencial para melhorar a eficiência, reduzir os custos e melhorar a entrega de valor para o cliente (Davies & Greenough, 2003).

Conhecido como **Muda**, um desperdício é qualquer atividade que necessita de recursos (humanos, materiais, entre outros), mas que não cria valor. Para além de **Muda** são igualmente identificadas outras duas fontes de desperdício:

- **Mura** - simboliza a flutuação de trabalho, isto é, sempre que o fluxo do operador, máquina ou material é interrompido devido a flutuações no plano de produção (Imai 2012). A solução encontrada pela Toyota consiste em nivelar a produção através de um conceito já descrito anteriormente, o *Heijunka* (Dennis, 2017);
- **Muri** - significa a sobrecarga tanto das máquinas como das pessoas que pode resultar em falhas na qualidade final do produto (Imai 2012). Pode ser originada por diversos fatores como, por exemplo, o mau *design* de peças, a má ergonomia de ferramentas e/ou a utilização inadequada destas últimas (Dennis, 2017).

Taichi Ohno, foi o primeiro a reconhecer a existência de **Mudas** no *Gemba* que, ao cobrirem mais de 95% das atividades diárias, interagem entre si num círculo vicioso de criação de desperdício (Dennis, 2017). Primeiramente, foram distinguidos sete tipos de **Muda**, aos quais Womack e Jones adicionaram um extra, descritos na lista abaixo:

- **Sobreprodução** - considerado como a raiz de todos os desperdícios, consiste em produzir itens para os quais não existe procura no momento (Liker, 2004). Assim, estão a ser utilizados recursos (espaço, pessoas, material) para produtos que não são necessários, resultando em custos adicionais de transporte e armazenamento (Rother *et al.*, 1999). Pelo facto de estar enraizado há bastante tempo nas pessoas e na indústria, exige coragem para iniciar uma mudança de atitude onde se tem apenas o que é necessário (Ohno & Bodek, 1988);
- **Espera** - traduz-se na espera do operador por material ou pelo próximo processo, causada por variações na linha e falhas nos equipamentos (Imai, 2012);
- **Transporte de material** - consiste na movimentação de matéria-prima, WIP ou produto acabado entre processos e para armazenamento (Liker 2004). É uma consequência da produção de grandes lotes, bem como da separação de áreas que deveriam estar incorporadas na linha de produção (Imai, 2012);
- **Sobre processamento** - significa fazer mais do que aquilo que é o exigido pelo cliente e manifesta-se na realização de mais etapas no processo e na utilização de tecnologia mais sofisticada que o necessário (Liker, 2004). Exemplo disso foi a Porsche, em 1980, cuja preocupação permanecia em aumentar a velocidade

máxima do veículo quando, a necessidade dos clientes era uma maior facilidade na manutenção do mesmo (Dennis, 2017);

- **Excesso de inventário** - consiste em manter o excesso de stock em armazém, estando assim associado a capital parado, obsolescência e custos extra de posse e de transporte (Liker, 2004). Assim, é necessário minimizar o tamanho dos lotes através de uma redução do tempo de setup das máquinas, colocando à vista os problemas de qualidade ao longo da linha (Modig, 2011);
- **Movimentação de pessoas** - inclui não só a deslocação de operadores, mas qualquer movimento realizado por estes no espaço de trabalho como alcançar ou procurar uma determinada ferramenta ou material (Liker, 2004). A solução passa pela reorganização do espaço de trabalho após uma análise dos movimentos dos membros superiores e inferiores (Imai, 2012);
- **Defeitos** - abrange a produção e reparação de produtos defeituosos associado a desperdício de material, tempo e esforço por parte da mão-de-obra (Dennis, 2017). A solução está inserida num pilar do TPS, Jidoka, que facilita a deteção e impede a passagem de defeitos para o próximo processo (Imai, 2012);

Como referido acima, Womack e Jones ainda consideraram um oitavo desperdício que está associado ao **mau aproveitamento das qualidades dos trabalhadores**. Este tópico realça a importância de maximizar o potencial dos colaboradores, de forma a melhorar a excelência organizacional. Podem ser características como má alocação de trabalho, motivação, falta de formações ou promoção de uma cultura que não dá prioridade à melhoria contínua.

Por outro lado, os *Muras*, acontecem quando não existe um balanceamento de linhas. O balanceamento é uma técnica usada na área de produção, especialmente no contexto do *Lean Manufacturing*, para aumentar a eficiência e a produtividade. O objetivo principal é distribuir o trabalho de maneira equilibrada, minimizando a variabilidade nos tempos de ciclo e evitando *bottle-necks* ou ociosidade excessiva.

2.1.5 Indicadores de Desempenho *Lean*

O desempenho do balanceamento de linhas é dado por diversos indicadores. Alguns dos mais utilizados são (Imai, 2012):

- **Tempo de Ciclo** - cronometrado como o tempo entre unidades consecutivas numa estação de trabalho ou processo. Deve ser equilibrado entre as estações para evitar a acumulação de *stock* em processo e manter o fluxo;

- **Takt Time** - definido como o tempo permitido para que cada estação de trabalho consiga entregar a encomenda ao cliente no tempo pretendido pelo mesmo. Pode-se denominar como o tempo de ciclo exigido pela procura;
- **Lead Time** - tempo necessário para percorrer todo o ciclo de produção. Inclui tempo de processamento, *set-up* e qualquer tempo de espera entre operações. Começa com a solicitação do produto e acaba com a sua entrega;
- **Work-in-process** - representa a quantidade de produtos nas várias fases do processo. O controle do WIP é importante para evitar stock excessivo, a sua existência pode ser um indicativo de desequilíbrio na linha;
- **Eficiência de Linha** - mede a capacidade de atender os objetivos de produção planeados. Calcula-se ao dividir o tempo de produção pelo tempo disponível, uma eficiência menor que 80% indica subutilização da capacidade da linha;
- **Produtividade de Linha** - avalia a produtividade de cada operador ou estação de trabalho. A comparação das taxas de produtividade pode ajudar a identificar desequilíbrios e atuar nas estações de maior criticidade;
- **Ocupação de Linha** - a ocupação obtém-se através da razão entre o tempo efetivo de operação e o tempo disponível para esta. Pode ser descrita como a relação entre a carga e a capacidade de um sistema.

A escolha de indicadores dependerá das metas e das necessidades específicas de cada organização. A análise desses indicadores ajuda a identificar melhorias no balanceamento de linhas e direcionar esforços para aumentar a eficiência do processo produtivo.

Um indicador amplamente utilizado na metodologia *Lean* para calcular a eficiência dos equipamentos em ambiente industrial é conhecido por OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Este leva em consideração três fatores principais (Contini *et al.*, 2023):

- **Disponibilidade Efetiva** - é uma medida da disponibilidade real do equipamento, considerando os tempos de paragem planeada e não planeada. Inclui os tempos de paragem por manutenção preventiva, falhas, *set-ups*, trocas de turno, etc;
- **Eficiência de Desempenho** - avalia o quão eficientemente o equipamento está a operar quando em funcionamento. Tem em conta qualquer velocidade reduzida, pequena paragem ou outras ocorrências que impactem a cadência da linha;

- **Qualidade do Processo** - mede a proporção de produtos ou peças que atendem aos padrões de qualidade especificados. Inclui tanto produtos retrabalhados quanto produtos que são descartados devido a defeitos.

O OEE, calculado através da multiplicação dos três fatores apresentados, é um indicador importante na filosofia *Lean* já que fornece uma forma abrangente de identificar oportunidades de melhoria na eficiência do equipamento. Ao monitorizar o OEE, a gestão pode identificar e eliminar as causas de perda de produtividade, como o tempo de inatividade não planeado, a redução de velocidade e os problemas de qualidade. Contribui assim para a redução de desperdícios e o aumento da produtividade global da operação (Yahya *et al.*, 2016).

2.1.6 Benefícios e Desafios da Implementação do *Lean*

Perceber quais as vantagens e desvantagens desta prática é essencial para o sucesso da sua implementação. O *Lean* possui um grande leque de ferramentas que podem ser aplicadas em dezenas de indústrias diferentes. Devido à variedade de processos em que esta filosofia é aplicada, os resultados podem ser diferentes (Yahya *et al.*, 2016).

Benefícios mais reconhecidos do *Lean*, como a redução do número de passos do processo, a redução do tempo de ciclo e o aumento da eficiência têm como objetivo acrescentar valor ao cliente (Johnson & Dubikovsky, 2009).

Alguns representantes de empresas em que o *Lean* foi aplicado dizem que os principais benefícios são (Marinelli *et al.*, 2021) o aumento da produtividade, o aumento da qualidade, a maior satisfação do cliente, a redução do desperdício e a maior pontualidade na entrega. A maioria dos projetos *Lean* nunca chegam a ser concluídos.

A mudança de mentalidade pode apresentar alguns obstáculos na gestão do processo, devido à resistência por parte dos trabalhadores e da administração ou por descuido no planeamento inicial do projeto (Siva *et al.*, 2017).

2.1.7 Ferramentas *Lean*

Estando descrita a filosofia *Lean* e os seus princípios, ao longo desta secção, irão ser abordadas as principais ferramentas que compõem esta filosofia, revelando a sua aplicação e impacto na melhoria contínua dos processos. A filosofia *Lean* não é apenas uma teoria, é uma abordagem prática, por isso, existem algumas ferramentas que já foram aplicadas com sucesso em diversas indústrias para eliminar os desperdícios, melhorar a eficiência e acrescentar valor ao cliente (Baumann & Arlinghaus, 2021).

2.1.7.1 Ciclo PDCA

O ciclo *Plan Do Check Act* (PDCA) é composto por quatro passos que visam melhorar a qualidade e produtividade de um processo. Este método é uma estratégia de abordagem a um problema de forma a corrigi-lo e garantir que a solução se mantém sustentável ao longo do tempo (Matsuo & Nakahara, 2013). Composto pelos seguintes passos:

- **Plan** - é a fase responsável por definir tanto os objetivos como a estratégia para atingir estes (Imai, 2012). No fim desta fase, são esperados outputs como: diagramas de Gantt, planos de contingência e painéis de controlo (Dennis, 2017);
- **Do** - é nesta fase que ocorre a implementação do plano anteriormente definido, sendo crucial a recolha de dados para posterior avaliação (Imai, 2012);
- **Check** - consiste em conferir se a implementação ocorreu de acordo com os objetivos previamente definidos (Imai, 2012). Assim é necessário estipular: o que é necessário monitorizar, com que frequência, por quem e de que forma. Destacar que deve ser feita com informação recolhida no *Gemba-Walk* (Dennis, 2017);
- **Act** - a última fase consiste em tomar as devidas ações após uma reflexão com base nos resultados obtidos. É necessário estandardizar se os resultados corresponderam ao previsto e tomar contramedidas caso contrário (Dennis, 2017).

Estes quatro passos devem ser repetidos em sucessão, como demonstrado na Figura 2.2, de modo a criar um ciclo PDCA de melhoria contínua (Patel & Deshpande, 2017)

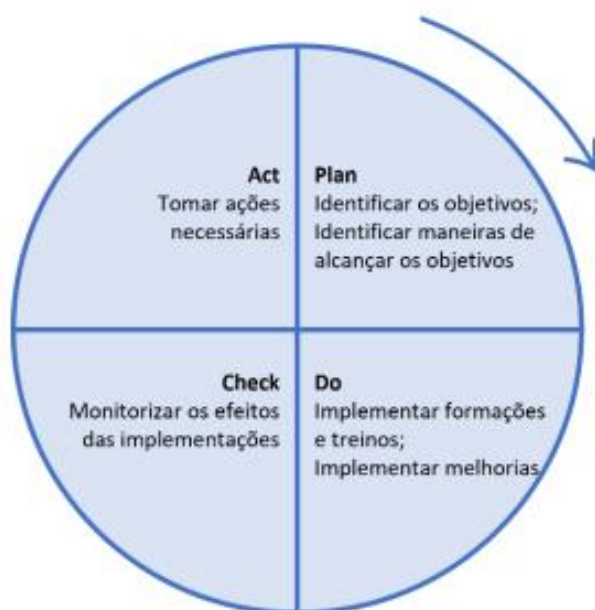


Figura 2.2 - Ciclo PDCA

Adaptado de (Patel & Deshpande, 2017)

2.1.7.2 Análise DNA

A análise de desperdícios (D), tarefas necessárias (N), tarefas que agregam valor (A), ou análise de Valor Acrescentado é uma ferramenta utilizada para identificar e eliminar desperdícios de um determinado processo (Kasava *et al.*, 2015). Esta análise é sistemática e focada em distinguir quais atividades acrescentam valor ao produto ou serviço.

Num processo, existem atividades que acrescentam diretamente valor ao cliente, enquanto outras não acrescentam valor, mas são necessárias e algumas atividades não acrescentam valor nem são necessárias, sendo estas consideradas desperdício.

Esta ferramenta foca-se num dos princípios do *Lean* que é acrescentar valor ao cliente. De modo a realizar esta análise, é necessário seguir os seguintes passos (Siva *et al.*, 2017):

- **Mapear o processo** - Este passo envolve o mapeamento de todas as atividades e processos de decisão que estejam envolvidos na criação de valor de um produto;
- **Identificar atividades de valor acrescentado** - São as atividades que contribuem diretamente para assegurar as necessidades do cliente. São essenciais para o processo e são aquelas pelas quais o cliente está disposto a pagar;
- **Identificar atividades que não agregam valor** - São as atividades que, ao contrário das anteriores, não contribuem diretamente para o valor do produto;
- **Classificar atividades que não agregam valor** - Podem ser necessárias ou desperdício. As necessárias não podem ser eliminadas, mas podem ser melhoradas;
- **Analisar causas raiz** - Perceber as causas raiz dos desperdícios de modo a compreender onde e como podem ser implementadas melhorias;
- **Implementar as melhorias** - Desenvolver um plano de ações e comunicar com todas as partes envolvidas, iniciando melhorias propostas na análise de causas raiz;
- **Acompanhar melhorias** - As melhorias implementadas necessitam de ser acompanhadas para perceber se os desperdícios foram eliminados e qual foi a influência das ações no restante do processo.

2.1.7.3 Relatório A3

A ferramenta relatório A3, de apoio à decisão, tem uma sequência lógica que favorece a comunicação e partilha de informação. Foi popularizado pelo STP e é utilizado por empresas que adotem as práticas da filosofia *Lean*. Tem o seu nome devido ao formato da folha (297 x 420 mm), visto que o relatório se encontra estruturado numa única folha A3.

O intuito desta ferramenta é guiar e dar a entender, a quem a ler, todo o processo lógico assente no desenvolvimento do projeto. O relatório encontra-se dividido em diversas secções, sendo estas as seguintes (Wu *et al.*, 2013):

- **Problema** - Esta secção é a justificação para a criação de um determinado projeto. Nela devem estar os problemas e desafios que levaram a que fosse necessário desenvolver um projeto;
- **Situação Atual** - É aqui que devem ser expostos todos os gráficos e dados relacionados com o problema. Esta parte ajuda a visualizar as necessidades do problema e a definir as prioridades do estado futuro desejado;
- **Objetivos** - Devem ser definidas as necessidades da empresa e a visão do que se quer obter no futuro;
- **Análise da Causa Raiz** - Conforme os problemas identificados na situação atual, deve-se procurar encontrar as causas raiz destas dificuldades, geralmente através da análise dos 5 porquês ou da análise causa-efeito;
- **Situação Futura** - Todas as propostas de melhoria devem ser aqui explicadas e devem ser escolhidas sugestões que façam a diferença e sejam necessárias, face às causas identificadas;
- **Plano de Ação** - Neste campo, devem ser identificados os passos necessários para que as medidas sejam implementadas. Devem ser atribuídas responsabilidades e estabelecidas metas a atingir;
- **Seguimento e Resultados** - Deve ficar definido o processo de avaliação das melhorias. Pode incluir um plano de revisão dos resultados, para que todos estejam alinhados quanto ao alcance dos objetivos.

2.1.7.4 *Gemba Walks*

As *Gemba Walks* são uma ferramenta de pensamento crítico associadas com ir ver. O termo *Gemba* vem do japonês e significa "lugar real". A expressão *Gemba Walks* é utilizada para descrever a ação em que quem está a aplicar o *Lean*, vai ao chão de fábrica ver como decorre o processo de criação de valor (Shahriar *et al.*, 2022).

Deste modo, é possível identificar as dificuldades dos trabalhadores e o desperdício do processo. Segundo Mann, esta prática segue três regras (Mann, 2005):

- Ir ao chão de fábrica;
- Observar o processo;
- Falar com as pessoas.

Este método reforça a disciplina e cumprimento das medidas *Lean* já aplicadas e é um mecanismo de conceção de novas melhorias. Deve ser realizado com frequência e regularidade para obter o melhor efeito. Previamente à sua realização, é importante definir o seu propósito, alertar os operadores e criar um *template* que acompanhe a observação (George *et al.*, 2004).

2.1.7.5 Value Stream Mapping (VSM)

Atualmente, em grande parte das organizações, é reduzido o número de pessoas que consegue descrever toda a cadeia de valor do produto ou serviço, conhecendo apenas a parte associada ao seu departamento (Martin, 2013).

Por cadeia de valor, entende-se todas as atividades (com ou sem VA) integradas no fluxo de produção, desde a fonte até ao ponto de entrega (Rother *et al.*, 1999).

Assim, o VSM é uma ferramenta simples e visual de análise de processo cujo objetivo é a identificação e eliminação do desperdício ao longo deste (Shahriar *et al.*, 2022). Esta, surge como a evolução de uma ferramenta utilizada na Toyota - fluxos de material e informação - assumindo-se como o método mais poderoso na transformação *Lean*, ao facilitar a compreensão da cadeia de valor (Martin, 2013).

Ao oferecer uma visão holística do processo, abandona a tradicional visão departamental e reflete a cadeia de valor do ponto de vista do cliente, assegurando que as melhorias afetam a organização como um todo e não apenas localmente (Schulte *et al.*, 2005). É ainda considerada a linguagem comum da indústria, auxiliando quer na integração de novos colaboradores quer na partilha de conhecimento entre estes (Coons, 2013).

Value Stream Mapping (VSM) é uma representação visual de um processo que realça os passos que acrescentam e que não acrescentam valor ao produto, desde o fornecedor até ao cliente final. Para além disso, demonstra o fluxo de materiais, o nível de stock intermédio, fluxo de informação, tempos de realização das tarefas e lead time do produto (Rother *et al.*, 1999).

A construção inicia-se com uma definição do estado atual, que permite a identificação de oportunidades de melhoria e serve como base para o desenvolvimento de um VSM futuro com as propostas de melhoria implementadas (Meudt *et al.*, 2017).

Para a correta aplicação desta ferramenta, destacam-se as 4 etapas (Martin, 2013):

- Identificar o processo ou produto a transformar - corresponde a um período de quatro semanas onde são realizadas atividades como a seleção do processo, a construção da equipa e a preparação da organização e da gestão;
- Desenho do VSM do estado atual - é uma etapa crucial da ferramenta, uma vez que é impossível melhorar algo que não conhecemos;

- Desenho do VSM do estado futuro - descreve como o sistema deveria funcionar sem os desperdícios identificados na fase anterior;
- Elaboração e implementação do plano de transformação - é o plano que envolve as mudanças necessárias para transformar o VSM atual no do estado futuro.

No VSM atual são utilizadas 3 métricas, sendo recomendado uma nova cronometragem e a não utilização de registos anteriores (Rother & Shook, 1999): Tempo de ciclo, *Lead time* e Tempo de valor acrescentado.

Esta técnica visual do *Lean* é utilizada para identificar o desperdício e registar tempos e outros indicadores que permitem visualizar o desempenho do processo. Na Figura 2.3, estão representados elementos utilizados na ferramenta VSM.

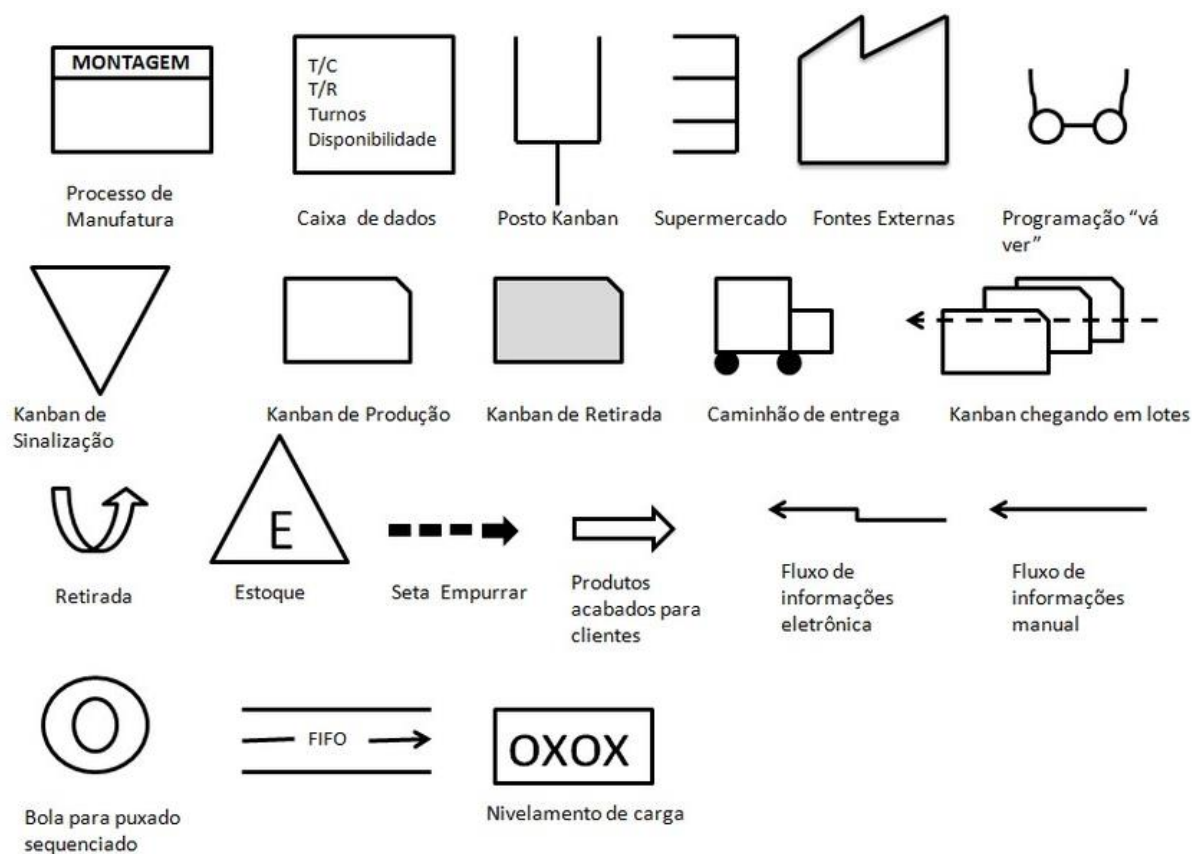


Figura 2.3 - Elementos que compõem o VSM

Adaptado de (Rother & Shook, 1999)

O objetivo do VSM atual é fornecer uma visão comum de como a organização está a operar atualmente através da realização de *Gemba Walks*. Esta, supera todas as outras ferramentas quantitativas ao descrever detalhadamente o que está a acontecer no processo que justifique os outputs atuais.

De destacar que a etapa de desenhar o VSM atual pode, ela própria, constituir um desperdício caso não seja utilizada como ponto de partida para a mudança (Rother *et al.*, 1999). Enquanto, o objetivo do VSM futuro é construir uma cadeia de valor onde o fluxo seja o mais contínuo possível, através da eliminação dos desperdícios e integração das oportunidades identificadas no VSM do estado atual (Rother *et al.*, 1999).

Apesar de representar um estado ideal, é importante que este consiga ser atingível num período curto, isto é, 3 a 6 meses (Wilson, 2010).

2.1.7.6 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*)

5S é um acrónimo para cinco palavras japonesas, *seiri, seiton, seiso, seiketsu* e *shitsuke*. Estas palavras significam organizar, arrumar, limpar, padronizar e criar disciplina, respetivamente. Esta ferramenta *Lean* ajuda a simplificar o posto de trabalho, reduzindo o desperdício e aumentando a segurança no mesmo. Os elementos que compõem o 5S são os seguintes (Shahriar *et al.*, 2022):

- ✓ ***Seiri*** (Arrumar) - O primeiro dos 5S procura eliminar utilidades desnecessárias para o trabalho a realizar. Materiais e ferramentas que raramente são usados, causam desperdício e ineficiências no processo. Arrumar o espaço de trabalho é importante para manter a limpeza, por isso é necessário decidir onde guardar as utilidades raramente utilizadas ou eliminá-las completamente;
- ✓ ***Seiton*** (Organizar) - Este segundo espaço tem o objetivo de alocar as ferramentas/materiais na melhor disposição possível, para evitar procurar por eles. Para tal, os métodos de gestão visual são a melhor aposta, reduzindo o tempo necessário para encontrar o que se pretende. Etiquetar facilita a compreensão de quem ainda não está habituado ao posto de trabalho;
- ✓ ***Seiso*** (Limpar) - Depois do espaço estar organizado e sem as utilidades desnecessárias, é oportuno limpar o mesmo. A limpeza do espaço elimina desperdícios, poluição, ineficiências e acidentes, por isso deve ser feita por todos em intervalos regulares. O lixo deve ser removido e as ferramentas devem ser arrumadas no local definido quando já não estiverem a ser utilizadas. Devem ser efetuadas formações para os colaboradores acerca da limpeza do espaço e dos recursos;
- ✓ ***Seiketsu*** (Padronizar) - Para manter a organização e limpeza já estabelecidas, é preciso padronizar. Isto envolve estabelecer regras, procedimentos e expectativas para manter esta cultura. Instruções visuais ajudam a realizar as tarefas de forma sequencial e sistemática. Estas instruções devem ser simples, compreensíveis e

comunicadas a todos os trabalhadores da área a que se aplicam. Supervisores e a administração podem beneficiar de formulários e verificar diariamente o cumprimento das regras de 5S;

- ✓ **Shitsuke** (Criar disciplina) - O quinto e último dos 5S diz respeito a criar e manter disciplina e fazer o que é preciso ser feito. É importante manter as restantes atividades de 5S de forma diária, para que esta filosofia seja intrínseca à cultura da empresa. A participação de todos os trabalhadores é essencial para o sucesso desta prática.

Na Figura 2.4, está um quadro de implementação do 5S que pode ser colocado no chão de fábrica para relembrar estes conceitos a todos os trabalhadores.



Figura 2.4 - Quadro Informativo sobre o 5S
Adaptado de (Creative Safety Supply, 2023)

2.1.7.7 *Single Minute Exchange of Die (SMED)*

Single Minute Exchange of Dies (SMED), é uma ferramenta desenvolvida e popularizada no Japão por Shigeo Shingo, cujo objetivo principal consiste na redução dos tempos de *set-*

up de forma a conseguir diversificar o número de produtos oferecidos ainda que com uma capacidade reduzida (Basu, 2009).

Este tempo de *set-up* é o tempo compreendido entre a última unidade de um lote e a produção da primeira unidade de um lote diferente, ou seja, é o tempo que a máquina se encontra indisponível devido à alteração do produto a fabricar (Baudin, 2007).

Tal como o nome indica, o objetivo de Shingo era provar que estes longos tempos de *set-up*, poderiam ser realizados em menos de 10 minutos, repudiando a utilização de técnicos especializados nesta fase.

Entre vários motivos, destacava o alto custo associado a estes, a falta de conhecimento do produto em comparação com os operadores e ainda, o facto de muitas vezes ser necessário esperar pelos mesmos (Baudin, 2007). Assim, Shigeo Shingo recomendava:

1. Estudar e quantificar as operações da linha de forma a separar as atividades externas e internas (Basu, 2009):
 - **Internas** - apenas podem ser realizadas quando a máquina está parada;
 - **Externas** - podem ser realizadas enquanto a máquina se encontra em funcionamento.
2. Atuar sobre as atividades externas quer através de *checklists* de forma a organizar o que tem de ser feito, quer através de melhorias no procedimento de forma a evitar a ocorrência de erros. Um exemplo é a utilização de carros de apoio ao *set-up* onde se encontram todas as ferramentas e materiais necessários à realização do mesmo (Baudin, 2007);
3. Atuar sobre as atividades internas com base em 2 fases: a primeira consiste em tentar convertê-las em atividades externas e a segunda em reduzir as atividades internas que permaneceram através da eliminação de ajustes e fixações;
4. Documentar os novos procedimentos (Davies & Greenough, 2003).

Por último, é importante salientar que o objetivo não é reduzir o tempo total de *set-up*, mas sim aumentar o número de *set-ups* que é feito neste tempo (Baudin, 2007). Resumindo, a meta desta ferramenta não é aumentar a capacidade de produção, mas sim a flexibilidade de resposta aos desejos cada vez mais voláteis do consumidor (Davies & Greenough, 2003).

2.1.7.8 Cartões *Kamishibai*

No *Lean*, o cartão *Kamishibai* é uma ferramenta visual poderosa utilizada para promover a melhoria contínua, a padronização e a responsabilidade em ambientes industriais.

Baseado na tradicional técnica japonesa de contar histórias, o *Kamishibai* envolve o uso de cartões de controlo coloridos ou quadros visuais que representam diferentes etapas de um processo ou padrões a serem seguidos (Shingo, 1986):

1. **Padronização e Gestão Visual** - Os cartões *Kamishibai* são projetados de forma a representar procedimentos padrão ou verificações de qualidade em um processo específico. Cada cartão é colorido e visualmente claro, facilitando a identificação e a compreensão rápida das tarefas a serem realizadas (Dennis, 2017);
2. **Auditorias e Verificações Regulares** - Os cartões do *Kamishibai* são colocados em quadros ou placas visíveis em locais estratégicos ao longo do processo. Já os funcionários são designados para realizar auditorias regulares conforme indicado pelos cartões. Pode envolver a verificação de condições de segurança, conformidade com padrões de qualidade, limpeza do local de trabalho, entre outros;
3. **Responsabilidade e Engajamento** - O cartão *Kamishibai* promove uma cultura de responsabilidade compartilhada, onde os próprios funcionários são responsáveis por garantir a conformidade com os padrões estabelecidos. Ao realizar as auditorias prescritas nos cartões, os funcionários sentem-se inseridos no processo de melhoria contínua, identificando problemas e propondo soluções;
4. **Feedback e Melhoria Contínua** - As auditorias realizadas através do *Kamishibai* fornecem um mecanismo eficaz para coletar feedback sobre o desempenho do processo. Os problemas identificados são documentados e discutidos em equipe, levando a ações corretivas e iniciativas de melhoria contínua.

O uso do *Kamishibai* nas indústrias tem se mostrado eficaz no aumento da conformidade dos padrões de qualidade, na redução dos desperdícios, na melhoria da eficiência operacional e na promoção de uma cultura de melhoria contínua. Ao fornecer uma abordagem visual e interativa para a gestão e o controle de processos, o *Kamishibai* (Samanta, 2019) torna-se uma ferramenta valiosa para alcançar os objetivos da empresa.

2.1.7.9 Quadros *Kaizen*

Os quadros *Kaizen* são uma ferramenta essencial na implementação da filosofia *Lean* nas organizações. Eles servem como uma maneira visual e prática de controlar e acompanhar as

atividades de melhoria contínua. Este quadro é usado para apontar e acompanhar as sugestões de melhoria dos funcionários (George *et al.*, 2004).

Incentivados a compartilhar ideias para eliminar desperdícios, reduzir tempos de ciclo, melhorar a qualidade ou aumentar a segurança do local, os operadores são responsáveis pela implementação e o status atual de cada sugestão.

Este quadro exibe também os principais indicadores de desempenho da fábrica, como produtividade, qualidade, tempo de atividade da máquina e taxa de defeitos, ajudando a equipa a acompanhar o desempenho em tempo real e identificar áreas que precisam de atenção. Metas devem ser estabelecidas e atualizadas regularmente para impulsionar a melhoria contínua (Quetz *et al.*, 2015).

Este quadro é usado para planejar e monitorizar as atividades de melhoria contínua. Este detalha as ações específicas que serão implementadas para atingir as metas de melhoria estabelecidas. As responsabilidades são atribuídas a membros da equipe, e o progresso é acompanhado regularmente durante reuniões de acompanhamento (Smith and Hawkins 2004).

2.2 Outras Ferramentas de Apoio

Além da abordagem *Lean* descrita anteriormente, existem outras ferramentas complementares que muitas vezes são utilizadas ao longo da resolução de problemas. O presente subcapítulo destaca algumas dessas ferramentas em termos de metodologia e aplicação.

2.2.1 SIPOC

O SIPOC é uma ferramenta de mapeamento de processo que descreve a forma como a organização consegue satisfazer os pedidos dos seus clientes ao identificar todos os elementos relevantes do processo (Basu, 2009). Tal como a sigla sugere, são cinco elementos:

- **Supplier** (fornecedor) - é a pessoa/empresa que fornece o input do processo, podendo ser interno ou externo à organização (Basu, 2009);
- **Input** - consiste no material, mão de obra, máquinas, informação, regulamentos e procedimentos que são necessários ao correto funcionamento do processo
- **Process** (processo) - são os passos internos necessários na transformação dos inputs em outputs, representados com caixas no diagrama (Basu, 2009);
- **Output** - é o produto/serviço que resulta do processo e que será entregue ao cliente (interno ou externo) (Basu, 2009);

- **Costumer** (cliente) - quem recebe o produto podendo ser a próxima etapa do processo (interno) ou uma pessoa/empresa (externo) (Basu, 2009).

Assim, o SIPOC é uma ferramenta que deve ser incluída no estudo de qualquer processo uma vez que, ao identificar os clientes e outputs, é possível identificar a voz do cliente e as etapas cruciais na criação de valor para este (Davies & Greenough, 2003). Permite capturar informação crítica do processo que auxilia não só na definição das fronteiras deste como também na identificação das suas áreas críticas e focos de melhoria (George *et al.*, 2004).

Concluindo, é uma ferramenta fácil e simples de aplicar e, ao não entrar em demasiado detalhe garante o foco no que é fundamental para o cliente, fomentando simultaneamente o trabalho de equipa e o interesse pela causa (Samanta, 2019).

A Figura 2.5 contém um exemplo da estrutura correta desta ferramenta.

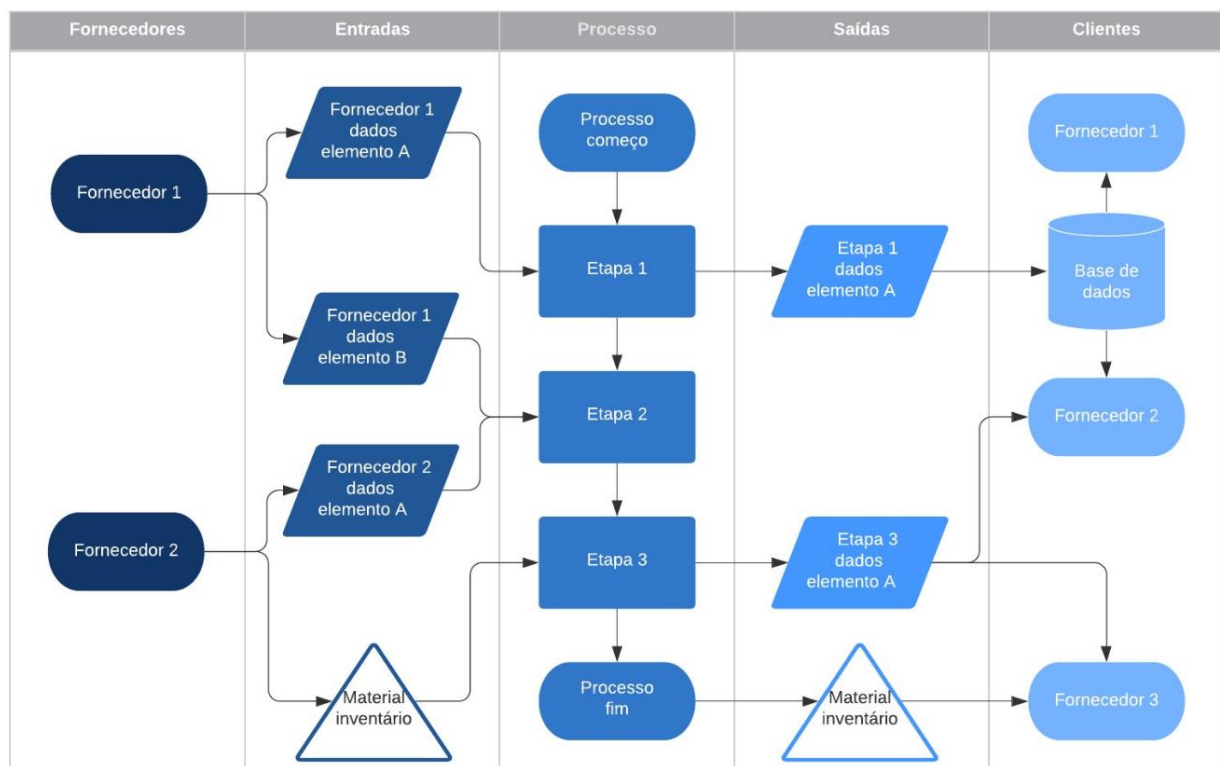


Figura 2.5 - Estrutura de Aplicação do SIPOC

Adaptado de (Samanta, 2019)

2.2.2 Análise 5 *Why's*

Desenvolvida e aplicada pela primeira vez na Toyota, a análise dos 5 Porquês é uma técnica simples cujo objetivo principal é a identificação da causa-raiz de um determinado problema (Andrés-López *et al.*, 2015).

O método utilizado consiste em perguntar 5 vezes "porquê?", de forma sucessiva, de maneira a garantir que não se limita a ferramenta às causas superficiais que, a longo prazo, não terão o impacto pretendido. De notar que o número de porquês. não é fixo, podendo ser necessário mais ou menos para atingir a verdadeira causa (George *et al*, 2004).

Considerada a base científica do TPS (Ohno & Bodek, 1988), atualmente é utilizada tanto a nível industrial como de serviços e garante o sucesso na resolução de problemas ao envolver os trabalhadores na procura da relação causa-efeito de um problema específico (Basu, 2009). Muitas vezes, causas que à primeira vista parecem de cariz do processo, ao fim de cinco porquês apontam para problemas ao nível da organização (Modig, 2011).

A Figura 2.6 contém um exemplo de como esta ferramenta é aplicada. Começando pelo topo com a descrição do problema, seguindo-se os cinco porquês e acabando na causa-raiz.



Figura 2.6 - Estrutura de Aplicação do 5 *Why's*
Adaptado de (Modig, 2011)

2.2.3 Diagrama de Pareto

O princípio de Pareto sugere que 80% dos efeitos surgem de 20% das causas. Sendo uma ferramenta visual, ajuda a identificar quais as causas que mais contribuem para a criação de problemas. Esta análise foca-se nas causas mais importantes e ignora as menos importantes

(Jayswal *et al.*, 2011). O diagrama consiste num gráfico de barras e uma reta de acumulação da frequência relativa, como se pode observar pela Figura 2.7.

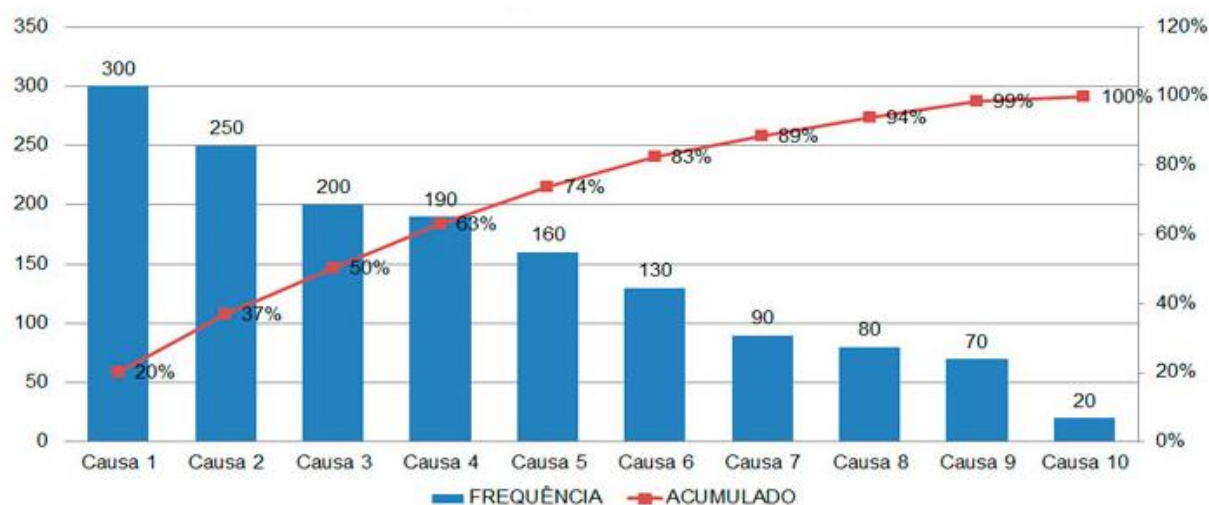


Figura 2.7 - Estrutura do Diagrama de Pareto

Adaptado de (Jayswal *et al.*, 2011)

Para construir o diagrama, é necessário recolher dados que sejam relevantes e agrupados em categorias representativas de cada etapa, tarefa ou atividade de um processo. Os dados são organizados em ordem decrescente por frequência ou relevância. A distribuição visual dos dados permite que o decisor atue nas categorias responsáveis pela maior parte dos problemas e distribua os recursos de forma eficiente (Ahmed & Ahmad, 2011).

2.2.4 Brainstorming

Brainstorming é um método que consiste em juntar um grupo de pessoas à procura da solução de um problema, para alcançar o maior número de ideias possível. Esta metodologia surgiu em 1938 (Rizi *et al.*, 2013), quando Alex Osborn realizou uma reunião em busca de novas ideias seguindo um formato estruturado. Esta prática contém algumas regras que não são necessariamente limitativas, mas orientam o processo (Rizi *et al.*, 2013):

- **Não criticar ideias sem ouvir a explicação** – Os participantes só devem dar a sua opinião no final;
- **Pensar livremente** - Não aplicar restrições ao pensamento de modo a ser mais criativo;
- **Focar na quantidade** - Quanto mais ideias, melhor, para poder compará-las;
- **Documentar** - Guardar todas as ideias e a sua explicação para que outros possam ter acesso;
- **Rever as ideias** - Antes de avaliar, a ideia deve ser finalizada e revista.

Esta técnica é aplicada com vista a juntar pontos de vista diferentes, para que, assim, os intervenientes possam debater e chegar a um consenso. Numa primeira fase, os participantes discutem as ideias (Rizi *et al.*, 2013), depois classificam-nas de acordo com as que melhor se aplicam ao ambiente em avaliação e por fim identificam as ideias que pretendem utilizar. As ideias definidas como solução devem ser atribuídas ao grupo inteiro e não a um indivíduo.

Apesar de ser apenas um diálogo entre membros de equipa onde todos apresentam as suas ideias, é necessário seguir algumas regras básicas tais como: definir os seus participantes e um tempo limite para a sessão, não avaliar ideias durante o processo de recolha e encorajar a quantidade ao invés de qualidade (Dailey, 2003).

Relativamente à metodologia, pode ser realizado de forma mais estruturada onde os membros, de forma individual e sequencial, são solicitados a sugerir ideias, ou de forma mais livre onde as ideias são sugeridas por qualquer membro e a qualquer momento.

2.2.5 Diagrama de *Ishikawa*

O diagrama causa-efeito, ou diagrama de Ishikawa foi criado por Kaoru Ishikawa (Assen & Lameijer, 2023), de maneira a documentar possíveis cenários e as suas causas. Esta técnica é utilizada para identificar e agrupar causas primárias e secundárias de um problema. Este diagrama é uma maneira fácil e prática de representar as causas de um problema.

Isto ajuda na identificação de soluções e no brainstorming de cada categoria (Associates, 1995). Na Figura 2.8 é possível observar a estrutura do Diagrama de Ishikawa.

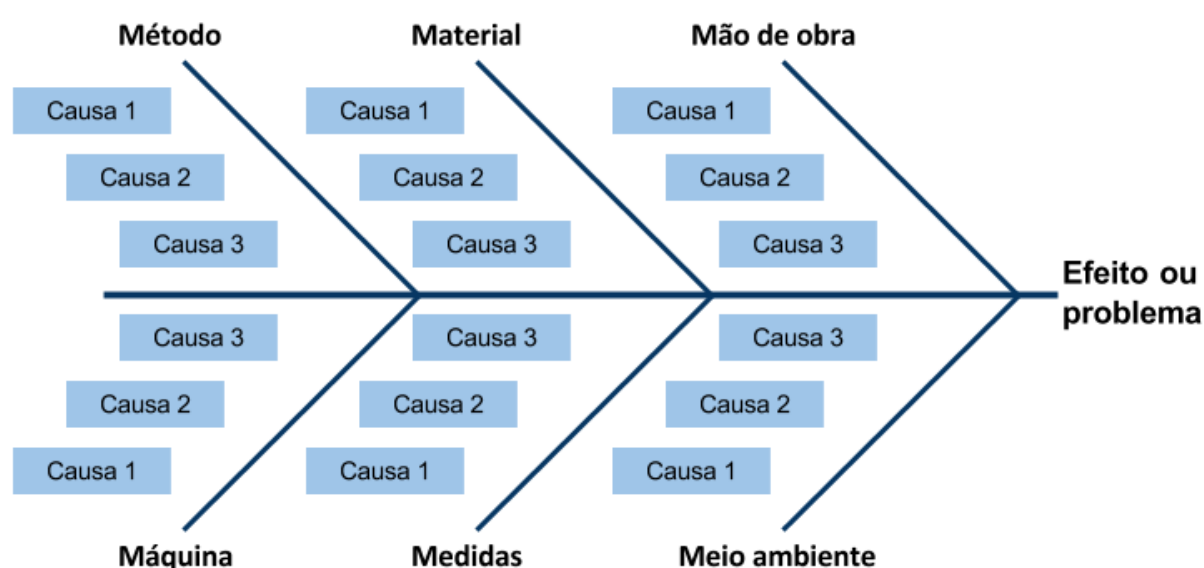


Figura 2.8 - Estrutura do Diagrama de Ishikawa
Adaptado de (Assen & Lameijer, 2023)

Alguns dos benefícios da utilização deste método são a forma estruturada com que é representado, o que permite facilidade em identificar as causas de um problema e incentiva a discussão das mesmas em grupo. Também ajuda a identificar áreas em que devem ser recolhidos mais dados para um estudo futuro (Ciocoiu & ILIE, 2010).

Concluindo, o Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta de fácil análise e compreensão, que permite aumentar o conhecimento sobre o processo, fornecendo os elementos suficientes para desenvolver uma solução eficaz (Naik *et al.*, 2011). Contudo, apresenta também algumas limitações em problemas complexos com elevado número de causas e por vezes mostra-se demasiado subjetivo (minutes, 2015).

2.2.6 Observação Direta

A observação direta é a prática em que o interveniente se integra entre os participantes estudados, para compreender e ganhar experiência sobre um processo. O investigador observa, documenta e pode, ou não, participar do procedimento (Baumann & Arlinghaus, 2021).

Pretende-se justificar as razões das ações dos trabalhadores, através da interação com os mesmos. Isto permite um entendimento preciso de certas situações que não seria possível obter de outra forma, o que é necessário caso se queira implementar melhorias no processo (Fenner & Netland, 2023). Este método permite ir para além do que é possível com uma análise apenas refletiva, pois é tudo documentado com o intuito de implementar melhorias. É uma ajuda para identificar as causas raiz de um problema (Fenner & Netland, 2023).

Na abordagem *Lean*, a observação direta é considerada essencial por vários motivos:

1. **Entendimento do Processo Real** - ao observar diretamente o local de trabalho, os líderes podem ter uma compreensão precisa de como os processos realmente funcionam. Isso ajuda a evitar suposições e a entender os problemas e desperdícios que podem não ser evidentes de outra forma;
2. **Identificação de Desperdícios** - a observação direta permite a líderes identificar desperdícios e atividades que não agregam valor para o cliente. Nestes estão incluídos alguns exemplos como movimentos desnecessários, *stocks* em excesso, tempos de espera, defeitos, entre outros;
3. **Envolvimento dos Trabalhadores** - Ao visitar o local de trabalho e interagir com os funcionários, os líderes demonstram interesse pelo trabalho realizado e pelas

preocupações dos trabalhadores. Isso ajuda a construir confiança e a promover um ambiente onde os funcionários se sintam confortáveis em compartilhar ideias e sugestões de melhoria;

4. **Tomada de Decisões Baseada em Dados** - A observação direta fornece dados concretos e observações reais que podem ser utilizados para embasar as decisões de melhoria. Isso ajuda a garantir que as iniciativas de melhoria estejam alinhadas com as necessidades e desafios reais enfrentados no local de trabalho;
5. **Cultura de Melhoria Contínua** - Ao incorporar a observação direta como uma prática regular, as organizações promovem uma cultura de melhoria contínua, onde todos os membros da equipe estão envolvidos na identificação e implementação de melhorias nos processos.

2.2.7 Notação BPMN

Concebido ao longo de 6 anos num consórcio industrial - *Business Process Management Initiative* (BPMI) -, o BPMN é uma notação universal de linguagem para a representação dos processos de negócio que facilita a comunicação entre utilizadores, analistas e técnicos (Muehlen & Recker, 2008). Este, surge como uma evolução da notação BPEL e, ao identificar a pessoa/entidade responsável por cada tarefa, facilita a transição do trabalho entre estas, sendo uma das notações mais utilizadas no setor dos serviços, mais especificamente em processos administrativos (George *et al.*, 2004).

Apesar de ter capacidade para descrever processos de elevada complexidade, o objetivo é ser uma linguagem simples capaz de descrever processos com diferentes níveis de detalhe (Muehlen & Recker, 2008). Apesar de ser utilizado na comunicação de múltipla informação, esta notação descreve essencialmente dois tipos de processos (Smith & Hawkins, 2004):

- **Processos B2B (colaborativos)** - envolvem a interação de duas ou mais entidades, assumindo um âmbito mais geral com foco na interação dos participantes;
- **Processos internos (privados)** - já inclui o ponto de vista da organização e descreve atividades que não são visíveis ao consumidor.

Através de uma modelação interativa, O BPMN permite uma criação simultaneamente rápida e compreensiva para os modeladores, resultando em menos dificuldades na interação com os utilizadores e com os técnicos de IT. Em termos de desvantagens, destaca-se a redundância muitas vezes necessária na modelação de certas atividades bem como a incompatibilidade que resulta muitas vezes em bloqueios e impasses (Muehlen & Recker, 2008).

ESTUDO DE CASO

O presente capítulo tem como objetivo dar ao leitor uma noção da empresa, do sistema produtivo, da área e do processo onde se incidiu a dissertação. Assim como, dos parâmetros de controlo utilizados, das oportunidades de melhoria identificadas, das propostas de melhoria desenvolvidas e do plano de implementação e monitorização das mesmas.

3.1 Grupo The Navigator Company

A 'The Navigator Company' é um produtor totalmente integrado, operando em áreas desde a gestão florestal até ao fabrico de diversos produtos de papel, soluções sustentáveis de embalagens e energia renovável.

As instalações de última geração estão localizadas em em Cacia, Figueira da Foz, Setúbal e Vila Velha de Rodão. A empresa possui uma capacidade de produção anual de 1,6 milhões de toneladas de papel, 1,6 milhões de toneladas de pasta, 130 mil toneladas de tissue e 2,5 TWh de energia renovável. Especialista na produção de papéis finos de impressão e escrita, tanto para ambientes de escritório como para a indústria gráfica, o grupo oferece uma ampla gama de produtos.

O papel de escritório, predominantemente comercializado em formato de folhas A4, constitui 53% do volume total de vendas da empresa, tendo as suas principais aplicações em impressoras a jato de tinta e a laser, bem como em fotocopiadoras. O papel para a indústria gráfica, disponível em diversos formatos conhecidos por fôlio, representa 27% das vendas. Os restantes 20% são provenientes de produtos vendidos em bobinas.

O papel utilizado na indústria gráfica tem várias finalidades, incluindo a produção de livros, folhetos, brochuras, envelopes, formulários, faturas e extratos bancários. Esta categoria de papel é normalmente designada por papel offset, devido à sua compatibilidade com a tecnologia de impressão offset amplamente utilizada para este tipo de tarefas. A gramagem do papel varia normalmente entre 60 g/m² e 250 g/m².

No âmbito da atividade da The Navigator Company, enquanto a fábrica de Vila Velha do Rodão se dedica à produção de papel tissue e a fábrica de Cacia se especializa na produção de pasta e energia, os complexos da Figueira da Foz e de Setúbal dedicam-se a um espectro mais alargado de actividades, incluindo a produção de energia, pasta e papel.

O complexo de Setúbal, que se destaca internacionalmente pela sua dimensão e avanços tecnológicos, é constituído por duas fábricas de papel, uma fábrica de pasta, uma central de cogeração e uma central de biomassa.

Destaca-se a fábrica de pasta de Setúbal, uma das mais importantes da Europa na sua categoria. Com uma capacidade de cerca de 550 mil toneladas por ano, é especializada na produção de pasta branqueada de eucalipto através do processo kraft.

O arranque da primeira fábrica de papel, NPS1, em Setúbal, remonta a 1969, com uma capacidade instalada anual de cerca de 275.000 toneladas, assegurada por duas máquinas de produção de papel.

A segunda fábrica de papel, a NPS2, foi inaugurada em 2009 e alberga uma das maiores e mais avançadas máquinas de papel não revestido do mundo. Este gigante, com uma largura de trabalho de 10,4 metros, demonstra uma capacidade notável de produzir mais de 500 000 toneladas de papel por ano, operando a uma velocidade impressionante de 30 metros por segundo.

A inauguração da fábrica 'Navigator Paper Setúbal 2', NPS2, constituiu um momento crucial para a economia nacional, catapultando o Grupo para a liderança europeia na produção de papéis de impressão e escrita não revestidos (UWF). Portugal ascendeu, assim, ao topo da hierarquia europeia dos países especializados nesta categoria de produção de papel.

Este feito monumental foi concretizado através de um investimento total de 600 milhões de euros, fomentando a criação de 350 postos de trabalho directos e reforçando o emprego direto em 15%, num contexto de recessão de 2008/09. Para além disso, o grupo realizou um importante investimento com o objetivo de modernizar e duplicar a capacidade do viveiro de Espirra (Pegões). Esta iniciativa tem como objetivo aumentar a utilização de plantas florestais clonais e facilitar a disponibilização de material genético certificado aos produtores.

Após a sua conclusão, o grupo passará a presidir ao maior viveiro de plantas florestais certificadas da Europa, com uma capacidade de produção anual de 12 milhões de plantas. Esta aposta estratégica reforça o compromisso com a gestão sustentável da floresta, traduzindo o espírito de renovação das árvores e de conservação da biodiversidade.

O grupo tem demonstrado uma dedicação inabalável no combate aos incêndios florestais e na salvaguarda das florestas, através de medidas proactivas de prevenção e de iniciativas

de apoio. Com um investimento anual de cerca de três milhões de euros, o grupo assume um papel preponderante na defesa da floresta, afirmando-se como o maior contribuinte privado para o combate aos incêndios florestais no país.

O grupo possui inúmeras marcas em papel de escritório para os formatos A4, A3 e equivalentes americanos. Na qualidade premium deste tipo de papel, as principais marcas são Navigator, Pioneer, Inacopia e Explorer. Já na qualidade standard, as principais marcas são Discovery e Multioffice.

De igual forma, o grupo possui algumas marcas em papel offset (para a área gráfica), tendo como principais a Soporset e a Inaset. Possui ainda um papel que requer uma impressão prévia em offset para posterior personalização em laser ou *ink-jet* denominado *Pre-print*, concebido para a produção de formulários comerciais.

O Grupo tem vindo a implementar uma estratégia de *branding* eficaz, que culminou com a criação de marcas próprias, as quais detêm atualmente mais de 62% das vendas de produtos transformados. Entre estas, a marca Navigator destaca-se como líder mundial no sector do papel de escritório premium, enquanto a marca Soporset se impõe como a primeira escolha europeia no segmento do papel não revestido para a indústria gráfica.

Atualmente, as vendas do grupo abrangem 118 países nos cinco continentes, com especial destaque para a Europa e os EUA.

3.2 Caracterização do Sistema Produtivo

No complexo industrial de Setúbal, a fábrica de pasta recebe a madeira de eucalipto e transforma-a em pasta branqueada de eucalipto. Esta pasta, constituída por fibras de celulose, é transportada para as fábricas de papel, através de tubagens fechadas, em suspensão aquosa. Nas fábricas de papel, estas fibras são combinadas com carbonato de cálcio precipitado, amido e outras matérias-primas utilizadas no fabrico de papel, formando uma mistura altamente diluída com cerca de 99% de água.

Esta mistura é introduzida na máquina de papel através da caixa de chegada, onde quase toda a água é extraída, deixando as fibras e outros componentes unidos. A água removida durante este processo é reciclada para utilização posterior.

Após a passagem pelo pré-secador, o papel passa por uma fase intermédia que consiste na aplicação de uma solução de amido na sua superfície, através de rolos revestidos a borracha. Esta aplicação visa melhorar a interação do papel com as tintas de impressão.

Posteriormente, o papel entra na secção pós-secadora da máquina para ser submetido a um novo processo de secagem, uma vez que permanece húmido após a aplicação de amido. Uma vez seco, o papel é submetido a um processo de calandragem para obter uma superfície lisa e uma espessura uniforme. Por fim, o papel é enrolado em grandes rolos, conhecidos como bobinas ou jumbos, produzindo aproximadamente uma bobina por hora, cada uma contendo cerca de 83 toneladas de papel.

No final do processo, o papel tem normalmente um teor de humidade que varia entre 4 e 6 por cento. O carretel é depois cortado em bobinas pequenas nas duas bobinadoras. Estas bobinadoras poderão fazer entre 3 e 24 bobinas, consoante as larguras definidas.

As bobinas são depois embaladas, numa embaladora completamente automática. Existe ainda uma rebobinadora para recuperar restos do carretel que são transformados em bobinas de pequenas dimensões, nomeadamente para envelopes e para a produção de documentos transacionais como faturas, guias de remessa, recibos e extratos de conta.

As bobinas podem ter assim dois destinos. O primeiro passa por serem vendidas como bobinas, correspondente a menos de 15% do negócio do grupo. O segundo passa por serem transformadas internamente em folhas, correspondente a mais de 85% do negócio do grupo. As bobinas cuja qualidade não obedeça aos exigentes parâmetros internos são desintegradas e retornam ao processo de pasta.

Todas as bobinas são armazenadas no ARS (*Automatic Reel Storage*), com capacidade para 18 000 toneladas o que corresponde a aproximadamente 12 dias de produção. Por sua vez, as bobinas são transportadas do armazém para as cortadoras através de robots, AGV's (*Automatic Guided Vehicles*), estas recebem solicitações da gestão fabril de acordo com as necessidades de transporte de bobinas em cada momento. Os AGV's seguem determinadas rotas através de um sistema de triangulação laser, representadas na Figura A.3.

Chegadas às Cortadoras, as bobinas são desenroladas, cortadas em folhas e empilhadas. No Cut-Size continuam o processo pela respetiva linha de embalagem, onde são enresmadas, encaixotadas e paletizadas. Na zona Fólio podem ter dois destinos, o primeiro passa por serem paletizadas como saem, sem nenhum revestimento, o segundo passa por serem encaminhadas para as enresmadoras onde atravessam um processo parecido ao do Cut-Size, são enresmadas, empilhadas e paletizadas. Assim, como representado no VSM do Apêndice A.4, as caixas, folhas ou resmas paletizadas são transportadas por AGV's para a máquina de embalar paletes.

Após serem embaladas em plástico, etiquetadas e cintadas, as paletes seguem através de um tapete rolante para o APW (*Automatic Pallet Warehouse*), com capacidade para 32 000 paletes. Todo este fluxo está representado no Apêndice A.1.

3.3 Área Transformação e Processo *Cut-Size*

A área Transformação divide-se em duas grandes zonas. A zona Fólio, responsável pela produção de papel para a indústria gráfica, possui três cortadoras de grande formato (FL1, FL2 e FL3), três linhas de enresmagem (RW1, RW2 e RW3), uma guilhotina (GU) e uma embaladora de plástico (PW2), e a zona *Cut-Size*, responsável pela produção de papel de escritório, possui duas cortadoras de grande dimensão (CL1 e CL2), uma de menor dimensão (CS1), uma embaladora de plástico (PW1) e uma estação de baterias para AGV's.

As três cortadoras Fólio de grande formato (FL1, FL2 e FL3) representadas na Figura 3.1 possuem uma capacidade anual instalada de 200 000 toneladas, a mesma velocidade máxima de corte de 400 metros/minuto e a mesma capacidade de carga de seis *backstands* duplos. Já as linhas de enresmagem (RW1, RW2 e RW3) possuem uma capacidade anual instalada de 70 000 toneladas e uma velocidade de 12 resmas por minuto. Por fim, está também presente uma embaladora de plástico (PW2) com uma cadência de 120 paletes/hora e uma guilhotina com uma capacidade anual instalada de 2 800 toneladas.

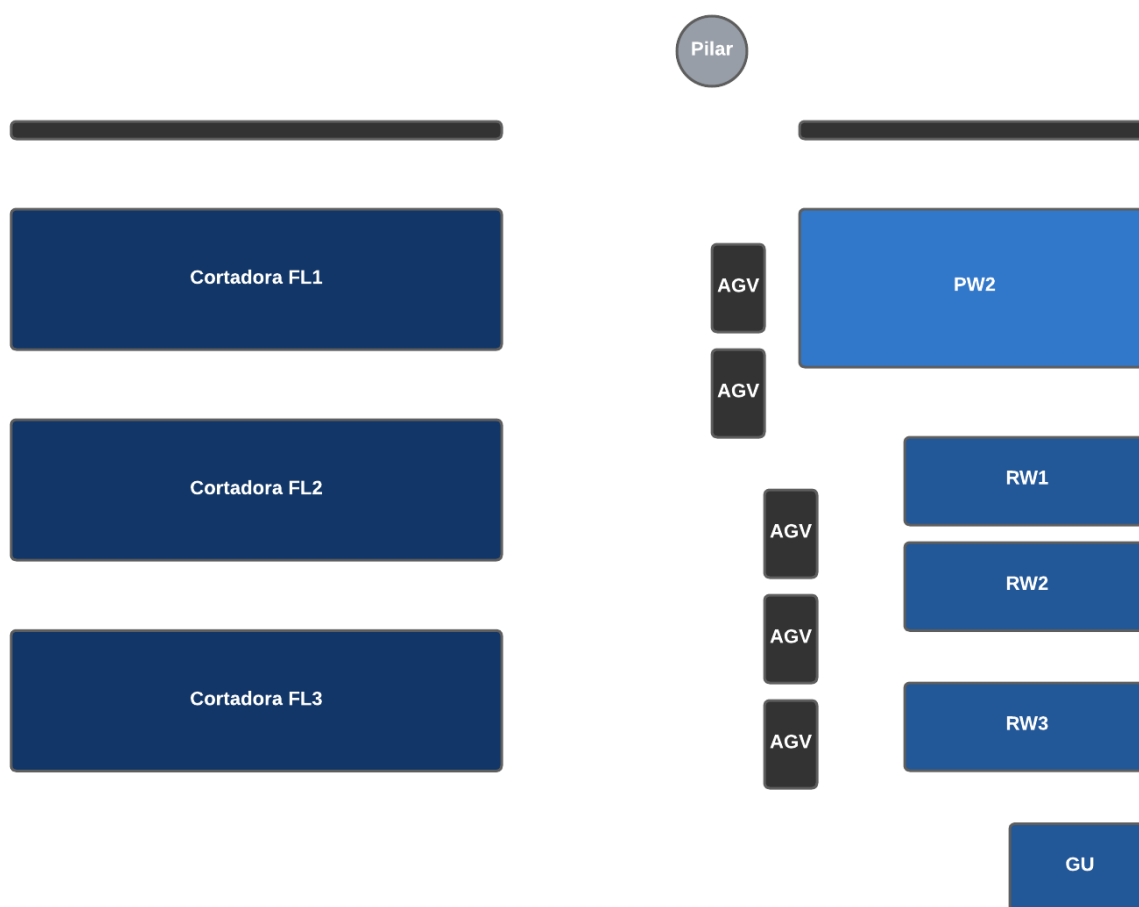


Figura 3.1 - Layout da Zona Fólio

As duas cortadoras *Cut-Size* de grande dimensão (CL1 e CL2), com capacidade anual instalada de 365 000 toneladas cada, e a de menor dimensão (CS1), com 245 000 toneladas, representadas na Figura 3.2. A velocidade das linhas de produção das CL's é 370 metros/minuto, enquanto a da linha de produção da CS1 é 400 metros/minuto. No entanto, a capacidade de carga de 6 *backstands* duplos juntamente com a largura que permite cortar 16 resmas A4 ao mesmo tempo das CL's, comparativamente com os 5 *backstands* duplos e a largura que permite cortar 8 resmas A4 simultaneamente da CS1, fazem com que a capacidade de produção das CL's seja 240 resmas/minuto, mais do dobro que a da CS1, 100 resmas/minuto.

As cinco linhas de embalagem permitem a produção de 120 paletes/horas. Como a CL1 e a CL2 possuem 2 linhas de embalagem cada, estas conseguem produzir o dobro da CS1 no mesmo intervalo de tempo. No entanto, apesar da menor capacidade de produção da CS1, esta está preparada para fazer uma maior variedade de produtos, desde formatos para o mercado americano a pacotes com quantidades de folhas diferentes. Na Figura 3.2 está também representada a embaladora de plástico desta área (PW1) com uma cadência idêntica à anterior, uma estação de baterias de AGV's e os próprios AGV's.

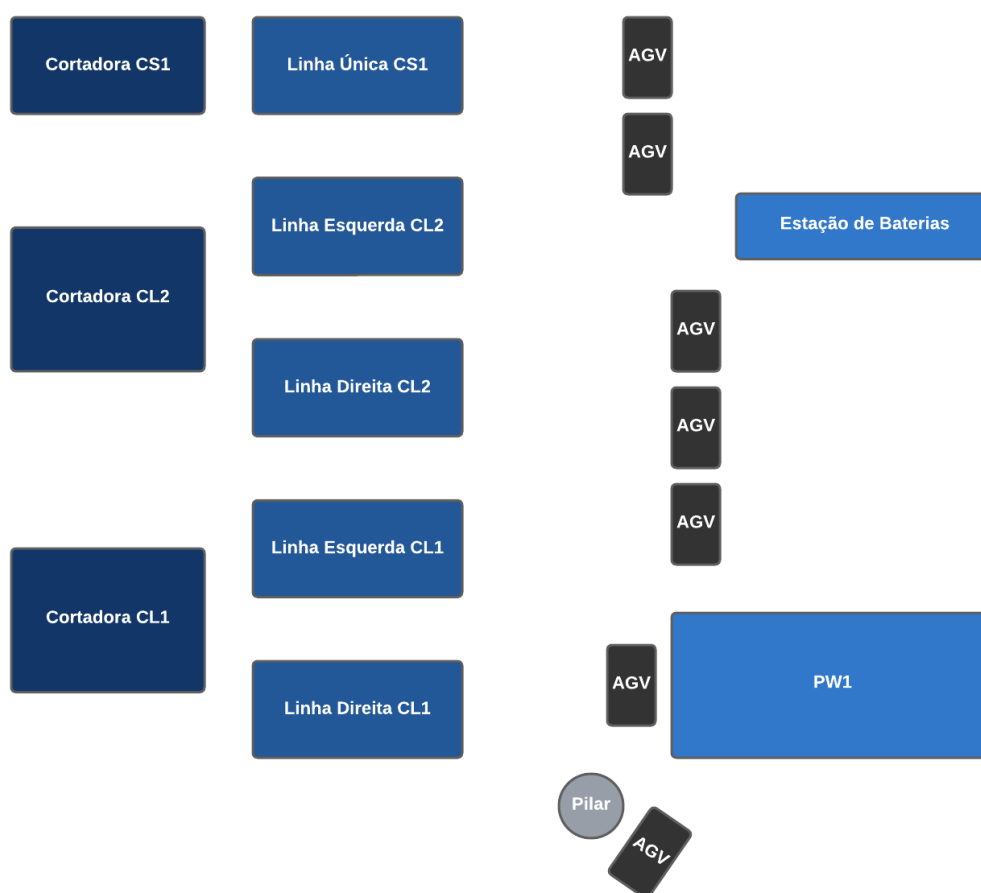


Figura 3.2 - Layout da Zona *Cut-Size*

Ao ter uma maior capacidade, decidiu-se focar o estudo na zona *Cut-Size*, anteriormente descrita. Quer as bobinas, como os materiais de embalagem são solicitados previamente pela gestão fabril e são transportados pelos AGV's e as empilhadoras até às cortadoras e linhas de embalagem respetivamente. Chegadas às cortadoras *Cut-Size*, as bobinas são desenroladas, cortadas em folhas e empilhadas em resmas, 500 folhas cada. Já na linha de embalagem são envolvidas em *wrap* e coladas as abas, se necessário, também são etiquetadas.

Posteriormente, as resmas embaladas são empilhadas em conjuntos, usualmente de 5, cada conjunto passa pela máquina de caixas onde é formada a caixa e colocado um tampo. Em seguida, as caixas são cintadas e paletizadas de acordo com o pedido do cliente (número de níveis e área da paleta). Por fim, as paletes com caixas são transportadas por AGV's para a embaladora em plástico, como está representado na Figura 3.3 e na Figura A.5.

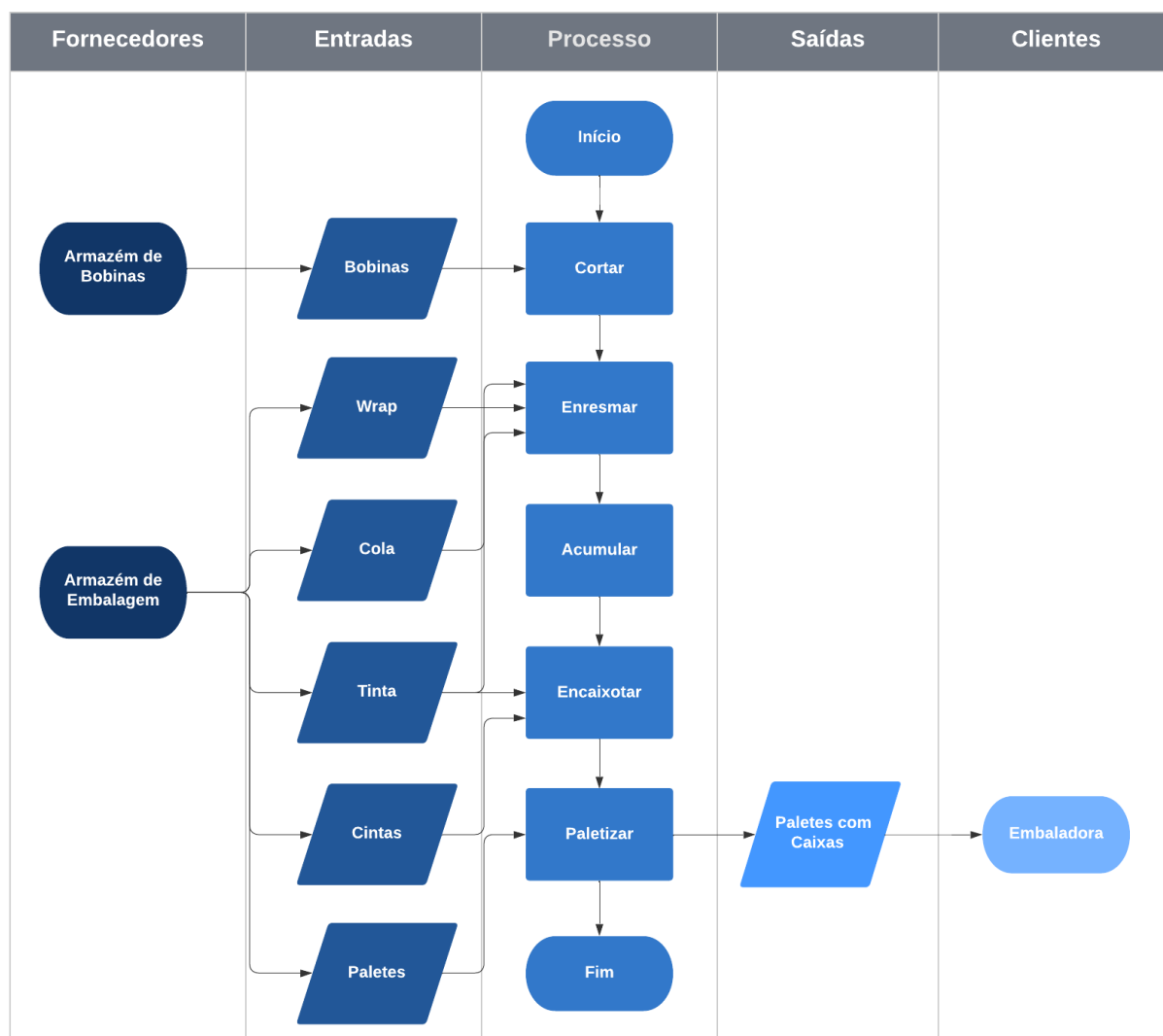


Figura 3.3 - SIPOC do Processo Cut-Size

3.4 Análise das Causas de Ineficiência

Após algum tempo a observar o processo e a questionar os operadores foi elaborada uma lista com as principais causas que provocam as ineficiências no processo. A lista reflete causas específicas ligadas a campos gerais como o método de trabalho, os materiais utilizados, os operadores envolvidos e as máquinas que compõem o processo. Assim, com essas causas elaborou-se um diagrama de Ishikawa visível na Figura 3.4. No diagrama estão presentes doze causas, todas elas contribuem para o efeito indesejado, o *downtime* elevado.

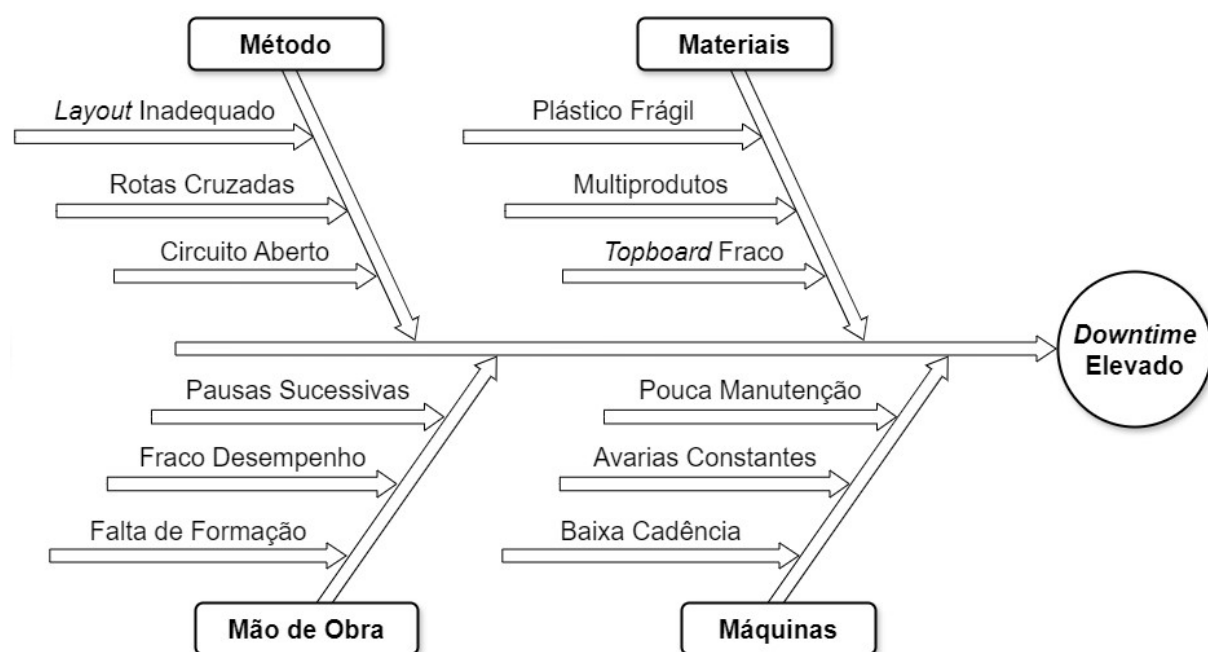


Figura 3.4 - Diagrama de Ishikawa com as Causas de Ineficiência

Recorrendo a um *Brainstorming* com a gestão de topo percebeu-se que as causas com maior impacto seriam as que se encontram associadas às Máquinas e à Mão de Obra.

Em seguida, procurou-se entender quais as causas específicas que afetam a disponibilidade das Máquinas. Para este efeito extraiu-se um ficheiro excel da plataforma que regista todos os *downtimes* das cortadoras, as máquinas principais do *Cut-Size*.

Com este excel extraído, procedeu-se à elaboração de um Diagrama de Pareto, visível na Figura 3.5, onde pode-se observar os principais tipos de paragem das cortadoras. As 'Paragens Não Planeadas' juntamente com as 'Mudanças de Set-Up' são responsáveis por 79,47% dos *downtimes* e representam 25% das causas/tipos de paragem.

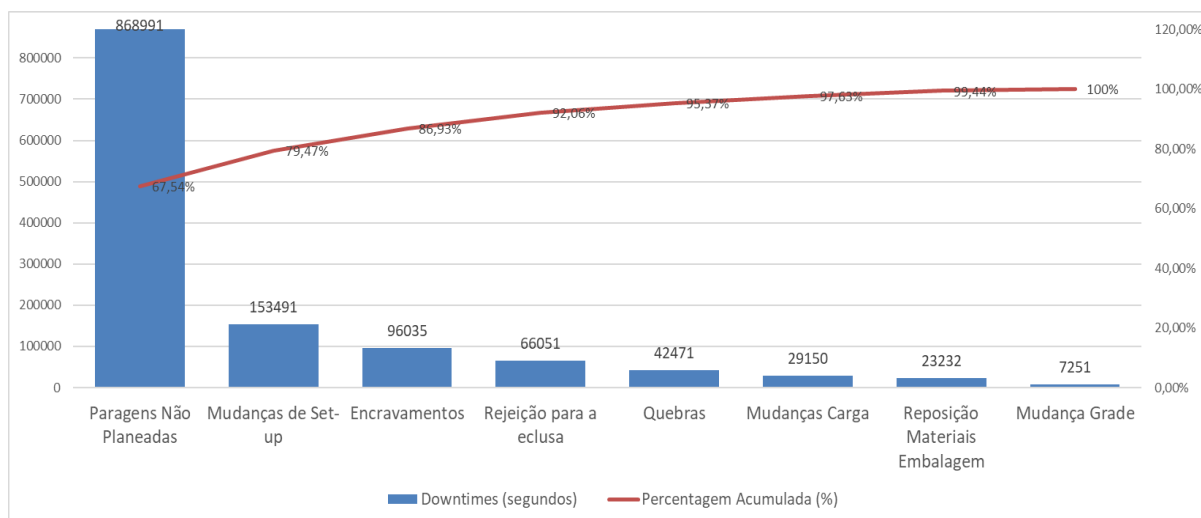


Figura 3.5 - Diagrama de Pareto com os Tipos de Paragem das Cortadoras

Como as 'Paragens Não Planeadas' representam a maior percentagem dos *downtimes*, procurou-se analisar primeiro estas. Como o nome indica, são paragens que não estão/foram planeadas pela gestão (de topo ou intermédia), assim as suas razões são diversas e na maioria desconhecidas. Em 2018, o Instituto *Kaizen* esteve presente na área da Transformação da NPS2, algo que promoveu um fortalecimento da cultura de melhoria contínua da área.

Com a implementação de Quadros *Kaizen* em cada cortadora e reuniões *Kaizen* diárias no começo de cada turno, houve um maior controle das ocorrências que na maioria das vezes levavam a paragens não planeadas. Com o covid a maior parte dos quadros caíram em desuso e as reuniões com o intuito de analisar as ocorrências e a restante informação contida nesses quadros também. Assim, paragens como as não planeadas ficaram sem controlo.

Com esta informação, percebeu-se que para reunir informação sobre as principais causas destas paragens seria necessária a Observação Direta, o colocar questões aos operadores e o planeamento de *Gemba-Walks* semanais com a gestão intermédia a acompanhar. Com estas três ações, poder-se-ia identificar oportunidades de melhoria que acabariam por impactar de forma positiva, quer o *downtime* não planeado, quer o por mudanças de *set-up*.

Em termos de organização, o desuso de quadros, o abandono de práticas e a utilização de circuitos ineficientes poderiam estar a causar um *downtime* tão elevado. Já em termos de operação, as avarias constantes, pouca manutenção ou até mesmo a existência de *bottle-necks* estariam a prejudicar e muito rendimento das cortadoras.

A necessidade de ação era gritante e o estudo de oportunidades de melhoria também. Nesse sentido, planearam-se *Gemba-Walks* semanais para a zona *Cut-Size*, de modo a ter uma real perceção das oportunidades que podem melhorar os *downtimes*.

3.5 Identificação de Oportunidades de Melhoria

Como referido anteriormente, no mês de março, realizaram-se *Gemba-Walks* semanais na zona *Cut-Size*, com o objetivo de identificar, primeiramente, o que poderia ser melhorado em relação às paragens não planeadas. Identificaram-se quadros *Kaizen* inativos, Figura 3.6.

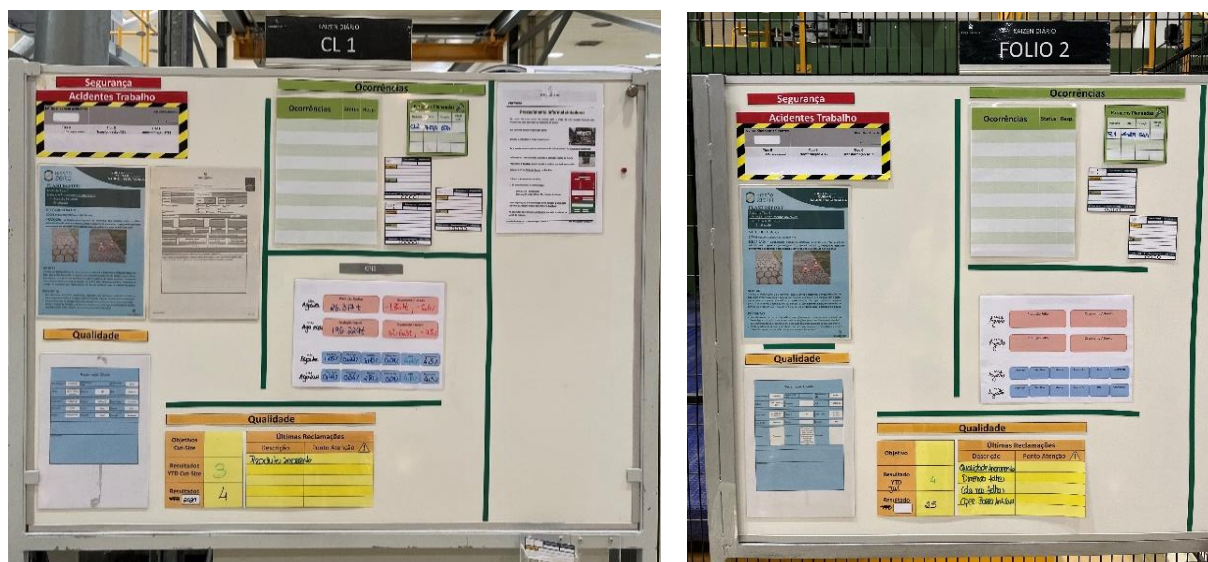


Figura 3.6 - Quadros *Kaizen* Desatualizados

Os campos 'Segurança' e 'Ocorrências' nunca eram preenchidos e o campo 'Qualidade' raramente o era. As equipas usavam os quadros como algo onde apenas se afixava avisos, em vez de, também, se anotarem informações úteis que poderiam ajudar as equipas do turno a seguir a terem uma noção do que se passou no turno anterior. A existência de momentos de segurança e relatórios extensos, a falta de objetividade e de atratividade do quadro, tanto pelo tamanho da letra como pelo conteúdo menos chamativo no quadro, faziam com que muitas vezes fosse ignorado. Ao longo deste mês percebeu-se também que as reuniões *Kaizen* diárias não estavam a ser realizadas e isso reflete-se nos quadros.

Assim, a reativação destes quadros foi considerada uma prioridade nas propostas de melhoria desenvolvidas, uma vez que a falta de informações sobre turnos anteriores, como por exemplo, registos de novos procedimentos, registos de ocorrências, registos de reclamações, mais concretamente, do número e do tipo, registos de acidentes de trabalho e registos de produções poderiam induzir a paragens não planeadas na linha pelos operadores, para se irem informar junto dos supervisores, às vezes sem sucesso, já que cada cortadora tem indicadores próprios, de informações e atualizações que tenham surgido.

Durante esse mesmo mês, observou-se que as cinco linhas de embalagem paravam ou reduziam a velocidade inúmeras vezes devido a problemas que ocorriam mais à frente. Olhou-se então um pouco mais frente no processo e reparou-se que na maioria das vezes as paragens ocorriam devido à falta de AGV's no momento de levar as paletes para a embaladora.

Verificou-se, em seguida, que a ausência destes se devia ao facto de estarem parados em fila, à entrada da embaladora, prontos para descarregar paletes, Figura 3.7.

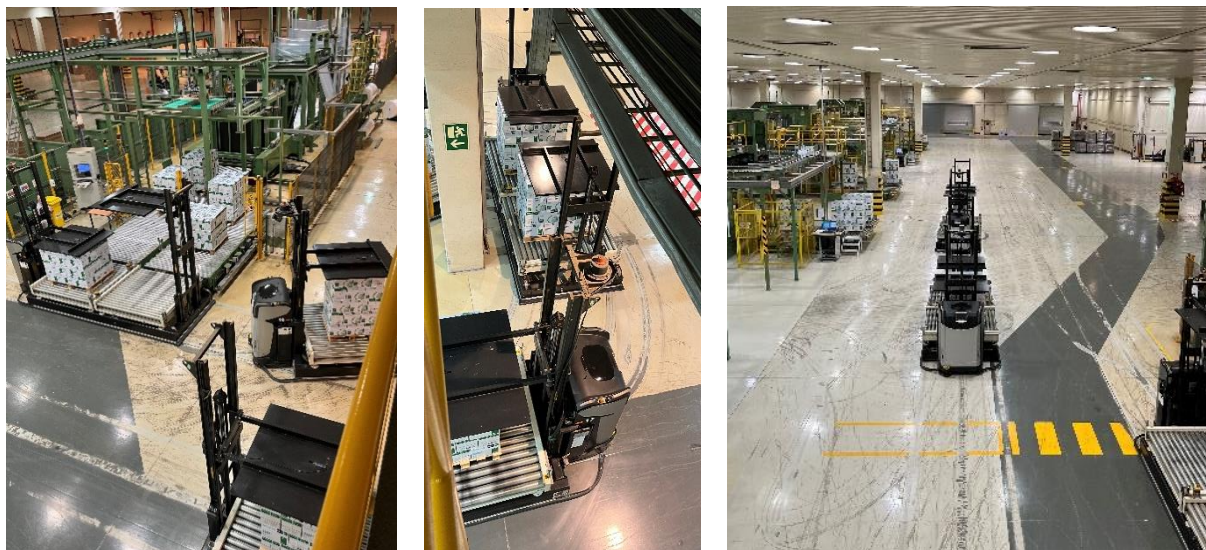


Figura 3.7 - Fila com Trânsito de AGV's

Este facto perturba também a fluência da fábrica uma vez que os AGV's bloqueiam as ligações entre a zona *Cut-Size* e a zona Fólio, não permitindo que, por exemplo, empilhadores com materiais de embalagem ou pequenas bobinas circulem entre zonas ou que AGV's com a bateria descarregada presentes na zona Fólio possam aceder à estação de baterias, situada na zona *Cut-Size*, para procederem ao respetivo carregamento da mesma. Para além disso, o trânsito de AGV's afeta a produção das linhas de embalagem, uma vez que estas abrandam ou param quando os mesmos estão cheios e não conseguem escoar as paletes.

No entanto, de notar que o mesmo trânsito só acontece por algo que corre menos bem no processo um pouco mais à frente. Assim, decidiu-se analisar a máquina de embalar paletes (PW1), uma vez que os AGV's só não descarregam por esta estar cheia e com o tapete de entrada indisponível. Para analisá-la é fundamental reparti-la em pequenas estações, já que ocorrem ainda alguns processos até a paleta sair embalada e pronta a expedir.

Através da Figura 3.8 consegue-se entender a extensão da máquina e identificar algumas estações como a aplicação do *topboard*, o alinhamento horizontal, o alinhamento vertical, a plastificação (*flowtechs* 1 e 2), a retratilização, a aplicação de cartaz e a cintagem.



Figura 3.8 - Embaladora de Paletes (PW1)

Identificadas as estações procedeu-se à visualização do *bottle-neck* e cronometragem dos tempos de ciclo. Assim verificou-se que o *bottle-neck* não era uma estação, mas sim três, *flowtech 1*, *flowtech 2* e retratilização. A paleta após ser envolvida em plástico e soldada no respetivo *flowtech*, segue para a retratilização, onde é exposta a altas temperaturas por um anel que a circunda e se desloca verticalmente, encolhendo o plástico. Para medir o tempo de ciclo destas estações utilizou-se uma amostra de cem paletes, vinte paletes de cada linha de embalagem. Selecionando períodos em que a máquina de embalar paletes recebia um fluxo contínuo, sem a ocorrência de *downtimes*, a medição dos tempos de ciclo situou-se nos 40 segundos por paleta, o que resulta em uma cadência de 90 paletes por hora.

A cadência original da máquina era de 120 paletes por hora, assim foram feitas algumas perguntas aos operadores e percebeu-se que a máquina, PW1, já não tinha a cadência de 120 paletes por hora há algum tempo. Em períodos com *downtimes* mais acentuados, situava-se, por vezes, abaixo das 90 paletes por hora. Questionando-lhes o porquê foi obtida a resposta de que a equipa de manutenção, mais concretamente o técnico de controlo e potência reduzia a cadência das estações para haver menos desgaste das peças mecânicas. Esta era uma luta antiga entre a Operação e a Manutenção, já que a uns interessava uma cadência maior, de modo a explorar a máquina ao máximo, e a outros, interessava uma menor para evitar avarias e reduzir custos de manutenção.

Para além da dificuldade em escoar paletes foi verificado nesse mesmo mês inúmeros *downtimes* no início do processo de transformação das bobinas devido a escorregamento de mandris. Estas paragens tinham uma duração mínima de dez minutos e estavam a ocorrer cada vez mais vezes desde o início do ano.

O problema residia na falta de aderência entre as terminações dos mandris, de cartão e/ou de plástico, e os cabeçotes da cortadora. Enquanto os mandris de cartão possuem topos reforçados, ou seja, as suas terminações têm a mesma espessura, mas são mais resistentes, os mandris de plástico são compostos por postigos, pequenas peças de materiais poliméricos que são removíveis e recicláveis. Na Figura 3.9 consegue-se observar o desgaste das abas localizadas dentro dos postigos de plástico, as terminações esfareladas dos mandris de cartão e os mandris de plástico com algum uso, respetivamente. Pressões elevadas e temperaturas altas são os principais fatores que desencadeiam desgaste em ambos os mandris.



Figura 3.9 - Mandris e respetivas terminações desgastadas

Por último, e já referente às paragens por mudanças de *set-up*, foram identificados elevados números e tempos de mudança nas linhas *Cut-Size*. O número médio de *set-ups* por mês era 144 e o tempo médio de cada era 24 minutos. Algumas ferramentas utilizadas estavam danificadas e desatualizadas, visível na Figura 3.10.



Figura 3.10 - Ferramentas de *Set-up* danificadas e desatualizadas

Assim, identificaram-se como causas raízes deste tipo de paragens, a ausência de um procedimento comum em algumas tarefas, e a de instruções para usar ferramentas específicas. Os turnos possuíam *standards* diferentes, uma vez que os processos não eram normalizados por tipos de mudança, ou seja, cada equipa realizava-as de acordo com os conhecimentos que tinha e, da forma, que lhes parecia mais acertada. Em geral, era necessária uma renovação e atualização do espaço, representado na Figura 3.11, já que quase todos os quadros, carrinhos e ferramentas estavam em mau estado e sem a devida melhoria contínua.



Figura 3.11 - *Layout* desatualizado

Com isto, pode-se resumir as oportunidades de melhoria identificadas em um quadro representado abaixo na Tabela 3.1. As primeiras seis oportunidades cingem-se às paragens não planeadas e aos *downtimes* provocados pelas mesmas, enquanto a última está relacionada às paragens por mudanças de *Set-up*. Como as paragens não planeadas continham um maior peso nos *downtimes* da zona, atribuiu-se também um maior tempo de análise e, assim, por consequência, identificadas um maior número de oportunidades de melhoria.

Tabela 3.1 - Oportunidades de Melhoria

Nº	Oportunidades de Melhoria
1.	Quadros <i>Kaizen</i> das máquinas desatualizados
2.	Trânsito de AGV's à entrada da máquina de embalar paletes (PW1)
3.	Transtornos na ligação entre a zona <i>Cut-Size</i> e a zona Fólio
4.	Paragens nas linhas de embalagem por falta de AGV's
5.	Existência de um <i>bottle-neck</i> na máquina de embalar paletes (PW1)
6.	Escorregamento de mandris no início do processo de transformação
7.	Elevados tempos de mudança de <i>Set-up</i> nas cortadoras de papel

3.6 Descrição de Propostas de Melhoria

Os quadros foram a primeira melhoria trabalhada e desenvolvida. Para isso, foi utilizada uma ferramenta *Lean*, de nome '*Five Whys*', que tem como por objetivo chegar à causa raiz do problema identificado através do uso da questão 'Porquê?'. Na Figura 3.12, observa-se passo a passo da utilização da ferramenta. Começou-se assim por definir o problema, 'Quadros *Kai-zen* inativos', formulou-se o primeiro *Why*, 'Porque é que os quadros estão inativos?', e obteve-se a primeira resposta, 'Porque não são atualizados'.

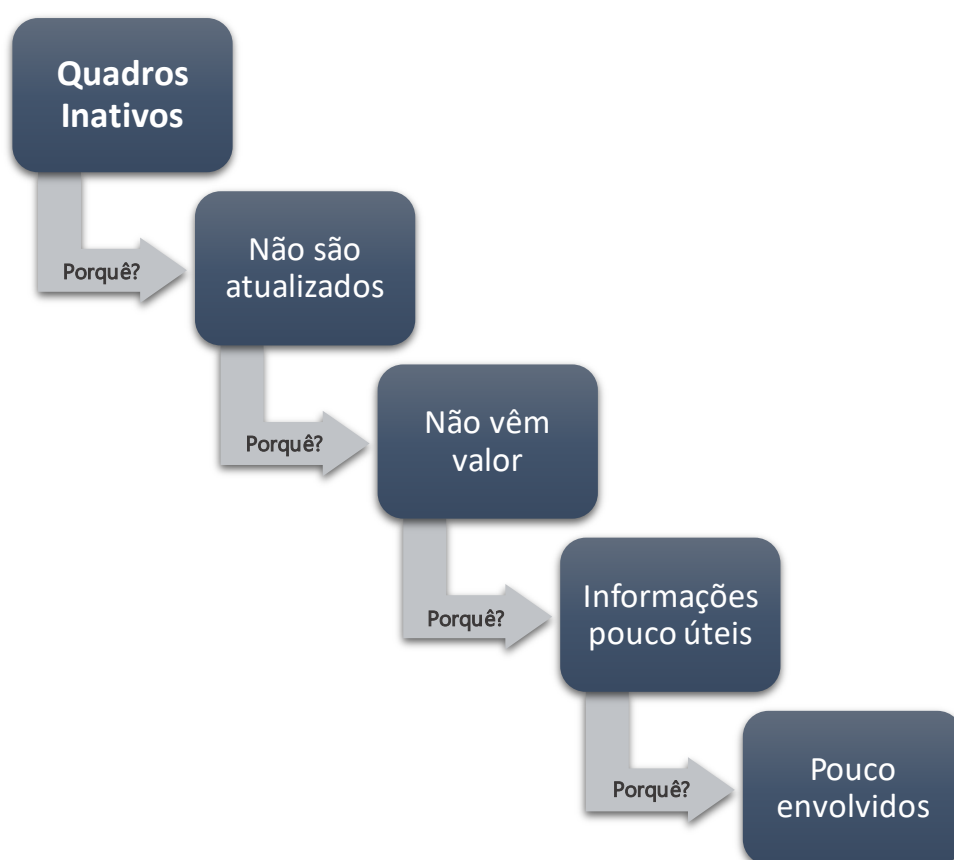


Figura 3.12 - Ferramenta Five Why's aplicada aos Operadores

Em seguida, foi colocado o segundo *Why*, 'Porque é que não são atualizados?', cuja resposta foi 'Porque os operadores não vêm valor?', que por sua vez levou ao terceiro *Why*, 'Porque é que os operadores não vêm valor?', tendo-se como resposta, 'Porque os quadros contêm informações pouco úteis', chegando ao último *Why*, 'Porque é que os quadros contêm informações pouco úteis?' que foi respondida com 'Operadores pouco envolvidos'.

Percebeu-se assim que era necessário envolver os operadores na reformulação dos quadros, de forma a torná-los de preenchimento e leitura atrativa para os mesmos.

Na Figura 3.13 consegue-se ver que se transferiram todos os relatórios e momentos de segurança para quadros de chefias, que se ampliaram espaços e letras, que se criaram secções como 'Operação' e 'Informação', e que se destacaram campos como 'Sequência de Ordens', 'Paragens Planeadas' e 'Acidentes de Trabalho'.

Nas secções 'Qualidade' e 'Acidentes de Trabalho', laranja e encarnado, pode-se observar a criação dos campos 'Número de Reclamações' e 'Número de Acidentes', que como estão divididos por equipas, podem gerar alguma competição saudável entre as mesmas, a permanência dos campos 'Resultados', 'Limite' e 'Últimas Reclamações' que permitem saber o número, o limite e a razão das reclamações que ocorreram ao longo do ano, e a introdução do 'Número de Dias sem Acidentes' que motiva o cumprimento das normas de segurança.

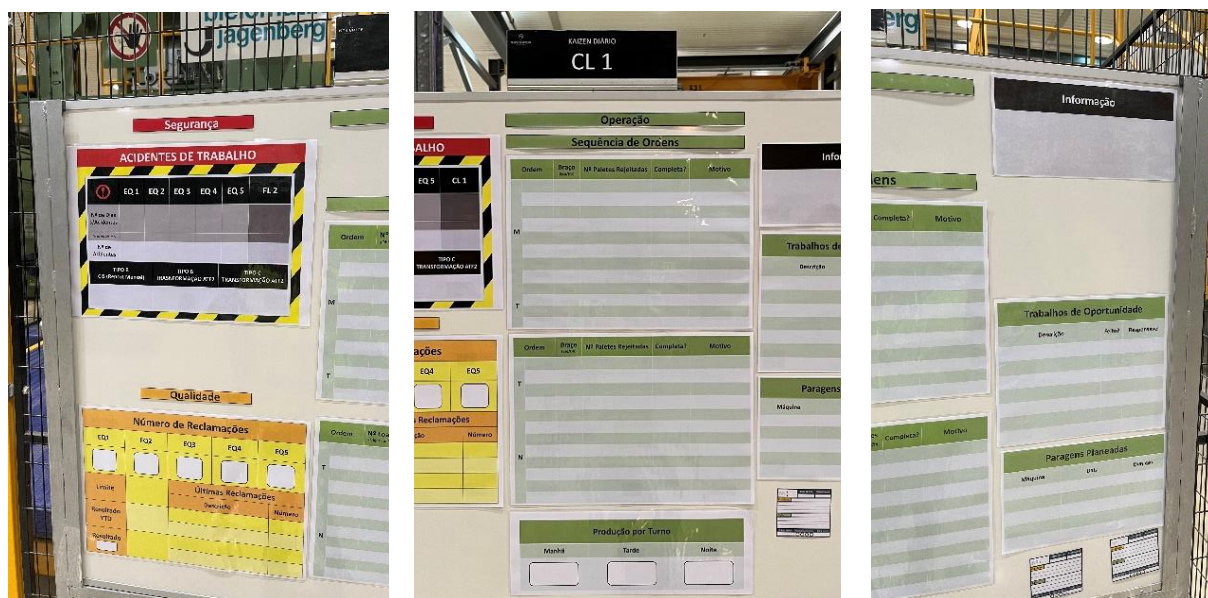


Figura 3.13 - Quadro *Kaizen* atualizados

Na secção 'Operação', a verde, consegue-se observar uma ampliação considerável dos campos 'Sequência de Ordens', 'Trabalhos de Oportunidade' e 'Paragens Planeadas', onde os operadores já podem registar informações que permitem com que todos estejam a par das novidades nos respetivos campos. De destacar também, a criação do campo 'Produção por Turno' que dá uma noção da produtividade alcançada.

Por fim, podemos encontrar, a preto, a criação do campo 'Informação', com o intuito de concentrar todos os avisos, recados e notas que os operadores pretendem passar de um turno para o outro num só espaço. Também, na mesma figura, são visíveis dois cartões *Kanban* que, no caso de surgirem problemas, são preenchidos e levados até ao quadro do supervisor de turno e posteriormente ao do responsável de área.

No entanto, verificou-se que a reformulação dos quadros só por si não era suficiente. Por isso, foi necessário retomar as reuniões *Kaizen* diárias de equipa junto dos quadros e, em seguida, desenvolver cartões *Kamishibai* para supervisioná-las. Na Figura 3.14, é representado o *Kamishibai* de Facilitador, responsável de equipa, e o de Supervisor, responsável de turno.

The image shows three *Kamishibai* cards. The first two are for the Facilitator (green and red versions) and the third is for the Supervisor (red version). Each card contains a list of 8 items with checkboxes and fields for Date and Auditor.

Kamishibai - Facilitador (Green)

Equipa: _____

1. Todos os presentes foram pontuais? ☐
2. Caso tenha ocorrido um acidente no turno anterior, foi discutido? ☐
3. Caso tenha ocorrido uma reclamação recente na máquina, foi discutida? ☐
4. Todos os presentes estão a par da sequência de ordens a cumprir? ☐
5. Todos os presentes estão a par das paragens planeadas? ☐
6. Foram abordadas as produções e os trabalhos de oportunidade existentes? ☐
7. Foi mantido o foco durante a reunião, sem dispersão de temas? ☐
8. Verificou-se empenho de todos os colaboradores durante a reunião? ☐

Data: _____ Auditor: _____

Kamishibai - Facilitador (Red)

Equipa: _____

1. Todos os presentes foram pontuais? ☐
2. Caso tenha ocorrido um acidente no turno anterior, foi discutido? ☐
3. Caso tenha ocorrido uma reclamação recente na máquina, foi discutida? ☐
4. Todos os presentes estão a par da sequência de ordens a cumprir? ☐
5. Todos os presentes estão a par das paragens planeadas? ☐
6. Foram abordadas as produções e os trabalhos de oportunidade existentes? ☐
7. Foi mantido o foco durante a reunião, sem dispersão de temas? ☐
8. Verificou-se empenho de todos os colaboradores durante a reunião? ☐

Data: _____ Auditor: _____

Kamishibai - Supervisor (Red)

Turno: _____

1. Todos os presentes foram pontuais? ☐
2. Caso tenham ocorrido incidentes de trabalho recentes, foram discutidos? ☐
3. Caso tenham ocorrido reclamações recentes, foram discutidas? ☐
4. Atualizaram-se os trabalhos de oportunidade? ☐
5. Verificaram-se as ausências e as necessidades de horas extra? ☐
6. (Após atualização) Foram discutidas as produções e os desperdícios mensais? ☐
7. Foi realizado um ponto de situação operacional (avarias, paragens, etc)? ☐
8. Verificou-se empenho de todos os colaboradores durante a reunião? ☐

Data: _____ Auditor: _____

Figura 3.14 - *Kamishibais* de Facilitador e de Supervisor

Com intuito de promover a utilização dos quadros *Kaizen* criaram-se estes *Kamishibais* que abordam todas as temáticas dos mesmos, tendo dois lados cada, um verde e um vermelho. O lado verde prevalece quando todos os pontos durante a reunião são cumpridos, enquanto o lado vermelho prevalece quando um ou mais pontos não se cumprem. Com isto, a gestão de intermédia e de topo fica a par de algum incumprimento facilmente.

No entanto, para a reimplantação das reuniões e quadros *Kaizen* funcionarem tem também de haver um compromisso por parte das equipas, assim introduziram-se três pontos relacionados com a pontualidade, o foco e o empenho dos envolvidos. Os *Kamishibais* são distintos uma vez que o de Facilitador servirá para reuniões de equipa junto às máquinas e o de Supervisor será usado em reuniões de início de turno na sala *Kaizen*.

São assim visíveis pontos diferentes na figura da direita comparativamente às restantes. Enquanto no *Kamishibai* de Supervisor são abordados incidentes, reclamações e trabalhos de oportunidade globais, envolvendo todas as máquinas, no de Facilitador a sequência de ordens, as paragens planeadas e as produções estão relacionadas diretamente àquela máquina em específico e a um espaço temporal curto, de algumas horas.

Todos estes esforços contribuíram tanto para um aumento da produtividade, como da qualidade dos produtos desenvolvidos. De referir também uma consequente melhoria da eficiência tempo, quer das máquinas, como na respetiva zona.

Para além dos quadros e das reuniões *Kaizen* foram desenvolvidas outras propostas de melhoria, mais especificamente propostas relacionadas com as dificuldades de escoamento de paletes. Inicialmente, identificou-se uma fila enorme de AGV's que ocorria frequentemente à entrada da embaladora de paletes da zona *Cut-Size*, PW1. Posteriormente, percebeu-se que a origem do problema estaria exatamente nessa mesma máquina. Assim, com a origem identificada pode-se proceder ao desenvolvimento de propostas que solucionem quer o problema de escoamento de paletes como os problemas que daí advêm.

Como já referido na página 25, o *bottle-neck* desta máquina foi identificado em três estações, identificadas de *flowtech 1*, *flowtech 2* e retratilização, representadas na Figura A.2, uma vez que, para além de tempos de ciclo superiores, registam algumas avarias como é visível na Figura 3.15. Com um tempo de ciclo das três estações de 40 segundos cada, 10 segundos a mais, estas são os pontos críticos da linha, não permitindo uma cadência de 120 paletes/hora. Foi-se então perceber quais as causas de não ser cronometrado um tempo de ciclo de 30 segundos nas respetivas estações como se verificou nas restantes.

Para atingir o objetivo realizaram-se algumas questões aos operadores relacionadas com as estações em estudo. Assim, percebeu-se que as temperaturas, quer de soldadura como de retratilização, podiam variar, no entanto, precisavam estar sincronizadas, uma vez que, por exemplo, se se aumentar a temperatura de retratilização, o plástico soldado na estação anterior pode abrir buracos. Por sua vez, se se diminuir o tempo de ciclo de cada estação sem ter atribuída a temperatura certa, assim é necessário ter em conta que mudanças de temperaturas têm de ser acompanhadas por mudanças de tempos.



Figura 3.15 - Três Estações PW1 (*Flowtech 1*, *Flowtech 2* e Retratilização)

Assim, seria necessário pensar em uma solução que tirasse o maior rendimento possível da linha, para que pelo menos esta não parasse por algum *downtime* ocorrido nas cortadoras e/ou nas respectivas linhas de embalagem. O objetivo era aproveitar todos os *uptimes* possíveis da PW1, como era o *bottle-neck* necessitava estar a trabalhar quando as restantes não estavam a conseguir descarregar paletes. Problemas como a passagem de AGV's ou de empilhadores entre a zona *Cut-Size* e a zona Fólio, Figura 3.16, fossem resolvidos.

Foi então feito um *brainstorming* com a gestão de topo e chegou-se a uma solução de baixo custo e elevada eficácia, a colocação de um *buffer* de segurança, permitindo com que, mesmo com as linhas de embalagem paradas, não faltassem paletes à entrada das PW1. Já que reside nesta o nosso *bottle-neck*, a prioridade deveria ser aproveitar todos os *uptimes* que a máquina tem, assim quando não deixar que as linhas parassem mesmo que as paletes produzidas fossem acumuladas momentaneamente à entrada da PW1, uma solução que sem resolver o baixo ritmo da máquina, reduziria significativamente os *downtimes*.

A localização desse *buffer* seria, do lado esquerdo, à entrada da máquina, onde atualmente se situam *magazines* de *topboards*, Figura 3.16. Como existem oito, verificou-se que seria possível suprimir três, sem implicar com a performance da máquina. Os únicos visados seriam os operadores que teriam de ter mais atenção aos reabastecimentos e trocas dos tipos de *topboards* aquando das trocas dos tipos de paletes na linha de produção. Assim, esta solução permitiria equiparar o ritmo de descarregamento de paletes dos AGV's, ao ritmo a que a máquina conseguiria recebê-las e, posteriormente, processá-las em *downtimes* que ocorram por razões necessárias como, por exemplo, o abastecimento de bobinas.

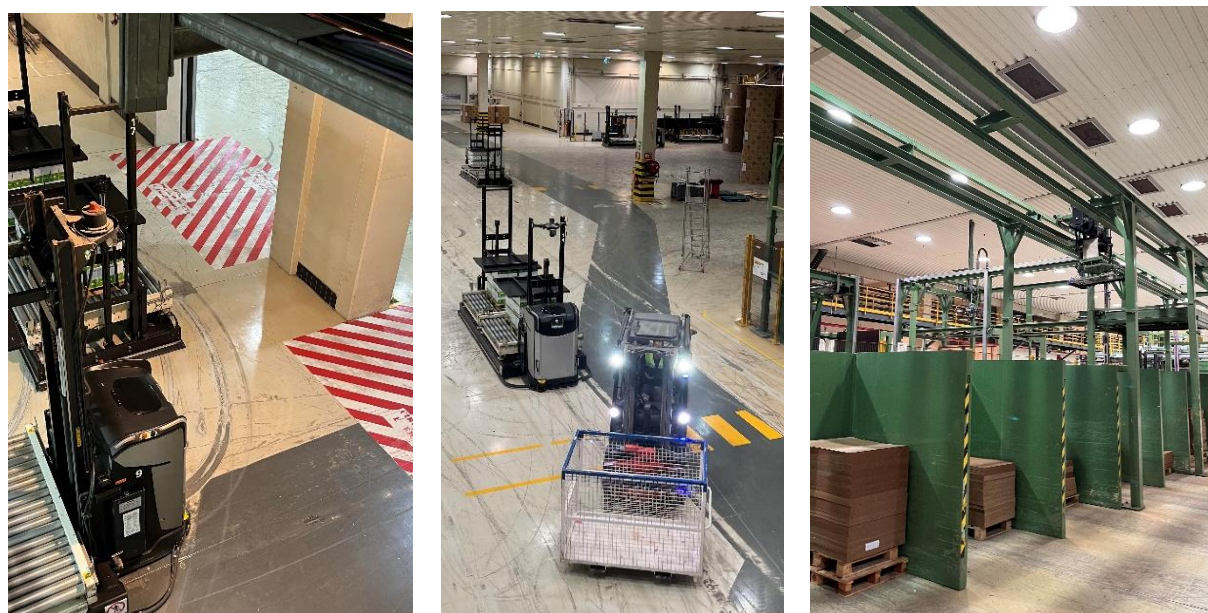


Figura 3.16 - AGV's, Empilhadores e Magazines

Em seguida, abordou-se o problema de escorregamento dos mandris, quer de plástico como de cartão. Estes, por vezes, em contacto com os cabeçotes de metal da máquina sofriam deslizos, podendo até serem queimados pela fricção que ocorria. Com isto, percebeu-se que era necessário descobrir o ciclo de vida de ambos e chegar ao número de vezes que estes poderiam ser utilizados sem serem substituídos. Decidiu-se então realizar um ensaio industrial para avaliar a durabilidade de cada tipo de mandril. Neste ensaio, Tabela 3.2, observou-se que os postigos dos mandris de plástico conseguiam ser utilizados trinta e uma vezes, enquanto os mandris de cartão apenas duas, antes de necessitarem de substituição.

Tabela 3.2 - Ensaio industrial com dois tipos de mandris

Mandris	Material	Utilizações	Unidades	Custos Redução
3100	Plástico	31	100	55,6%
	Cartão	2	1550	

Os mandris de cartão ao serem utilizados ficavam com as extremidades desgastadas, sendo que para serem reutilizados, as suas extremidades tinham de ser cortadas. Assim, eram apenas reutilizados em bobinas de menores dimensões, que podiam ser vendidas diretamente a clientes ou usadas em cortadoras com uma grande variedade de tamanhos, como as Fólio e a CS1, cortadora *Cut-Size* de menor dimensão. Com o ensaio industrial percebeu-se que apesar do custo de um mandril de cartão ser bastante inferior ao de um de plástico, a substituição dos dois postigos só passado trinta e uma utilizações reduzia bastante os custos. Assim, 55,6% era percentagem de redução de custos utilizando mandris de plástico.

No entanto, o escorregamento continuava a ser um problema, nos mandris de plástico. Assim, percebeu-se que uma solução seria acabar em definitivo com os mandris de cartão na zona *Cut-Size* e reduzir o limite de utilizações dos postigos de plástico. Para isso, foi sugerido à gestão de intermédia a realização de um novo ensaio industrial desta vez só com os mandris de plástico e com uma amostra maior dos mesmos, de modo a perceber qual o número de utilizações mais adequado para a reutilização dos postigos de plástico antes de desgastados. Com isto, os escorregamentos deixam de ser uma fonte significativa de *downtimes*.

Por último, foram desenvolvidas inúmeras melhorias de modo a diminuir o tempo das paragens por mudanças de Set-up nas linhas Cut-Size. Na Figura 3.17 são visíveis mudanças, quer com a implementação de um modo operativo e simplificação de tarefas internas, quer com a renovação de ferramentas. O tempo médio de *Set-up* passou de 24 a 20 minutos e o número médio de *Set-up's* por mês reduziu de 144 para 134 mudanças.



Figura 3.17 - Mudanças de Ferramentas e Modos Operatórios

De entre as melhorias com maior relevância, destacam-se a criação de um quadro para a colocação de ferramentas, a aquisição de dois carrinhos para auxiliar as mudanças de *Set-up* e a substituição de ferramentas ou peças das máquinas importantes. Através das inovações foram colmatadas necessidades específicas, mais especificamente, a ausência de standards e a falta de equipamentos que permitissem cumprir as reduções pretendidas. As mudanças de *Set-up* ficaram, assim, mais simples e eficientes, o que provocou, naturalmente, a redução dos indicadores acima mencionados e dos respetivos tempos de paragem.

Todas as propostas apresentadas estão resumidas e descritas na Tabela 3.3. O próximo passo neste estudo de caso será elaborar um plano de implementação e controlo de todas as sete propostas que foram desenvolvidas ao longo deste último capítulo.

Tabela 3.3 - Propostas de Melhoria

Nº	Propostas de Melhoria
1.	Reestruturação e reimplementação dos quadros <i>Kaizen</i> das máquinas
2.	Criação e utilização de <i>Kamishibais</i> para supervisão das reuniões <i>Kaizen</i> diárias
3.	Restabelecimento da cadência inicial da máquina de embalar paletes (PW1)
4.	Implementação de um <i>buffer</i> de segurança na máquina de embalar paletes (PW1)
5.	Substituição completa dos mandris de cartão pelos mandris de plástico
6.	Redução do número de utilizações dos postigos de mandris de plástico
7.	Aplicação de SMED e mudanças de modos operatórios nas linhas <i>Cut-Size</i>

3.7 Plano de Implementação e Monitorização

Com isto, desenvolveu-se um plano para implementação das duas primeiras propostas de melhoria descritas anteriormente. Já com os quadros *Kaizen* reestruturados, no mês 1, e com o novo arranque das reuniões *Kaizen* diárias, no mês 2, procedeu-se, através dos *Kamishibais*, à supervisão, pela equipa de responsáveis da área, das reuniões e da reimplementação dos quadros nas mesmas. Assim, decidiu-se supervisionar um turno por dia, ou seja, sete turnos semanalmente. Sendo que existem cinco equipas, mas só quatro estão de serviço em cada semana, supervisionaram-se três das equipas duas vezes por semana e uma das equipas uma vez por semana. Na Tabela 3.4, estão representadas as quatro primeiras semanas do mês 2 com as equipas supervisionadas assinaladas em cada.

Tabela 3.4 - Seleção de equipas supervisionadas no mês 2

Turno\Dias	1	2	3	4	5	6	7
Manhã	Equipa 1	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5
Tarde	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 3
Noite	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 2	Equipa 2

Turno\Dias	8	9	10	11	12	13	14
Manhã	Equipa 5	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 4
Tarde	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 2
Noite	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 1	Equipa 1

Turno\Dias	15	16	17	18	19	20	21
Manhã	Equipa 4	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 3
Tarde	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 1
Noite	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 5	Equipa 5

Turno\Dias	22	23	24	25	26	27	28
Manhã	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 3
Tarde	Equipa 1	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5
Noite	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 4	Equipa 4

De seguida, já com as três estações da PW1 de volta ao tempo de ciclo inicial, planeou-se a monitorização dos mesmos. Durante o mês 2, cronometraram-se as três estações sempre que a afluência de paletes deixava a máquina lotada, de modo a tentar perceber se o abrandamento destas persistia, ou se, se deveu somente a um comportamento cauteloso por parte do técnico de controlo e potência. Verificou-se que os 30 segundos por estação foram novamente atingidos, permitindo com que a cadência da PW1 voltasse às 120 paletes por hora, sem se registar *downtimes* por avarias fora do normal. Como o período de monitorizado foi relativamente curto, um mês, constatou-se que se deveria continuar a medir os tempos de ciclo regularmente durante mais três meses.

No entanto, as cinco linhas de embalagem a convergirem para uma máquina de embalar paletes, PW1, não deixavam com que esta deixasse de ser o *bottle-neck*. Procedeu-se assim, ao planeamento da implementação de um *buffer* de segurança que permitia à PW1 estar quase sempre abastecida de paletes. Assim, se as cortadoras e/ou as linhas de embalagem parassem, a PW1 continuaria a embalar paletes por mais algum tempo. A localização do *buffer* projetou-se para a esquerda da embaladora de paletes PW1, onde se situam *magazines* de *topboards*. Atualmente, estão presentes oito *magazines*, no entanto este número poderia ser reduzido para cinco, uma vez que só existem cinco linhas de embalagem, ou seja, só se conseguem produzir cinco tipos de produtos diferentes em simultâneo.

Na Figura 3.18, pode-se observar, assinalado a branco, a futura localização do *buffer*, onde atualmente se situam os três *magazines* mais próximos da entrada da PW1. Estes iriam ser retirados e, por sua vez, o *shuttle*, assinalado a preto, iria ser prolongado. O *shuttle* é o equipamento que faz a ligação entre os dois tapetes de entrada já existentes. Como a PW1 só possui uma linha de embalamento, a implementação de um *shuttle* era necessária para que os AGV's à entrada da máquina, conseguissem descarregar duas paletes em simultâneo. Assim, este *shuttle* em vez de servir somente duas entradas de paletes, passará a servir quatro, uma vez que o *buffer* instalado terá também duas entradas de paletes.

O *buffer* de segurança, apesar do nome, seria apenas a implementação de dois tapetes idênticos aos já existentes. Assim, em vez de dois tapetes de entrada e dois *trackings*, que leem e pesam as paletes, ter-se-iam quatro tapetes de entrada com quatro *trackings*. O *buffer* será usado pelos AGV's quando as cinco linhas de embalagem estiverem a produzir paletes, criando trânsito de AGV's carregados à entrada da PW1. No caso de não conseguirem descarregar as duas paletes em 30 segundos, a contar desde a chegada, avançam uns metros até à entrada do *buffer* e procedem ao respetivo descarregamento. Lidas e pesadas seguem para o *shuttle*, que, de forma intercalada, irá recolher e libertar paletes dos quatro tapetes.



Figura 3.18 - Futura localização do Buffer de Segurança

Para implementar o buffer de segurança agendou-se uma reunião com a administração. A operação envolvia custos consideráveis, portanto era necessária a apresentação e discussão da proposta com os quadros mais altos da empresa. O mesmo se sucedeu com a proposta de substituição completa dos mandris de cartão pelos de plástico.

Apesar de se ter verificado o custo benefício da troca, já que 14% dos mandris de cartão eram reutilizados, contrastando com os 100% dos de plástico, o custo era cinco vezes superior, algo que tornava a operação dispendiosa, tendo de ser apresentada à administração. As duas propostas embora rentáveis têm o seu risco, por conta de o investimento só vir a gerar lucro a longo prazo. Por sua vez, também aumentaria a sustentabilidade do processo.

Com a discussão destas duas propostas agendada para a reunião de fecho de ano, falta agendar o ensaio industrial com uma amostra maior de mandris de plástico. Em conjunto com a gestão intermédia achou-se viável realizar o ensaio em finais de outubro, uma vez que com o início do novo ano letivo não havia tempo nem meios disponíveis antes. Assim, neste capítulo resta falar sobre a monitorização das melhorias desenvolvidas nas mudanças de *Set-up*.

Com as mudanças já implementadas foi criado um plano de monitorização diário, assim, todas as mudanças de *Set-up* num período de quinze dias foram supervisionadas. Além dos quinze dias foram estipuladas supervisões aleatórias pelo período de dois meses, sendo que o responsável por estas é fixo, de modo a se manterem os critérios de avaliação.

3.8 Discussão de Resultados

No que toca a resultados, buscou-se quantificar o ganho em eficiência devido à redução em *downtime* das causas/tipos de paragem seleccionadas. Para comparar os desempenhos das cortadoras, antigo *versus* novo, recorreu-se a uma métrica denominada Eficiência Global.

Para calculá-la utilizou-se a fórmula da equação 3.1, onde a Eficiência Ritmo não entra, uma vez que o ritmo de produção está em constante variação, já que é deliberado pela gestão de acordo com o número de encomendas existente. Assim, devido à constante inconsistência, a Eficiência Global resulta no produto da Eficiência Tempo com a Eficiência Material.

$$EG = ET \times EM \quad 3.1$$

onde:

EG - Eficiência Global, %;

ET - Eficiência Tempo, %;

EM - Eficiência Material, %.

A Eficiência Tempo, equação 3.2, é a com maior complexidade de cálculo, já que possui inúmeras variáveis associadas. Sendo a razão entre o tempo em que as cortadoras realmente produzem, Tempo Produtivo, e o tempo em que estão operacionais, Tempo Operativo.

$$ET = \frac{TPROD}{TOPER} \times 100 \quad 3.2$$

onde:

TPROD - Tempo Produtivo, horas;

TOPER - Tempo Operativo, horas.

O Tempo Produtivo, equação 3.3, corresponde à subtração do Tempo de Calendário, tempo disponível para produção, com o Tempo Não Produtivo, em que não se produziu.

$$TPROD = TCAL - TNPROD \quad 3.3$$

onde:

TCAL - Tempo de Calendário, horas;

TNPROD - Tempo Não Produtivo, horas.

O Tempo de Calendário, equação 3.4, tal como o nome indica, nada mais é do que o produto dos dias do ano em que a zona está disponível com as respetivas horas.

$$TCAL = \frac{Dias}{Ano} \times \frac{Horas}{Dia} \quad 3.4$$

O Tempo Não Produtivo, equação 3.5, por sua vez é a soma de todas as paragens que aconteceram no período analisado, anuais, externas, por falta de condições comerciais, por falta de condições industriais, planeadas, não planeadas, devido a regime de exploração, por encravamentos, por mudanças de *set-up*, por mudança de carga, por rejeição de eclusa e por reposição de materiais de embalagem.

$$TNPROD = PAN + PEXT + FCPC + FCPI + PLAN + PNLAN + PRE \\ + ENCR + MF + MCARG + RECL + RME \quad 3.5$$

onde:

PAN - Paragens Anuais, horas;

PEXT - Paragens Externas, horas;

FCPC - Paragens por Falta de Condições Comerciais, horas;

FCPI - Paragens por Falta de Condições Industriais², horas;

PLAN - Paragens Planeadas, horas;

PNPLAN - Paragens Não Planeadas, horas;

PRE - Paragens devido a Regime de Exploração, horas;

ENCR - Paragens por Encravamentos, horas;

MF - Paragens por Mudanças de *Set-Up*, horas;

MCARG - Paragens por Mudança de Carga, horas;

RECL - Paragens por Rejeição de Eclusa, horas;

RME - Paragens por Reposição de Materiais de Embalagem, horas.

Já o Tempo Operativo, equação 3.6, resulta na diferença entre o tempo de calendário e a soma das paragens relacionadas com a disponibilidade das cortadoras em questão.

$$TOPER = TCAL - (PAN + PEXT + FCPC + FCPI + PRE) \quad 3.6$$

A Eficiência Material obtém-se através da transformação em percentagem do percentil inverso às Perdas de Produção (PP), como está representado na equação 3.7.

$$EM = (1 - PP) \times 100 \quad 3.7$$

onde:

EM - Eficiência Material, %;

PP - Perdas de Produção, percentil.

Ao calcular o Tempo de Calendário obteve-se um valor de 26280 horas, uma vez que cada cortadora, teoricamente, deveria estar disponível 8760 horas. De seguida, calculou-se o Tempo Não Produtivo, pela equação 3.5, e chegou-se a 8289 horas, 2935, 2805, 2549 horas para a CL1, CL2 e CS1 respetivamente. Com o Tempo de Calendário, número total de horas no ano, e o Não Produtivo calculados, obteve-se o Tempo Produtivo de cada cortadora, 5825, 5955 e 6212 horas também respetivamente e, o total de, 17992 horas para as três.

Através da equação 3.6, calculou-se o Tempo Operativo para cada cortadora, 7529, 7538 e 8408 horas para a CL1, CL2 e CS1 respetivamente, e o total, 23475 horas. Finalmente, já com o Tempo Produtivo e o Operativo anteriormente calculados, chega-se à Eficiência Tempo em percentagem. Primeiramente, de cada uma das cortadoras, 77.37, 78.99, 73.88% para a CL1, CL2 e CS1 respetivamente, e, posteriormente, o total das três de 76.64%. Com o percentil das Perdas de Produção de 0.0401, consegue-se calcular a Eficiência Material, de 95.99%. Por fim, o produto das duas resulta numa Eficiência Global de 73.57%.

Com as eficiências iniciais apresentadas acima, resta passar à explicação do cálculo das novas eficiências. A proposta para a reposição do Tempo de Ciclo de três das estações da PW1 juntamente com a substituição completa de mandris de cartão por de plástico, reduziria 70522 segundos aos *downtimes* das Paragens Não Planeadas. Já a redução em 4 minutos do tempo médio de *Set-up* juntamente com a diminuição de 10 *Set-ups* ao número médio dos mesmos, diminuiria assim anualmente 28 800 segundo aos *downtimes* por Mudanças de *Set-up*.

Com resultados das medidas já implementadas e estimativas das previstas a implementar calculou-se que as Paragens Não Planeadas baixassem para 798 469 segundos e as Paragens por Mudanças de *Set-up* para 124 691 segundos. Como consequência, as eficiências Tempo e Global subiriam cerca de 10 pontos percentuais, como é visível na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Resultados dos *Downtimes* e das Eficiências

	Antes de Melhorias	Depois de Melhorias
<i>Downtimes</i> (seg)		
Paragens Não Planeadas	868 991	798 469
Mudanças de <i>Set-up</i>	153 491	124 691
Eficiências (%)		
Tempo	76.64	87.47
Global	73.57	85.05

CONCLUSÕES E ESTUDOS FUTUROS

Encerrado o estudo de caso relativo à aplicação da filosofia *Lean* e as suas ferramentas na melhoria da eficiência de uma Linha de Transformação de Papel, é possível aferir conclusões a retirar do projeto efetuado.

O objetivo deste capítulo é sobretudo apresentar essas mesmas conclusões abordando também as limitações existentes e os resultados conseguidos. Contudo, termina com trabalhos futuros que, por falta de recursos monetários ou devido a uma questão de tempo, não foram abrangidos pelo presente estudo de caso.

4.1 Conclusões

O presente estudo, tal como mencionado na introdução, tinha como principal objetivo a melhoria da eficiência numa área específica da The Navigator Company, a Transformação. Com recurso à filosofia *Lean* e às suas ferramentas, este procurava responder a necessidades do processo/zona com maior volume de produção, o *Cut-Size*.

A sua caracterização foi fundamental para compreender as posições das máquinas e as dinâmicas do processo. Desta forma, tornou-se possível entender o respetivo funcionamento do processo e com isso procurar junto dos operadores e engenheiros causas que estivessem a afetar a sua eficiência. Identificadas um conjunto de causas, elaborou-se um diagrama de Ishikawa que permitiu visualizá-las de forma agrupada.

O diagrama de Ishikawa teve um papel crucial no desfecho do projeto, já que foi a partir deste que, em conjunto com a gestão de topo, se decidiu as causas com maior dor para a área, isto revelou-se fundamental para, logo de início, o projeto se aproximar do objetivo.

Com o *brainstorm* percebeu-se que a prioridade seria olhar para as causas de paragem relacionadas com as máquinas e não tanto os materiais ou os métodos utilizados. A extração de um ficheiro com o registo de todas as paragens ocorridas no ano ajudou a aprofundar tipos de paragem que levavam a sucessivos *downtimes*.

No diagrama de Pareto conseguiu-se entender quais os 20% dos tipos que impactassem 80% dos *downtimes*. No entanto, foi através da observação direta, com *Gemba-Walks*, que se entendeu os porquês dos *downtimes*.

A reformulação dos quadros trouxe uma nova vida às reuniões *Kaizen* diárias. Quadros obsoletos e desatualizados passaram a ser chamativos e a conter secções de fácil interação, já que as perguntas feitas aos operadores fizeram com que os quadros refletissem necessidades dos mesmos e contivessem a informação estritamente necessária para a operação diária e respetiva melhoria.

A implementação de cartões de controlo *Kamishibais* veio ajudar na objetividade das reuniões *Kaizen* diárias e promover o debate de problemas que surjam e bloqueiem a operação diária. Já, o restabelecimento da cadência original da linha através da eliminação do *bottle-neck* trouxe benefícios diretos na diminuição do *downtime* por problemas de escoamento.

As paletes que enchiam o tapete final dos braços dos cortadores começaram a não ter de esperar por AGV's porque, por sua vez, estes não tinham de ficar à espera para descarregar paletes à entrada da embaladora de paletes, PW1.

No entanto, avarias e abrandamentos de estações ainda continuavam a ser realidade tendo-se optado por estudar a implementação de um buffer de segurança. Planeado, porém, adiado, já que a implementação envolvia custos consideráveis, e implicaria a participação da direção fabril no processo de decisão.

A aprovação da substituição completa dos mandris de cartão pelos de plástico junto com o ensaio industrial para definir o novo limite de utilizações dos postiços de plástico, apesar de aceites pelos engenheiros, ficaram pendentes de aprovações internas e agendados para um período com menos afluência de encomendas.

Este estudo constitui uma prova de sucesso da adoção da filosofia *Lean* nas indústrias, contudo, a limitação de tempo para o desenvolvimento do estudo de caso impossibilitou a implementação total das iniciativas de melhoria identificadas, tendo, até ao momento, ficado implementadas apenas quatro das sete propostas desenvolvidas.

A incompleta execução do plano de melhoria não permitiu concluir sobre o verdadeiro impacto que este terá na organização, sendo apresentados os benefícios estimados. Por outro lado, o facto de o estudo de caso ter sido conduzido apenas numa área em específico, obriga a que, a extrapolação deste para outros ambientes industriais tenha em conta as diferenças contextuais existentes.

Ainda assim, as ferramentas *Lean* juntamente com outras de apoio, mostraram-se ser extremamente úteis na melhoria da eficiência da área, auxiliando principalmente o diagnóstico

da situação atual, identificando as verdadeiras causas-raiz dos problemas, e no levantamento das oportunidades de melhoria.

Para implementação e posterior monitorização das propostas, é crucial o envolvimento e motivação dos colaboradores, uma vez que são estes os responsáveis pela mudança e a quem estas mais interessam.

Concluindo, a The Navigator Company, a partir de agora, consegue transformar papel de forma mais rápida e com menos custos, beneficiando simultaneamente a organização, os seus colaboradores e os seus clientes.

4.2 Estudos Futuros

Tal como foi referido, devido a um período temporal limitado para o projeto, a realização total das propostas de melhoria foi impedida, bem como a de algumas sugestões pertinentes que surgiram ao longo do mesmo. Desta forma, na lista abaixo estão representadas algumas recomendações de trabalhos futuros que tornariam os resultados do presente estudo de caso, ainda mais robustos:

- Finalização da implementação das propostas em curso (4, 5 e 6) e avaliação de desempenho das mesmas, de acordo com os KPI's definidos;
- Realização de um estudo sobre a restrição/eliminação da aplicação de *topboards* na máquina de embalar paletes (PW1);
- Continuação da jornada *Lean* na empresa com a implementação da metodologia em outras zonas/áreas da fábrica;

BIBLIOGRAFIA

Ahmed, Mohiuddin, and Nafis Ahmad. 2011. "An Application of Pareto Analysis and Cause-and-Effect Diagram (CED) for Minimizing Rejection of Raw Materials in Lamp Production Process." *Management Science and Engineering* 5 (3): 87–95. <https://doi.org/10.3968/j.mse.1913035X20110503.320>.

Andrés-López, E., I. González-Requena, and A. Sanz-Lobera. 2015. "Lean Service: Reassessment of Lean Manufacturing for Service Activities." *Procedia Engineering* 132: 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.463>.

Arnheiter, Edward D., and John Maleyeff. 2005. "The Integration of Lean Management and Six Sigma." *The TQM Magazine* 17 (1): 5–18. <https://doi.org/10.1108/09544780510573020>.

Associates, Joiner. 1995. *Cause-And-Effect Diagrams: Plain & Simple: Learning and Application Guide, 3 Templates, and Quick Reminder*. Madison, WI: Oriel Inc.

Barney, Jay. 1991. "Firm Resources and Sustained Competitive Advantage - Jay Barney, 1991." 1991. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/014920639101700108>.

Basu, Ron. 2009. *Implementing Six Sigma and Lean: A Practical Guide to Tools and Techniques*. 1. ed. Amsterdam: Elsevier/Butterworth-Heinemann.

Baudin, Michel. 2007. *Working with Machines*. 0 ed. Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9780429272806>.

Baumann, Laura, and Julia Arlinghaus. 2021. "Algorithm-Use in the Field of Lean Management Principles: State of the Art and Need for Research." *IFAC-PapersOnLine* 54 (1): 504–9. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.197>.

Byrne, Art, and James P. Womack. 2013. *The Lean Turnaround: How Business Leaders Use Lean Principles to Create Value and Transform Their Company*. New York: McGraw-Hill.

Ciocioiu, Carmen, and Gheorghe ILIE. 2010. "Application Of Fishbone Diagram To Determine The Risk Of An Event With Multiple Causes." *Management Research and Practice* 2 (January): 1–20.

Contini, Giuditta, Margherita Peruzzini, Stefano Bulgarelli, and Gildo Bosi. 2023. "Developing Key Performance Indicators for Monitoring Sustainability in the Ceramic Industry: The Role of Digitalization and Industry 4.0 Technologies." *Journal of Cleaner Production* 414 (August): 137664. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137664>.

Coons, Jason. 2013. "BEGINNING THE LEAN IMPROVEMENT JOURNEY IN THE CLINICAL LABORATORY - PDF Free Download." 2013. <https://docplayer.net/10521199-Beginning-the-lean-improvement-journey-in-the-clinical-laboratory.html>.

Davies, C, and R M Greenough. 2003. "Measuring the Effectiveness of Lean Thinking Activities within Maintenance."

Dennis, Pascal. 2017. *Lean Production Simplified*. 0 ed. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b18961>.

Fenner, Sophie, and Torbjørn Netland. 2023. "Lean Service: A Contingency Perspective." *Operations Management Research* 16 (3): 1271–89. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00350-7>.

George, Michael L., John Maxey, David Rowlands, and Mark Price. 2004. *The Lean Six SIGMA Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to Nearly 100 Tools for Improving Quality and Speed*. 1st edition. New York ; London: McGraw-Hill.

Imai, Masaaki. 2012. "Gemba Kaizen^[1]: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy."

Jayswal, Abhishek, Xiang Li, Anand Zanwar, Helen Lou, Yinlun Huang, and Dan Smith. 2011. "A Sustainability Root Cause Analysis Methodology and Its Application." *Computers and Chemical Engineering* 35 (December): 2786–98. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2011.05.004>.

Johnson, Mary, and Sergey Dubikovskiy. 2009. "Lean Six Sigma Principles In Capstone Aeronautical Engineering Technology Courses." In *2009 Annual Conference & Exposition Proceedings*, 14.837.1-14.837.12. Austin, Texas: ASEE Conferences. <https://doi.org/10.18260/1-2--5646>.

JS, Quetz. 2015. "SciELO - Brazil - Preliminary Results of Lean Method Implementation in a Pathology Lab from Northeastern Brazil Preliminary Results of Lean Method Implementation in a Pathology Lab from Northeastern Brazil." 2015. <https://www.scielo.br/j/jbpml/a/FXs9JJpXdZk5RLwZZBLyMgN/?lang=en>.

Kasava, Nithia Kumar, Noordin Mohd Yusof, Alireza Khademi, and Muhammad Zamari Mat Saman. 2015. "Sustainable Domain Value Stream Mapping (SdVSM) Framework Application in Aircraft Maintenance: A Case Study." *Procedia CIRP*, 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing – Emerging Potentials, 26 (January): 418–23. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.07.075>.

Liker, Jeffrey K. 2004. *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, NY: McGraw-Hill.

Mann, David. 2005. *Creating a Lean Culture: Tools to Sustain Lean Conversions*. 0 ed. Productivity Press. <https://doi.org/10.4324/9781420080971>.

Marinelli, Marina, Abrar Ali Deshmukh, Mukund Janardhanan, and Izabela Nielsen. 2021. "Lean Manufacturing and Industry 4.0 Combinative Application: Practices and Perceived Benefits." *IFAC-PapersOnLine*, 17th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM 2021, 54 (1): 288–93. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2021.08.034>.

Martin, Karen. 2013. "Value Stream Mapping : How to Visualize Work and Align Leadership for Organizational Transformation." (No Title). <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130000796175243520>.

Matsuo, Makoto, and Jun Nakahara. 2013. "The Effects of the PDCA Cycle and OJT on Workplace Learning." *The International Journal of Human Resource Management* 24 (1): 195–207. <https://doi.org/10.1080/09585192.2012.674961>.

Meudt, Tobias, Joachim Metternich, and Eberhard Abele. 2017. "Value Stream Mapping 4.0: Holistic Examination of Value Stream and Information Logistics in Production." *CIRP Annals* 66 (1): 413–16. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.005>.

Modig, Niklas. 2011. "This Is Lean |." 2011. <https://thisislean.com/>.

Muehlen, Michael Zur, and Jan Recker. 2008. "How Much Language Is Enough? Theoretical and Practical Use of the Business Process Modeling Notation." In *Active Flow and Combustion Control 2018*, edited by Rudibert King, 141:465–79. Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69534-9_35.

Ohno, Taiichi, and Norman Bodek. 1988. *Toyota Production System*. 1st edition. New York, NY: Productivity Press.

Parast, Mahour Mellat. 2011. "The Effect of Six Sigma Projects on Innovation and Firm Performance." *International Journal of Project Management* 29 (1): 45–55. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2010.01.006>.

Porter, Michael. 1980. "Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors - Book - Faculty & Research - Harvard Business School." 1980. <https://www.hbs.edu/faculty/Pages/item.aspx?num=195>.

Radnor, Zoe, and Paul Walley. 2008. "Learning to Walk Before We Try to Run: Adapting Lean for the Public Sector." *Public Money and Management*, February. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1111/j.1467-9302.2008.00613.x>.

Rizi, Cobra Emami, Mojtaba Najafipour, Faribaani haghani, and Shahla Dehghan. 2013. "The Effect of the Using the Brainstorming Method on the Academic Achievement of Students

in Grade Five in Tehran Elementary Schools." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2nd World Conference on Educational Technology Research, 83 (July): 230–33. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.06.045>.

Roser, Christoph, and John Shook. 2021. *All About Pull Production: Designing, Implementing, and Maintaining Kanban, CONWIP, and Other Pull Systems in Lean Production*. Of-fenbach: AllAboutLean.com Publishing.

Rother, Mike, John Shook, Jim Womack, and Dan Jones. 1999. *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. 1st edition. Boston: Lean Enterprise Institute.

Samanta, Maharshi. 2019. *Lean Problem Solving and QC Tools for Industrial Engineers*. 1st ed. First edition. | New York, NY: Taylor & Francis Group, 2019. | CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429441707>.

Schulte, Krista M., Mohan R. Paruchuri, and Jayesh B. Patel. 2005. "Applying Lean Principles in a Test Laboratory Environment." SAE Technical Paper 2005-01-1051. Warrendale, PA: SAE International. <https://doi.org/10.4271/2005-01-1051>.

Shahriar, M. M., M. S. Parvez, M. A. Islam, and S. Talapatra. 2022. "Implementation of 5S in a Plastic Bag Manufacturing Industry: A Case Study." *Cleaner Engineering and Technology* 8 (June): 100488. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2022.100488>.

Shingo, Shigeo. 1986. "Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System: Shingo, Shigeo: 9780915299072: Amazon.Com: Books." 1986. <https://www.amazon.com/Zero-Quality-Control-Inspection-Poka-Yoke/dp/0915299070>.

Simboli, Alberto, Raffaella Taddeo, and Anna Morgante. 2014. "Value and Wastes in Manufacturing. An Overview and a New Perspective Based on Eco-Efficiency." *Administrative Sciences* 4 (3): 173–91. <https://doi.org/10.3390/admsci4030173>.

Siva, R, Mahamed Naveed Khan Patan, Mane Lakshmi Pavan Kumar, M Purusothaman, S Antony Pitchai, and Y Jegathish. 2017. "Process Improvement by Cycle Time Reduction through Lean Methodology." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 197 (May): 012064. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/197/1/012064>.

Smith, Ricky, and Bruce Hawkins. 2004. *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Plant Engineering. Amsterdam ; Boston: Elsevier Butterworth Heinemann.

Tenera, Alexandra, and Luis Carneiro Pinto. 2014. "A Lean Six Sigma (LSS) Project Management Improvement Model." *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Selected papers

from the 27th IPMA (International Project Management Association), World Congress, Dubrovnik, Croatia, 2013, 119 (March): 912–20. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.03.102>.

Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness, and Superior Results. 2011. New York: McGraw Hill Professional.

Van Assen, M.F., and B.A. Lameijer. 2023. "The Service Concept – a Missing Link in Lean for Services." *Total Quality Management & Business Excellence* 34 (15–16): 2027–45. <https://doi.org/10.1080/14783363.2023.2222064>.

Wilson, Lonnie. 2010. *How to Implement Lean Manufacturing*. New York, NY: McGraw-Hill.

Womack, J P, and D T Jones. 1997. "Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation." *Journal of the Operational Research Society* 48 (11): 1148–1148. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>.

Womack, James P, and Daniel T Jones. 1997. "Lean Solutions: How Companies and Customers Can Create Value and Wealth Together."

Wu, Peng, Sui Pheng Low, and Xiaohua Jin. 2013. "Identification of Non-Value Adding (NVA) Activities in Precast Concrete Installation Sites to Achieve Low-Carbon Installation." *Resources, Conservation and Recycling* 81 (December): 60–70. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.09.013>.

Yahya, Mohd Shahir, Musli Mohammad, Badrul Omar, and Edly Ferdin Ramly. 2016. "A REVIEW ON THE SELECTION OF LEAN PRODUCTION TOOLS AND TECHNIQUES" 11 (12).

Ao longo do estudo foram desenvolvidas mais algumas ferramentas que ajudaram na visualização dos processos, mas que pelo seu tamanho não couberam na estrutura do capítulo 4. Nos subcapítulos A1, A2, A3, A4 e A5 podem-se observar ferramentas *Lean* como o VSM e outras ferramentas de apoio à decisão como um Fluxograma, um *Layout* e um BPMN.

A.1 Fluxo de Transformação do Papel

De forma a ilustrar todas as máquinas intervenientes no processo da transformação do papel e as respetivas interações, foi elaborado o fluxograma presente na Figura A.1. Pode-se observar que o início do ciclo de transformação do papel começa com este vindo das máquinas da sua produção em bobinas, passa pelo armazém de bobinas, de onde são transportadas por AGV's até às respetivas cortadoras. Nestas, as bobinas são cortadas, enresmadas, encaixotadas e, por fim, paletizadas. A maioria das paletes, quer do formato Fólio como do Cut-Size, seguem transportadas, mais uma vez, por AGV's, diretamente para as embaladoras de paletes. Por fim, já prontas para o envio, a maioria, dirige-se para o armazém de paletes, APW, enquanto certa parte para um armazém provisório, CW1. Alguns modelos vindos deste armazém provisório passam pela guilhotina e vão até à enresmadora Fólio. O mesmo acontece com os modelos que vão diretamente para a zona de espera, HA, depois de saírem das cortadoras Fólio. No final, seguem para a PW2 e fazem o percurso das restantes.

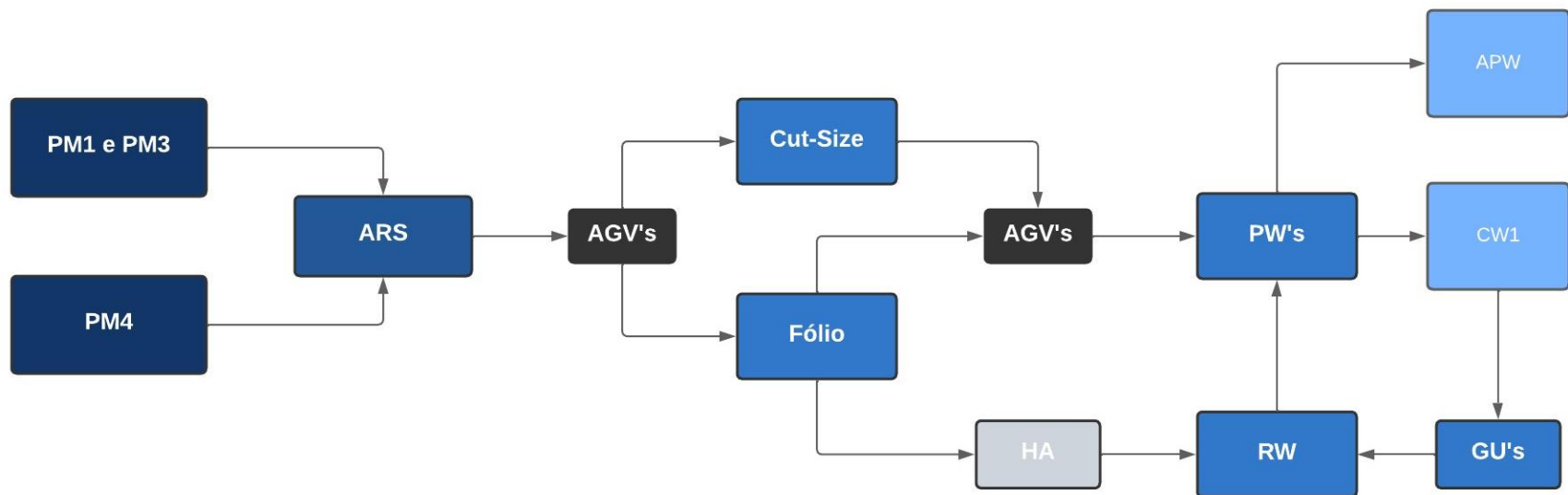


Figura A.1 - Fluxograma do Processo de Transformação

A.2 Estações da Embaladora de Paletes *Cut-Size*

Na Figura A.2, podemos observar a embaladora de paletes PW1, presente na zona *Cut-Size*, e as respectivas onze estações que a compõem. As três estações que compunham o *bottle-neck* foram os envoltimentos de plásticos 1 e 2, e a retratilização.



Figura A.2 - Layout da Máquina de Embalar Paletes PW1

A.3 Aplicação dos AGV's na Interligação das Máquinas

Na Figura A3, observa-se o fluxo de AGV's entre máquinas da área estudada, a Transformação.

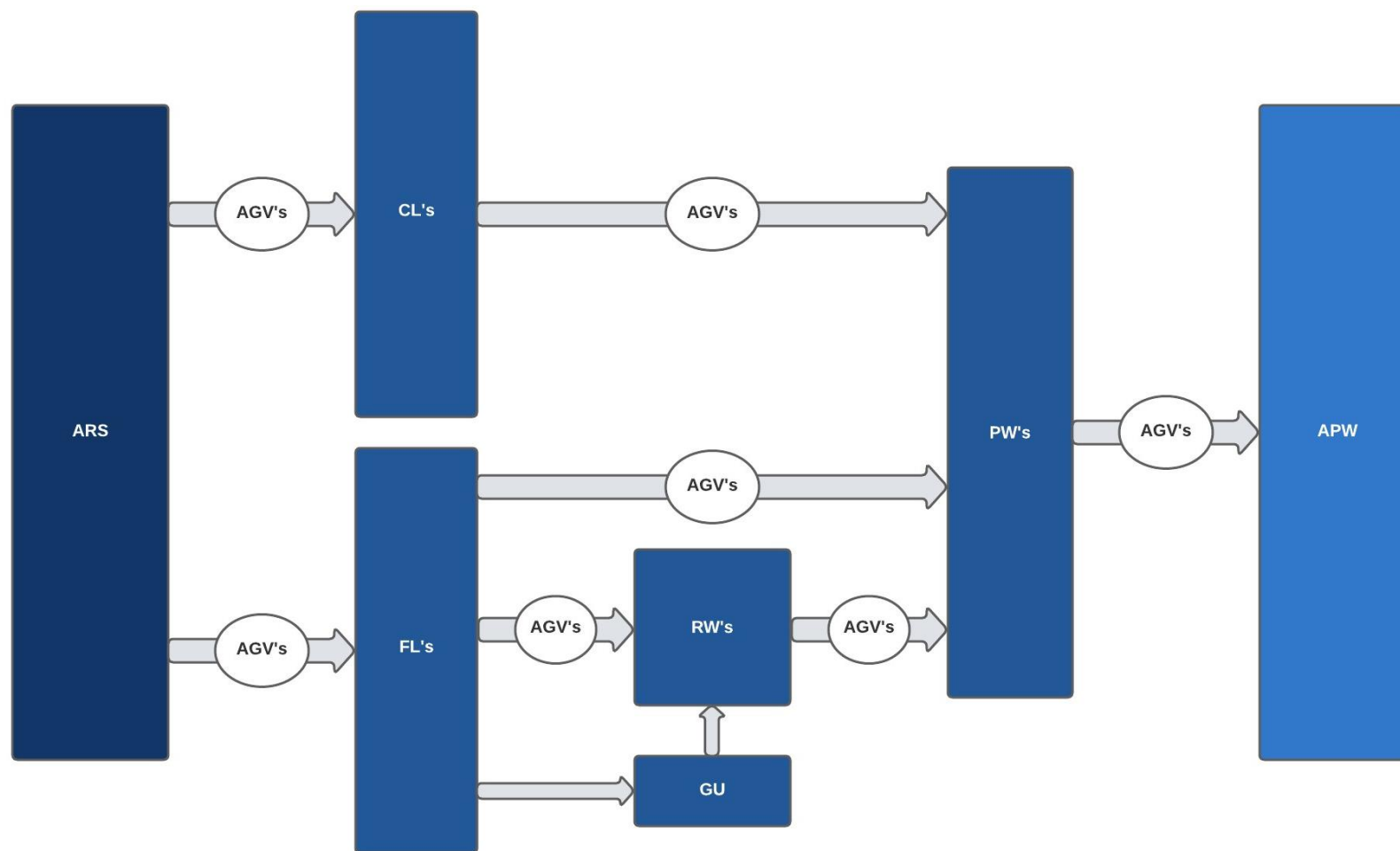


Figura A.3 - Fluxo de AGV's na área da Transformação

A.4 Mapa do Estado Atual do Processo - VSM Atual

Na figura A.4, está representado a foto do estado atual do processo aquando da entrada na empresa. Com a ajuda de um cronómetro mediram-se os Tempos de Ciclo das várias etapas do processo. Mediu-se também o *Lead Time* entre cada estação de trabalho. Por falta de tempo e por certas medidas não estarem ainda implementadas não se conseguiu elaborar o mapa do estado do futuro.

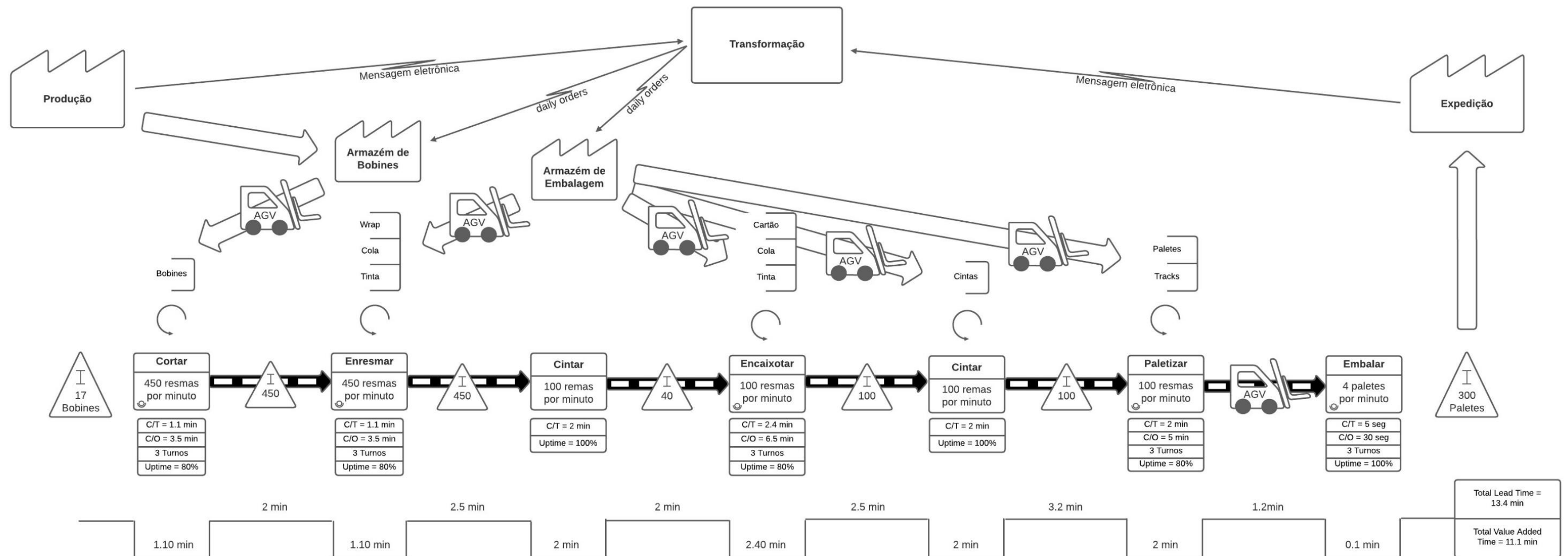


Figura A.4 - VSM atual do processo *Cut-Size*

A.5 Mapeamento do Processo - Diagrama BPMN

Na figura A.5, é visível o diagrama BPMN efetuado pela equipa de projeto/estudo no qual constam todas as etapas comuns necessárias à realização de uma paleta com resmas encaixotadas. Tal como se pode observar, as etapas estão divididas por *lanes*, onde cada uma representa a área responsável por essa mesma etapa.

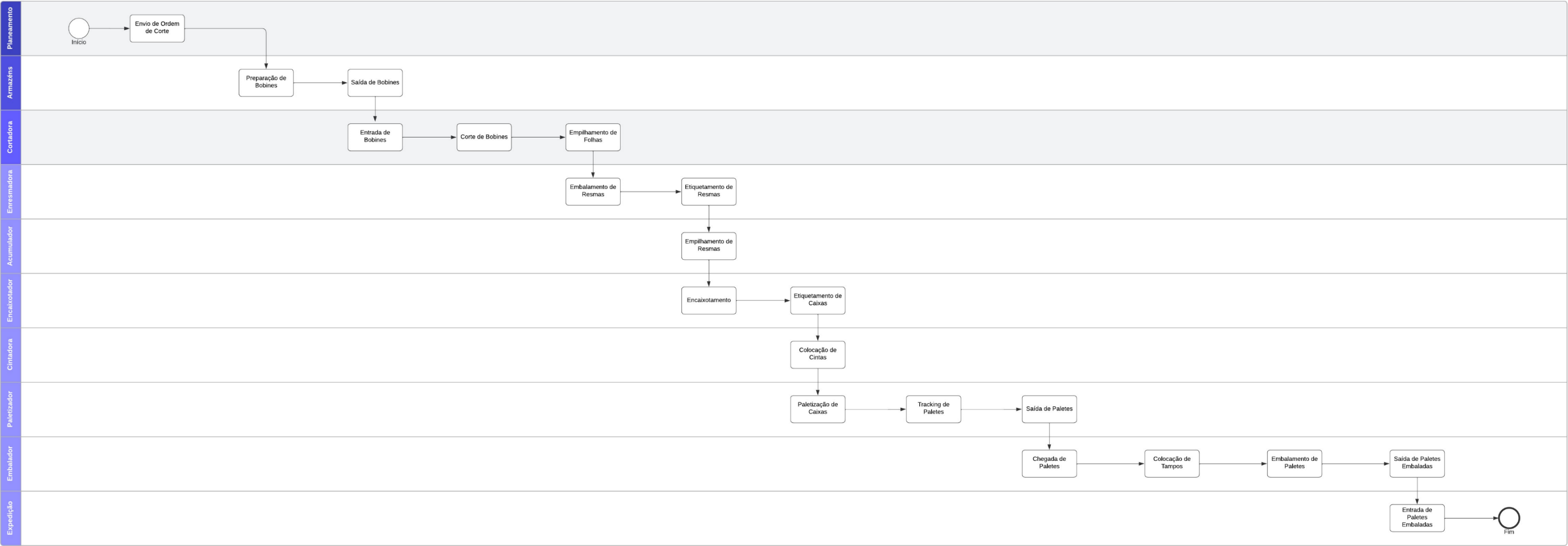


Figura A.5 - Diagrama BPMN para o processo *Cut-Size*

A.6 Artigo Científico – ICSI *Conference*

Increasing the Time Efficiency on a Line Production

João M. P. Oliveira¹, Helena V. G. Navas^{2,3*}

¹Department of Mechanical and Industrial Engineering, NOVA School of Science and Technology, Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal

²UNIDEMI, Department of Mechanical and Industrial Engineering, NOVA School of Science and Technology, Universidade NOVA de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal

³LASI - Intelligent Systems Associate Laboratory, Universidade do Minho, Portugal

E-mail: ¹jmp.oliveira@campus.fct.unl.pt; ^{2*}hvgn@fct.unl.pt

Abstract

Over the decades, companies have been developing numerous Lean practices through their processes, to increase the global efficiency of them. In this article, are described some of the practices that have enabled the rise of ten percentual points in a package line efficiency. Restructuring Kaizen boards, creating Kamishibai cards, applying SMED, and balancing a line production are some of the improvement actions that made possible the re-establishment of a line flow. It has also been developed an industrial trial to understand how it was possible to reduce the slippage problems and implement a safety buffer through. All these small improvements contributed to reducing downtimes and increased the time efficiency. The main purpose of this case study is to show how using Lean principles and tools have a significant impact in company's operation.

Keywords: Time Efficiency, Lean Practices, Kaizen, SMED, Line Flow, Reducing Downtimes

1. Introduction

Traditional methods of analysis for industrial manufacturing processes often have limitations. They may not always be sufficient for understanding and addressing manufacturing issues. Digital technology has the potential to greatly improve internal processes and reaching the full potential of these industries (Clancy et al., 2023). Lean is a philosophy and methodology that has almost a century of existence and is commonly used to improve the efficiency in an organization. Emphasizing waste elimination and the processes streamlining are its main goals. Tools such as balancing a production line, calculating the cycle time, and making a visual management map are the most implemented in enterprises. In addition, tools such as PDCA cycle, Kanban and SMED are widespread in a vast number of them too. Nonetheless, critical factors as top management commitment, performance measurement and communication have as much influence as Lean tools implementation (Nedra et al., 2022).

2. Lean Principles and Tools Applications

Some of main Lean principles are identifying and eliminating various forms of waste, aiming for a continuous workflow, minimizing interruptions and delays, eliminating bottlenecks, establishing a pull-based system based on customer demand and developing standardized work processes (Panwar et al., 2015). In studied industry some of these principles were not being implemented. A bottleneck, Figure 1, has been identified and it was noticed that the machine's cadence was not in line with the machine's initial specifications. The bottleneck stations' cycle time was timed with ten more seconds than the others, so to discover the root causes, a brainstorm with machine operators took place.



Figure 1. Transporters Queue

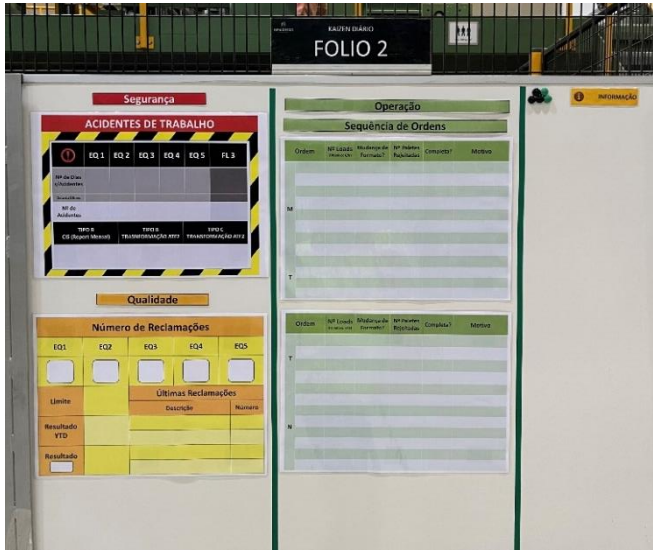
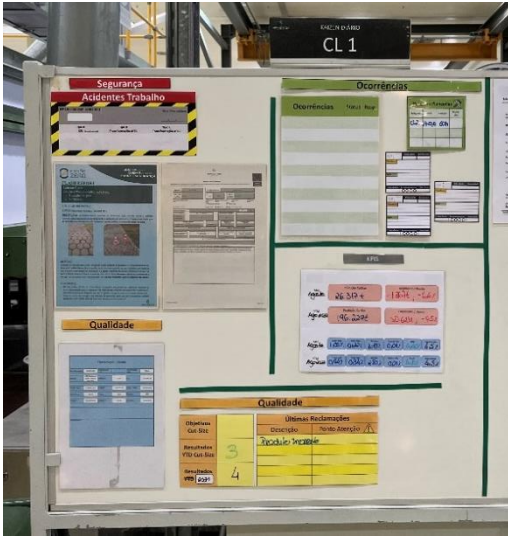
To continue increasing time efficiency and reducing downtimes, it has been studied a slippage problem in the beginning of the process. The card mandrels, Figure 2, aa single use, showed signs of significant damage and when they were reused, they ended up slipping. As a solution it was studied a few plastic mandrels that can be used thirty times before the pressure deformed them. Mandrel's terminations are replaceable, so the cost-benefit ratio was beneficial for the company, and it solved interruptions that lasted at minimum ten minutes.



Figure 2. Card Mandrel Edge

Other improvement was the Kaizen philosophy reimplementation. Kaizen emphasizes the need for ongoing, never-ending improvement in all aspects of an organization. These changes are often low-cost and low risk, making them more accessible to implement. From front-line workers to top management, all employees are empowered and suggested to identify problems and to think in their solutions, fostering a culture of collaboration and innovation (Berhe, 2022). For these small improvements are necessary information and if Kaizen boards are not updated, it is not possible to know in which factory's area or machine is necessary to work on. The Table 1 has two examples of Kaizen boards interventions.

Table 1. Kaizen Boards Improvements

Before Intervention	After Intervention
	
	

Kaizen boards are visual tools used to facilitate the implementation of the Kaizen philosophy and other continuous improvement practices. They provide a clear visual representation of work items and their status. Team members can quickly understand what's being worked on and where tasks are in the process. Kaizen boards should be easy to update and rearrange, making them suitable for dynamic environments where priorities may change frequently (Berhe, 2022). In this intervention, flash reports and safety moments were replaced by work opportunities, planned downtimes, and shift productions. It was also highlighted fields such as work accidents, claims number and order sequence.

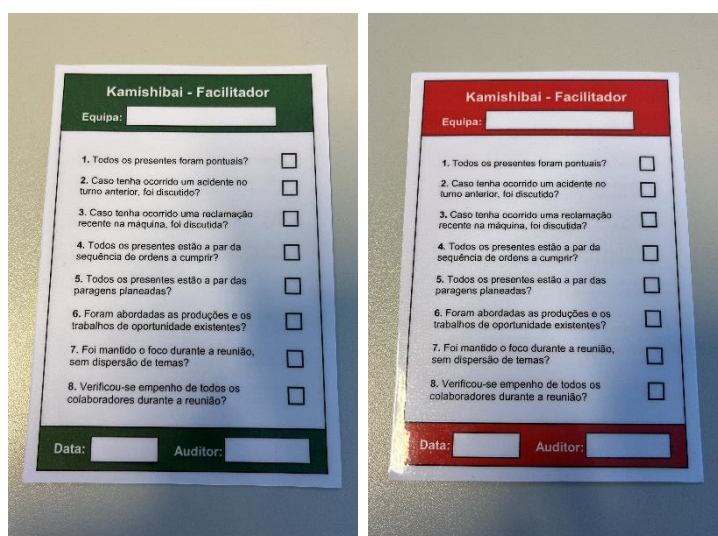


Figure 3. Facilitator Kamishibai Card (The Two Sides)

The card's back and front have different colors. If one of the eight tasks were not accomplished, the Kamishibai card is placed on the top management board with the red side facing upwards. Once fixed what is not right, the card returns with the green side facing upwards to the beginning board. However, to supervise Kaizen meetings, there must be a plan. At Figure 4, the audited teams are surrounded on each day.

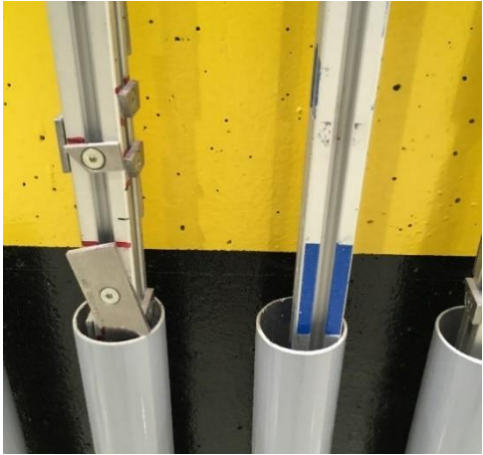
Turno\Dias	1	2	3	4	5	6	7
Manhã	Equipa 1	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5
Tarde	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 3
Noite	Equipa 3	Equipa 3	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 2	Equipa 2

Turno\Dias	8	9	10	11	12	13	14
Manhã	Equipa 5	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 1	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 4
Tarde	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 4	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 2
Noite	Equipa 2	Equipa 2	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 5	Equipa 1	Equipa 1

Figure 4. Kaizen Audited Meetings

There was a concern to choose different teams on consecutive days, managing to audit each team at least twice. All these Kaizen boards improvements encourages teams to reflect on their processes and experiment new ways of working. Additionally, other visual improvements have also been made. In Table 2 are represented three SMED interventions that were made. They reduced the number and time of setups, breakdowns, and bottlenecks. The aim of SMED is to reduce the time needed to switch a production line from one product to another, thus increasing efficiency, flexibility, and the ability to produce smaller batches (Bukhsh et al., 2021).

Table 2. Setup Improvements.

Before Intervention	After Intervention
	
	
	

The results of these improvements, which have had a significant impact on overall efficiency, and in reducing setup downtimes, are presented below.

3. Downtime Reductions and Efficiency Results

Time efficiency refers to the ability to complete tasks, processes, or activities in the most effective and optimal manner, minimizing the time required while maximizing output, quality, and resource utilization. In this industrial area there is a specific formula for calculating it, which is the ratio between the productive time, when product is being produced, and the operational time, when the area should be working. Increasing productive time involves identifying the main downtime causes and finding solutions for them. Figure 5 shows downtimes and their cumulative percentages.

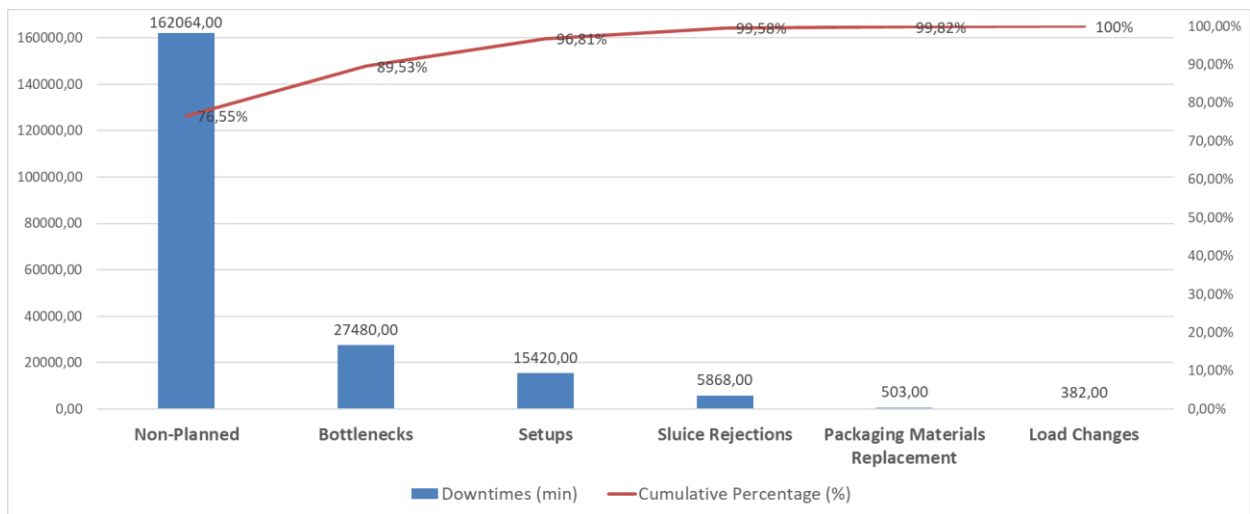


Figure 5. Downtimes and Cumulative Percentages

These downtimes were analyzed, and solutions had been created, through the application of lean tools and principles. In the previous chapter, it was described all the practices that made possible reducing almost ten percent in the first three downtime causes, which promotes a productive time increase of ten percent too, and, finally, an increase in time efficiency, which resulted in a growth of the global efficiency, as can be seen in Table 3.

Table 3. Downtime Reductions and Efficiency Results

	Before Improvements	After Improvements
Downtimes (min)		
Non-Planned	162 064	142 003
Bottlenecks	27 480	24 820
Setups	15 420	13 970
Efficiencies (%)		
Time	76,64	87,47
Global	73,57	85,05

4. Conclusions

To conclude, the integration of Lean principles into organizational practices offers a powerful framework for enhancing time efficiency and overall performance. By embracing concepts such as waste reduction, continuous improvement, and value stream optimization, businesses can streamline their operations, reduce unnecessary processes, and unlock significant time savings. The journey towards time efficiency through Lean is not merely a methodology, but a mindset that encourages a culture of continuous learning, adaptability, and innovation.

The impact of Lean principles on time efficiency extends beyond the manufacturing sector. From project management to healthcare, Lean's adaptable nature demonstrates its versatility in addressing diverse challenges. The pursuit of time efficiency aligns seamlessly with Lean's core philosophy of maximizing value. As environments become more complex and fast-paced, Lean offers a road map for enterprises to not only survive but thrive by leveraging time efficiency as a cornerstone of their success. The journey may present challenges, but the rewards are undeniable.

Acknowledgments

Author from UNIDEMI acknowledges Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT - MCTES) for its financial support via the project UIDB/00667/2020 and UIDP/00667/2020 (UNIDEMI).

References

- Berhe, H. H. (2022), Application of Kaizen philosophy for enhancing manufacturing industries' performance: exploratory study of Ethiopian chemical industries, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 39 No. 1, pp. 204-235. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-09-2020-0328>.
- Bukhsh, M., Khan, M.A., Zaidi, I.H., Yaseen, R., Khalid, A., Razzaque, A., & Ali, M. (2021). *Productivity Improvement in Textile Industry using Lean Manufacturing Practices of 5S & Single Minute Die Exchange (SMED)*, Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Singapore, March 7-11, 2021.
- Clancy, R., O'Sullivan, D., & Bruton, K. (2023), Data-driven quality improvement approach to reducing waste in manufacturing, *The TQM Journal*, Vol. 35, No. 1, pp. 51-72. <https://doi.org/10.1108/TQM-02-2021-0061>.

- Hernawan, A. H., Darmawan, D., Septiana, A. I., Rachman, I., & Kodama, Y. (2021), Developing Kamishibai and Hologram Multimedia for Environmental Education at Elementary School, *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, Vol. 6, N° 2, pp. 656-664. <https://doi.org/10.25046/aj060276>.
- Nedra, A., Jun, X., Nèjib, S., & Jiajia, D. (2022), Effect of ISO (9001) Certification and Article Type Produced on Lean Six Sigma Application Successes: A Case Study Within Textile Companies, *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, Vol. 30 (2), pp. 17-22. <https://doi.org/10.2478/ftce-2022-0003>.
- Panwar, A., Nepal, B. P., Jain, R., & Rathore, A. P. S. (2015), On the adoption of lean manufacturing principles in process industries, *Production Planning & Control*, Vol. 26 (7), pp. 564-587. <https://doi.org/10.1080/09537287.2014.936532>.

Authors Profiles

João Oliveira, 5th year student of the Integrated Master in Industrial Engineering and Management at NOVA School of Science and Technology | FCT NOVA – Portugal. His areas of interest are lean management, digital marketing and entrepreneurship.

Helena Navas has received a PhD from NOVA School of Science and Technology – Universidade NOVA de Lisboa – Portugal. She is currently Assistant Professor at the Department of Mechanical and Industrial Engineering of the NOVA School of Science and Technology – Portugal and researcher at UNIDEMI. Her research interests are in the areas of innovation, continuous improvement, quality, and process management.



