



IMPLEMENTAÇÃO DO SMED EM DUAS LINHAS DE CORTE

ALEXANDRE DANIEL DA TORRE SILVA

novembro de 2019

Implementação do SMED em duas linhas de corte

Alexandre Daniel Torre Silva

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica

POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

IMPLEMENTAÇÃO DO SMED EM DUAS LINHAS DE CORTE

Alexandre Daniel Torre Silva
1130490

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação do professor José Carlos Vieira de Sá.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Mestre/Especialista José Carlos Vieira de Sá
Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutor António Jorge da Silva Trindade Duarte
Professor Adjunto, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Instituto Politécnico de Bragança

AGRADECIMENTOS

Foram vários os intervenientes que me auxiliaram e permitiram a conclusão deste trabalho.

Gostaria de agradecer à Amorim Revestimentos pela oportunidade que me deram.

Agradecer ao Filipe Ferreira e ao César Daniel pelos momentos de companheirismo e pelo conhecimento partilhado.

Agradecer ao Senhor Pedrosa e a todo o Departamento da Manutenção pela sua colaboração neste projeto.

Agradecer aos colaboradores das linhas de corte pela sua disponibilidade para me esclarecerem dúvidas, ouvirem e seguirem as minhas ideias.

Agradecer ao Professor José Carlos Sá pela sua orientação e disponibilidade.

Agradecer aos meus pais pelo apoio e motivação.

PALAVRAS CHAVE

Mudanças de série, Redução tempo, SMED, Changeover

RESUMO

À medida que os avanços tecnológicos acontecem, o consumidor final encontra-se mais informado e torna-se cada vez mais exigente com o que pretende, este procura produtos com mais qualidade, a preços mais acessíveis e com prazos de entrega rapidíssimos. Como tal, atualmente as empresas encontram-se sobre uma tremenda pressão para se adaptarem e satisfazerem as necessidades de qualidade da procura enquanto reduzem o seu tempo de resposta e consomem menos recursos, garantindo assim a sua sobrevivência.

O presente trabalho, realizado numa corticeira que se dedica à produção de pisos flutuantes, Amorim Revestimentos, e teve como objetivo a redução em 15 % do tempo nas mudanças de série em duas linhas de corte. Tal redução irá promover um aumento da flexibilidade nessas linhas permitindo assim séries de fabrico mais pequenas, um aumento de produtividade e uma redução de custos.

Foi feita uma recolha de dados relativos às mudanças de série em estudo e ao histórico de paragens nessas linhas bem como foram realizadas entrevistas informais aos trabalhadores das linhas em questão. Através dos dados e informações recolhidas obteve-se o tempo médio por *setup*, quais as paragens que mais impactavam as linhas e a frequência das mesmas, assim como as maiores dificuldades que os trabalhadores encontravam quando ocorriam as mudanças de produção.

Aplicou-se a ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*) às duas linhas em estudo obtendo-se resultados mistos. Em Acabamentos Finais 2 houve um aumento de 2 min em relação ao tempo observado, com a circunstância atenuante de a mudança de série passar agora a ser realizada por apenas 2 colaboradores e não os 3 iniciais. Em Acabamentos Finais 3 obteve-se uma redução no tempo de *setup* de 24 %, de 29 para 22 min.

Os resultados foram alcançados através da transformação de tarefas internas em externas, alteração do modo operativo dos trabalhadores, alteração da localização de algumas ferramentas e modificação de uma outra. O novo modo operativo foi transposto para cartões plastificados que foram colocados nas linhas garantindo assim que os funcionários seguem as novas indicações.

KEYWORDS

Series Change, Time Reduction, SMED, Changeover

ABSTRACT

As technological advancements occur, the end consumer becomes more informed and increasingly demanding about what he wants, estimating higher quality products, cheaper prices and faster delivery times. As such, companies today are under tremendous pressure to adapt and meet demand quality needs while reducing their response time and consuming fewer resources, thus ensuring their survival.

The present work was carried out on a cork company that is dedicated to the production of floating floors, Amorim Revestimentos, and its aim was to reduce by 15% the time it takes to perform series changes in two cutting lines. Such a reduction will promote increased flexibility on these lines thus allowing for smaller manufacturing series, increased productivity and reduced costs.

Data on the series changes under study and the history of stops on those lines was collected, as well as informal interviews were conducted with workers on the lines in question. Through the data and information collected, the average time per *setup* was obtained, which stops impacted the lines and their frequency, as well as the greatest difficulties that workers encountered when production changes occurred.

The SMED tool was applied to the two lines under study and mixed results were obtained. In Final Finishes 2 there was a 2 min increase compared to the observed time, with the attenuating circumstance that the series change is now performed by only 2 collaborators and not the initial 3. In Final Finishes 3, it was obtained a reduction in *setup* time of 24%, from 29 to 22 min.

The results were achieved by transforming internal activities into external activities, changing workers operative mode, changing the location of some tools and modifying another. The new operating mode was transposed to plastic cards that were placed on the lines thus ensuring that employees follow the new directions.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
AF2	Acabamentos Finais 2
AF3	Acabamentos Finais 3
AR	Amorim Revestimentos
JIT	Just in Time
OEE	Overall Equipment Effectiveness
SMED	Single Minute Exchange of Die
PVC	Cloreto de Polivinil
TPM	Total Productive Maintenance
TPS	Toyota Production System
UN	Unidade de Negócios

Lista de Unidades

min	minutos
mm	milímetros
s	segundos

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Inserts</i>	“panfleto”
<i>Layout</i>	“planta fabril”
<i>Lead time</i>	Tempo útil entre o início e o fim de uma tarefa
<i>Marketing</i>	Publicidade
<i>Setup</i>	Configuração de um equipamento para um determinado processo

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento.....	1
1.2	A Empresa Amorim Revestimentos, SA.....	1
1.3	Apresentação dos produtos da Amorim Revestimentos	3
1.4	Objetivos	5
1.5	Metodologia de Investigação.....	5
1.6	Organização do relatório	6
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Breve história sobre a indústria	11
2.2	Toyota Production System.....	12
2.3	Os 7 Desperdícios de Ohno e a Adição do oitavo por parte de Liker	14
2.4	Princípios do Pensamento <i>Lean</i>	15
2.5	Metodologia SMED.....	19
2.5.1.	Origem do SMED	19
2.5.2.	Definição do tempo de <i>setup</i>	20
2.5.3.	Etapas da implementação do SMED	22
2.5.4.	Importância dos 5S's para o SMED	24
2.5.5.	Impacto do SMED no OEE	28
2.5.6.	Diagramas de fluxo e de esparguete e o seu papel no mapeamento de processos	30
2.5.7.	Vantagens e dificuldades do SMED	31
2.5.8.	Casos de sucesso da aplicação do SMED	37
3.	ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO	46
3.1	Processo Produtivo da Amorim Revestimentos Oleiros	46
3.2	Apresentação das linhas de Corte 4 e 5	49
3.3	Definição de objetivos	51

3.4	Recolha de dados	53
3.5	Visualização dos primeiros setups	58
3.5.1	Setups em AF2	59
3.5.2	Setups <i>em AF3</i>	62
3.6	Análise dos desperdícios.....	65
3.7	Implementação das melhorias.....	69
3.7.1.	Modificação dos movimentos e reclassificação de tarefas	69
3.7.2.	Criação de cartões operacionais para depositar nas linhas	72
3.7.3.	Modificação da localização de ferramentas	73
3.7.4.	Utilização de kits de ferramentas em locais estratégicos	76
3.7.5.	Criação de uma lista de ferramentas em falta	76
3.7.6.	Duplicação e Alongamento de ferramentas	77
3.7.7.	Criação de etiquetas para contadores	79
3.7.8.	Criação de impressos com referências passadas	80
3.7.9.	Outras medidas	81
3.8	Análise de resultados	82
4.	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	87
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - VOLUME DE NEGÓCIOS DA AMORIM REVESTIMENTOS (AMORIM REVESTIMENTOS, 2017).	2
FIGURA 2 - VENDAS CONSOLIDADAS POR UNIDADE DE NEGÓCIO (AMORIM REVESTIMENTOS, 2017).	2
FIGURA 3 - ORGANOGRAMA GERAL DA AMORIM REVESTIMENTOS (AMORIM REVESTIMENTOS, 2018).	3
FIGURA 4 - PANFLETO DE <i>MARKETING</i> DA AMORIM REVESTIMENTOS (AMORIM REVESTIMENTOS, 2013).	4
FIGURA 5 - CICLO DE AÇÃO-REFLEXÃO (COUTINHO ET AL., 2009).	6
FIGURA 6 - CASA TPS (LIKER, 2004).	13
FIGURA 7 - CICLO DE MELHORIA CONTÍNUA (SPROULL, 2012).	18
FIGURA 8 - PRINCÍPIOS E OBJETIVOS DO <i>LEAN</i> (SUNDER, 2013).	18
FIGURA 9 - EFICIÊNCIA DURANTE UMA MUDANÇA DE SÉRIE (MCINTOSH, CULLEY, MILEHAM, & OWEN, 2001).	21
FIGURA 10 - EVOLUÇÃO DO TEMPO DE SETUP DURANTE O SMED (FERRADÁS & SALONITIS, 2013).	24
FIGURA 11 - ETAPAS DA ABORDAGEM DOS 5S'S (HIRANO, 1995).	28
FIGURA 12 - EVOLUÇÃO DO TEMPO DE SETUP E DO CUSTO ASSOCIADO AO FOCO A UTILIZAR (CAKMAKCI, 2009).	34
FIGURA 13 - VISÃO MACRO DAS ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO.	47
FIGURA 14 - PROCESSO PRODUTIVO DA PRODUÇÃO DE BASES.	47
FIGURA 15 - PROCESSO PRODUTIVO DE COMPONENTES.	48
FIGURA 16 - LINHA CORTE FINAL 4 EM ACABAMENTOS FINAIS 2.	50
FIGURA 17 - LINHA CORTE FINAL 5 EM ACABAMENTOS FINAIS 3.	51
FIGURA 18 - ROTA DOS PRODUTOS EM ESTUDO.	53
FIGURA 19 - MÉDIA MENSAL DOS TEMPOS DE <i>SETUP</i> EM ESTUDO EM AF2.	54
FIGURA 20 - MÉDIA MENSAL DOS TEMPOS DE <i>SETUPS</i> EM ESTUDO EM AF3.	55
FIGURA 21 – DIAGRAMA DE PARETO DAS PARAGENS NA LINHA CORTE FINAL 4.	56
FIGURA 22– DIAGRAMA DE PARETO DAS PARAGENS NA LINHA CORTE FINAL 5.	57
FIGURA 23 - DIAGRAMA CAUSA-EFEITO QUE JUSTIFICA A POSSÍVEL DEMORA DOS <i>SETUPS</i> .	58
FIGURA 24 - FLUXOGRAMA DO <i>SETUP</i> OBSERVADO EM AF2.	59
FIGURA 25 – DIAGRAMA DE ESPARGUETE DA MOVIMENTAÇÃO DOS TRABALHADORES EM AF2.	60
FIGURA 26 - DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS TAREFAS NO SETUP DE AF2.	61
FIGURA 27 - FLUXOGRAMA DO <i>SETUP</i> OBSERVADO EM AF3.	62
FIGURA 28 - DIAGRAMA DE ESPARGUETE DA MOVIMENTAÇÃO DOS TRABALHADORES EM AF3.	63
FIGURA 29 - DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS TAREFAS NO SETUP DE AF3.	64
FIGURA 30 - PLANO DE AÇÃO DE MELHORIAS - PARTE 1.	67
FIGURA 31 - DIAGRAMA DE ESPARGUETE DA NOVA MOVIMENTAÇÃO DOS TRABALHADORES EM AF2.	69
FIGURA 32 - NOVA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS TAREFAS NO SETUP DE AF2.	70
FIGURA 33 - NOVA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DAS TAREFAS NO <i>SETUP</i> DE AF3.	71
FIGURA 34 - FRENTE DOS CARTÕES COLOCADOS NAS LINHAS.	72
FIGURA 35 - VERSO DOS CARTÕES COLOCADOS NAS LINHAS.	72
FIGURA 36 - ANTES E DEPOIS DA MUDANÇA DE LOCALIZAÇÃO DE ALGUMAS FERRAMENTAS.	74

FIGURA 37 - ANTES E DEPOIS DA MUDANÇA DE LOCALIZAÇÃO DO FUNIL.	75
FIGURA 38 - KIT DE FERRAMENTAS.	76
FIGURA 39 - FERRAMENTA A SER MONTADA E LOCAL ONDE SERÁ APLICADA.	77
FIGURA 40 - FERRAMENTA DUPLICADA.	78
FIGURA 41 - ALONGAMENTO DA FERRAMENTA.	78
FIGURA 42 - ETIQUETAS COM O VALOR DOS CONTADORES.	79
FIGURA 43 - IMPRESSOS COLOCADOS NAS HOMAGS.	80
FIGURA 44 - APERTOS RÁPIDOS E VENTOSAS ADQUIRIDAS.	81
FIGURA 45 - SUPORTE PARA A MANGUEIRA DE AR COMPRIMIDO.	81

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - TIPOS DE DESPERDÍCIO, ADAPTADO DE (LIKER, 2004).	14
TABELA 2 - OS 5 PRINCÍPIOS CHAVE DO PENSAMENTO <i>LEAN</i> .	15
TABELA 3 - FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA 5S.	25
TABELA 4 - VANTAGENS E DIFICULDADES DO SMED.	35
TABELA 5 - CASOS DE SUCESSO DA APLICAÇÃO DO SMED.	37
TABELA 6 - PROJECT CHARTER DO PROJETO.	52
TABELA 7 - PARAGENS NÃO PLANEADAS NA LINHA CORTE FINAL 4.	56
TABELA 8 - PARAGENS NÃO PLANEADAS NA LINHA CORTE FINAL 5.	57
TABELA 9 - TEMPOS POR TAREFAS E RESPETIVOS DESPERDÍCIOS EM AF2.	65
TABELA 10 - TEMPOS POR TAREFAS E RESPETIVOS DESPERDÍCIOS EM AF3.	66
TABELA 11 - FERRAMENTAS EM FALTA NAS LINHAS DE CORTE.	76
TABELA 12 - RESULTADOS OBTIDOS APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO SMED.	83

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 A EMPRESA AMORIM REVESTIMENTOS, SA

1.3 APRESENTAÇÃO DOS PRODUTOS DA AMORIM
REVESTIMENTOS

1.4 OBJETIVOS

1.5 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.6 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O presente documento foi desenvolvido no âmbito da dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto e tem como base o trabalho realizado durante o estágio na empresa Amorim Revestimentos, unidade industrial de São Paio de Oleiros, que se dedica à produção exclusiva de pisos flutuantes. O estágio teve como principal objetivo implementar a metodologia SMED nas linhas de corte presentes nas áreas de acabamentos finais, de forma a reduzir o tempo de mudança de séries.

A contínua aposta nas novas tecnologias e o forte desenvolvimento tecnológico impulsionado por essa aposta, juntamente com o aumento da população mundial promove uma procura por uma melhor qualidade de vida e melhores serviços. Como tal, as empresas têm de ser capazes de se adaptar, diferenciar e de sobressair num mercado exigente e bastante saturado. A Amorim Revestimentos tem uma forte concorrência internacional e para sobreviver é fundamental produzir rápido, com qualidade e ao menor custo possível (Amorim Revestimentos, 2013a).

Um dos pontos críticos das indústrias são as mudanças de série, *setup*, uma vez que são atividades que não estão a acrescentar valor ao produto, mas são necessárias para a sua produção. Como tal, o grande desafio consiste na utilização da metodologia SMED para promover uma melhoria na qualidade do produto, na produtividade e na redução dos tempos de *setup*.

1.2 A Empresa Amorim Revestimentos, SA

A história da origem da Amorim Revestimentos, SA como é hoje conhecida remonta a 1978 com a criação da empresa, Ipocork – Indústria de Pavimentos e Decoração, S.A., uma unidade fabril que produzia parquet com incorporação de cortiça. Em janeiro de 1996 nasce a Amorim Revestimentos (AR), proveniente da fusão das empresas Inacor, S.A. e Ipocork, S.A.

Esta corresponde a uma das cinco unidades de negócio (UN) da Corticeira Amorim, sendo as restantes: UN Matérias-Primas, UN Rolhas, UN Aglomerados Compósitos e UN Isolamentos.

Com um volume de negócios na ordem dos 121,5 milhões de euros no ano de 2017, e uma quota de mercado de 65%, a AR é a líder a nível mundial na produção e distribuição de pavimentos e revestimentos de paredes com incorporação de cortiça. A UN é reconhecida pela qualidade, inovação e características únicas das soluções para o design

de interiores, que asseguram a combinação perfeita entre estética, bem-estar e durabilidade (Amorim Revestimentos, 2017).

As seguintes figuras apresentam o crescimento do volume de vendas da AR desde 2015, ver figura 1, bem como uma comparação com as restantes UN do grupo, figura 2.

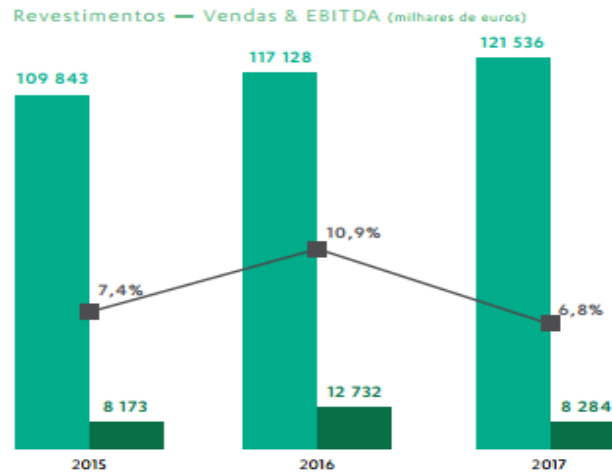


Figura 1 - Volume de negócios da Amorim Revestimentos (Amorim Revestimentos, 2017).

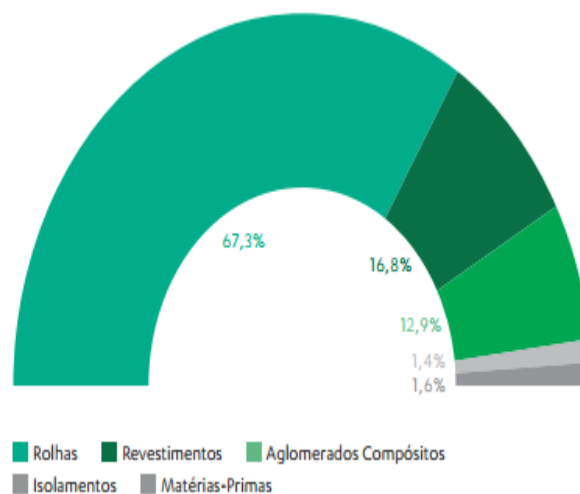


Figura 2 - Vendas Consolidadas por Unidade de Negócio (Amorim Revestimentos, 2017).

No que diz respeito à estrutura organizacional, a AR encontra-se organizada em 6 grandes áreas, sendo geridas por uma Direção Geral, coadjuvada por 4 áreas de suporte, conforme o organograma representado na figura 3:

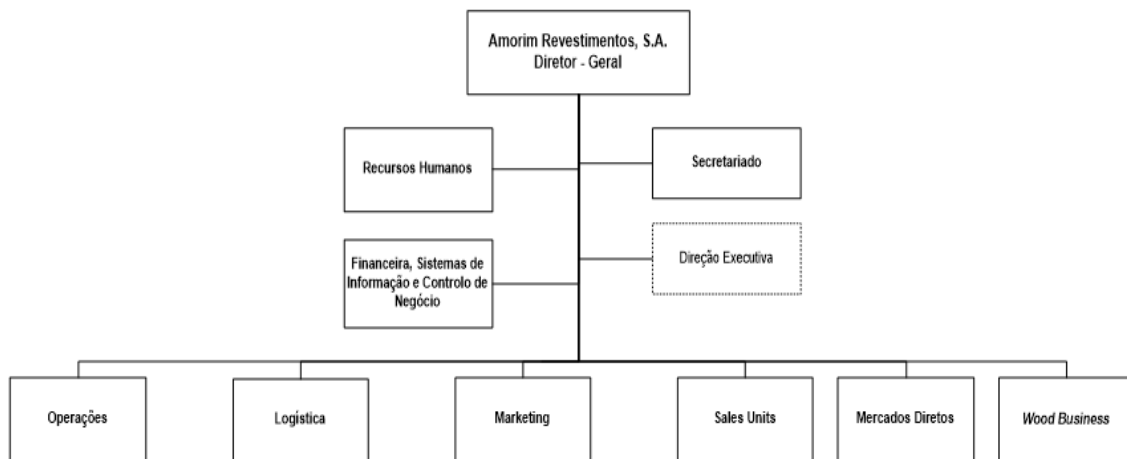


Figura 3 - Organograma geral da Amorim Revestimentos (Amorim Revestimentos, 2018).

Esta Unidade de Negócios, constituída atualmente por duas unidades industriais localizadas em Portugal (concelho de Santa Maria da Feira). Conforme referido anteriormente a unidade de São Paio de Oleiros dedica-se à produção exclusiva de pisos flutuantes enquanto que a unidade em Lourosa se dedica à fabricação de pisos colados e revestimentos de paredes. A Amorim Revestimentos disponibiliza produtos de alta qualidade, que proporcionam soluções de pavimentos inovadoras e de qualidade inigualável. Ao combinar métodos tradicionais de produção com a mais recente tecnologia, a Amorim Revestimentos produz pavimentos distintos, elegantes, resistentes e confortáveis, utilizando um material cujas características a ciência não consegue superar e sem prejuízo do ambiente – a cortiça. A utilização da matéria-prima cortiça torna os seus pavimentos inconfundíveis quando comparados com quaisquer outros existentes no mercado (Amorim Revestimentos, 2018).

Atualmente, a Amorim Revestimentos dispõe de uma tecnologia de fabrico exclusiva e de uma rede de distribuição multinacional que lhe permite conhecer e satisfazer, atuando por antecipação, as necessidades dos Clientes (Amorim Revestimentos, 2018).

Este posicionamento estratégico, a par da sua atuação na promoção da utilização de revestimentos de cortiça e do seu ativo programa de desenvolvimento de novas soluções, é o garante do sucesso da sua atividade e da elevada penetração dos seus produtos nos mercados mais exigentes (Amorim Revestimentos, 2018).

1.3 Apresentação dos produtos da Amorim Revestimentos

A Unidade de Negócios Revestimentos é reconhecida como líder pela qualidade, inovação e características únicas das suas soluções para decoração de interiores (performance técnica, design e conforto). Os revestimentos produzidos nesta UN constituem uma “proposta única de venda” em si mesma (Amorim Revestimentos, 2018).

A principal marca da Amorim revestimentos é a Wicanders, que apresenta uma vasta gama de produtos.

A Wicanders® é uma marca premium reconhecida no Mercado por oferecer soluções de pavimentos de elevada qualidade e extremamente confortáveis, seguindo sempre as mais recentes tendências, oferecendo soluções tanto para o segmento residencial como para o sector comercial (Amorim Revestimentos, 2013b). É uma marca verdadeiramente sustentável, representa um equilíbrio único entre a criação de riqueza e a proteção do ambiente, tendo como ponto de partida uma matéria-prima natural extraída de sobreiros sem nunca os danificar, transformando-a em produtos de valor acrescentado, promovendo a biodiversidade e sustentabilidade de áreas em risco de desertificação (Amorim Revestimentos, 2013b).

Como principais pontos diferenciadores para os restantes pisos destacam-se:

- Instalação fácil e rápida dos produtos sem cola graças ao sistema de encaixe Cork Loc
- Produtos amigos do ambiente, feitos a partir de produtos naturais
- Saudáveis, a sua superfície não retém sujidade evitando assim a proliferação de germes e fungos
- Isoladores acústicos, reduzem a transmissão e proliferação do som
- Isoladores térmicos, proporcionam uma poupança energética dado à capacidade de retenção de calor da cortiça
- Confortáveis, a cortiça amortece o impacto e alivia a tensão
- Elevada durabilidade e fácil manutenção, baixo impacto ambiental
- Reutilizáveis devido ao sistema de encaixe e recicláveis

A figura 4 apresenta um dos panfletos de *marketing* da empresa.



Figura 4 - Panfleto de *Marketing* da Amorim Revestimentos (Amorim Revestimentos, 2013).

1.4 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho consiste na redução dos tempos de *setup*, mudança de série, nas linhas de corte 4 e 5 das áreas de Acabamentos Finais 2 e 3, respetivamente. Para tal irá ser aplicada a metodologia *Lean, SMED*.

A metodologia aplicada irá também atuar nos seguintes pontos:

- Normalização e otimização dos métodos de trabalho
- Redução do número de movimentações desnecessárias
- Redução da probabilidade de erro/avaria

1.5 Metodologia de Investigação

A metodologia utilizada para abordar este trabalho foi a metodologia de investigação-ação. A metodologia investigação-ação pode ser definida como uma abordagem em que um investigador e um cliente colaboram no diagnóstico de um problema e no desenvolvimento de uma solução adequada ao diagnóstico obtido. O investigador faz parte da organização dentro da qual a pesquisa e o processo de mudança estão a ocorrer. É um processo reflexivo de solução progressiva de problemas.

A metodologia de investigação-ação começa num contexto específico e com um propósito claro, frequentemente expresso por um objetivo a atingir. De seguida segue-se uma fase do diagnóstico, que inclui uma etapa de observação, recolha de dados e análise dos mesmos. Após a fase de diagnóstico é realizado um plano de ações com base nos dados analisados. Posteriormente é feita uma avaliação das ações realizadas, o plano é revisto e reformulado e atua-se de acordo com o plano revisto, ocorre o início de um novo ciclo. Repete-se o processo iterativo até não ser possível melhorar mais.

Neste trabalho em específico procedeu-se numa primeira fase à observação dos movimentos dos trabalhadores e às tarefas pelos mesmos realizadas durante as atividades de mudança de série. Após essas primeiras observações genéricas foram realizadas conversas informais com os colaboradores com o objetivo de perceber onde estes teriam mais dificuldades, sendo essas mesmas depois destacadas num diagrama de Ishikawa. Uma vez definidos os *setups* sobre os quais este projeto teria de atuar, foi feita uma recolha de dados históricos sobre os mesmos com o auxílio da base de dados da empresa e foram realizadas filmagens para mais tarde serem analisadas.

As fases presentes neste trabalho foram as seguintes:

- 1ª fase – levantamento de dados históricos e filmagem de setups
- 2ª fase – análise dos vídeos e realização de entrevistas informais com os colaboradores

- 3ª fase – realização de fluxogramas, gráfico de Gantt e diagramas de esparguete e criação de um plano de ação baseado nos desperdícios e oportunidades de melhoria identificados na análise dos vídeos
- 4ª fase – validação do novo modo operatório com os trabalhadores das linhas e comunicação com o departamento da Manutenção sobre o seu papel neste projeto
- 5ª fase – criação de cartões plastificados e colocação dos mesmos nas linhas de modo a garantir que o novo modo operatório é cumprido e realização das ações identificadas no plano de ação.

A figura 5 representa graficamente o ciclo da metodologia de investigação-ação.

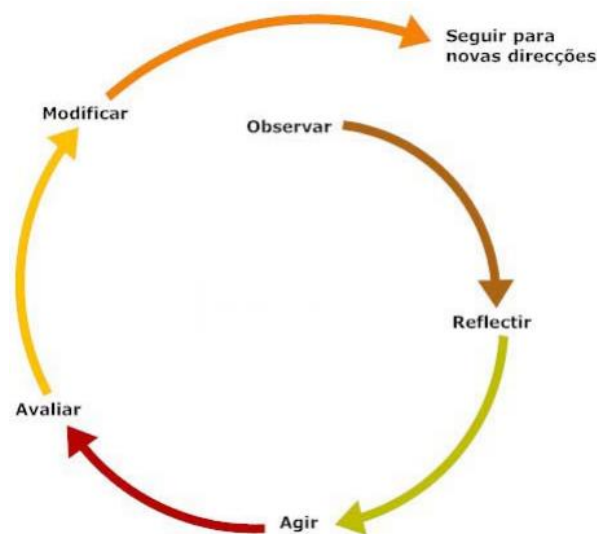


Figura 5 - Ciclo de Ação-Reflexão (Coutinho et al., 2009).

1.6 Organização do relatório

Este trabalho encontra-se organizado em 4 capítulos:

Capítulo 1: Apresenta o enquadramento deste projeto, a empresa Amorim Revestimentos e os seus produtos bem como os objetivos e a metodologia usada no presente trabalho.

Capítulo 2: Apresenta o estado da arte relativamente ao tema em estudo, nomeadamente a evolução da indústria, o aparecimento do *Toyota Production System*, os sete desperdícios de Ohno, princípios do pensamento *Lean*, descrição da metodologia SMED e a apresentação dos resultados da sua aplicação em casos reais.

Capítulo 3: Descreve o processo produtivo atual da empresa, com destaque à produção de acabamentos finais 2 e 3, onde se inserem as linhas de corte a analisar. Apresenta e

identifica problemas e as ferramentas utilizadas, descreve como foi implementada a ferramenta SMED e feito o seu controlo.

Capítulo 4: São reunidas as principais conclusões e o possível trabalho futuro a desenvolver.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BREVE HISTÓRIA SOBRE A INDÚSTRIA

2.2 TOYOTA PRODUCTION SYSTEM

2.3 OS 7 DESPERDÍCIOS DE OHNO

2.4 PRINCÍPIOS DO PENSAMENTO LEAN

2.5 METODOLOGIA SMED

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Breve história sobre a indústria

Antes da Revolução Industrial, a atividade produtiva existente era artesanal e muito manual, com o auxílio de algumas máquinas simples e de alguns ajudantes, o artesão cuidava de quase todo o processo produtivo (Risatti, 2009). Estes tinham os meios, ferramentas e oficinas, e o conhecimento de todas as etapas envolvidas na criação do produto, desde a obtenção das matérias-primas até à comercialização do mesmo (Imago História, 2017).

Em meados do século XVIII ocorrem um conjunto de mudanças tecnológicas que mudam radicalmente o processo produtivo a nível económico e social, sendo um dos avanços tecnológicos mais importantes o aperfeiçoamento da máquina a vapor, em 1765 por parte de James Watt (Roser, 2016). Esta permitiu substituir a força humana pela energia mecânica e foi a impulsionadora que facilitou o desenvolvimento de indústrias como a naval e a ferroviária, com o desenvolvimento respetivo do barco e da locomotiva movida a vapor surgindo assim a primeira Revolução Industrial (Imago História, 2017).

Durante a Primeira Guerra observam-se transformações económicas, políticas e sociais profundas na sociedade, particularmente nos países envolvidos, a Europa deixa de ser vista como um símbolo de prosperidade e os Estados Unidos emergem como uma potência mundial (Sousa, 2019). Surge Henry Ford, fundador da empresa Ford Motor Company, empresa produtora de automóveis que após a Primeira Guerra Mundial introduz a linha de montagem, que se tornará no novo modelo industrial (Bhagwat, 2005). Ocorre assim a segunda Revolução Industrial, onde a produção em massa e a automatização adquirem um papel central que empurra os Estados Unidos para o domínio da economia mundial (Jasti & Kodali, 2014).

Ford tinha como objetivo produzir o máximo possível com o mínimo de custos de produção associados de forma a poder conquistar o mercado com preços de venda mais apelativos (Aldebrand et al, 2019). No entanto este modelo tinha uma grande desvantagem que residia no facto de não haver variedade e diversificação do produto, só eram produzidos carros com a cor preta (Crainer, 2002).

Após o fim da Segunda Guerra Mundial, os clientes começam a exigir maior qualidade nos produtos e nos serviços prestados, algo que a produção em massa tinha dificuldades em proporcionar (Jasti & Kodali, 2014). O ponto de partida do conceito Toyota Production System (TPS) foi o reconhecimento das características distintivas do Japão (Sugimori, Kusunoki, Cho, & Uchikawa, 1977). A característica mais marcante do Japão é a falta de recursos naturais, o que torna necessário importar grandes quantidades de materiais, incluindo alimentos (Sugimori et al., 1977). O Japão é colocado em uma condição desvantajosa em termos de custo de matéria-prima quando comparado aos países europeus e americanos (Sugimori et al., 1977).

Para ter capacidade para responder às exigências dos clientes, na década de 1950, Eiji Toyota e Taiichi Ohno desenvolveram o TPS com a combinação do conhecimento e da habilidade de mestres artesãos com os conceitos de padronização e trabalho em equipa (Jasti & Kodali, 2014). Uma vez que não tinham a capacidade de aplicar a filosofia da produção em massa, a Toyota procurou oferecer o que as restantes empresas não tinham, isto é, uma grande variedade de produtos com elevada qualidade a baixo custo (Liker, 2004).

2.2 Toyota Production System

O *Toyota Production System* (TPS) é um sistema de produção com base nos dois conceitos básicos a seguir (Sugimori et al., 1977). O primeiro conceito corresponde à redução do custo através da eliminação de desperdícios (Sugimori et al., 1977). Para tal é necessário a criação de um sistema que elimine completamente o desperdício, através da assunção que algo que não seja a quantidade mínima de equipamentos, materiais, peças e trabalhadores absolutamente essenciais para a produção é apenas um excedente que aumenta o custo (Sugimori et al., 1977). O segundo conceito corresponde à potencialização máxima das capacidades dos trabalhadores (Sugimori et al., 1977). Isto é, tratar os trabalhadores como seres humanos, ter em consideração os mesmos e construir um sistema que permita que estes exibam todo o seu potencial (Sugimori et al., 1977). Para Ohno, o objetivo mais importante do TPS era aumentar a eficiência da produção através da consistente eliminação de desperdícios (Sunder, 2013).

Para materialização deste sistema, a Toyota atribuiu importância especial à produção *Just-In-Time* (JIT) e ao *Jidoka* (Liker, 2004). O JIT corresponde a um método de produção desenhado para entregar os itens certos no momento certo e nas quantidades certas (Womack & Jones, 2003). O JIT ocorre no momento em que as atividades a montante acontecem minutos ou segundos antes das atividades jusante tornando possível o fluxo de peça única (Womack & Jones, 2003). JIT significa remover, tanto quanto possível, o inventário usado para proteger as operações contra problemas que possam surgir na produção e tem como fluxo ideal fazer uma peça de cada vez tem por base a taxa da procura do cliente. Ele tem como objetivo expor problemas para que as pessoas os resolvam (Liker, 2004). Este só pode funcionar eficientemente se as durações das mudanças de série forem drasticamente reduzidas, de modo que as operações de fabrico a montante produzam pequenas quantidades de cada peça e produzam outra pequena quantidade assim que a quantidade que já foi produzida for necessária para o próximo processo a jusante (Liker & Meier, 2006).

O termo *Jidoka* significa "máquinas inteligentes" e refere-se especificamente à capacidade da máquina de detetar um problema e parar sozinha (Liker & Meier, 2006). É uma tentativa de ter a máquina a trabalhar sem monitoramento humano direto e contínuo que faz soar um alerta quando deteta um problema (Liker & Meier, 2006).

É a base da filosofia da Toyota de construir com qualidade, quando há um problema, não se continua apenas com a intenção de corrigi-lo mais tarde, para-se e corrige-se o problema agora (Liker & Meier, 2006). A produtividade pode sofrer agora, mas a longo esta aumentará à medida que os problemas forem encontrados e as contramedidas postas em prática (Liker & Meier, 2006).

Os problemas de qualidade na operação de equipamentos automatizados são causados por erros humanos no carregamento, descarregamento e configuração (Sundar, Balaji, & Kumar, 2014). A implementação de sistemas de detecção de erros melhora o padrão de qualidade e reduz o tempo de inspeção do operador (Hinckley, 2007).

Quando a estabilidade do processo é estabelecida, as ferramentas do foro da melhoria contínua são necessárias para determinar a causa raiz do problema e aplicar contramedidas eficazes para reduzir essas ineficiências (Sundar et al., 2014). A Melhoria Contínua é o elemento orientado pela gestão que promove a mudança cultural no local de trabalho (Sundar et al., 2014). Esta é baseada no desejo inerente das pessoas por qualidade e valor (Berger, 1997). Mecanismos de Melhoria Contínua incluem resolução de problemas e processos e o desenvolvimento de um sistema de reconhecimento e de recompensa (Holtskog, 2013).

De acordo com Dean e Bowen (1994), melhorias na qualidade são amplamente reconhecidas com uma vantagem competitiva na economia global.

A figura 6 representa visualmente o que é o TPS.



Figura 6 - Casa TPS (Liker, 2004).

2.3 Os 7 Desperdícios de Ohno e a Adição do oitavo por parte de Liker

Segundo Ohno (1978) existem sete fontes primárias de criação de desperdícios: o excesso de produção, a espera, o transporte, o movimento, o inventário, o excesso de processamento e os defeitos. Anos mais tarde, (Liker, 2004) adicionou o desaproveitamento da criatividade dos funcionários como a oitava fonte de desperdício que não adiciona valor nos processos de fabrico.

A tabela 1 apresenta as oito fontes de desperdício atualmente reconhecidas.

Tabela 1 - Tipos de desperdício, adaptado de (Liker, 2004).

Fonte de Desperdício	Descrição
Excesso de produção	Produzir itens para os quais não há encomendas, gera desperdício em excesso de pessoal, custos de armazenamento e transporte devido ao excesso de inventário.
Espera	Trabalhadores meramente observam uma máquina automatizada ou esperam pelo próximo passo do processo produtivo, ferramenta ou material. Falta de trabalho devido a quebras de stock, atrasos de processamento de lote, tempo de inatividade de equipamentos, setups ou avarias, e gargalos de capacidade.
Transporte	Transporte de materiais, peças ou produtos acabados para dentro ou para fora do local de armazenamento ou entre processos.
Excesso de processamento	Realização de etapas desnecessárias para processar um artigo. Processamento ineficiente devido ao mau design da ferramenta e do produto, causando movimento desnecessário e produzindo defeitos. O desperdício é gerado ao fornecer produtos de maior qualidade do que o que é necessário.
Excesso de inventário	Excesso de matéria-prima, material em curso ou de produtos acabados causam um aumento no lead time, na obsolescência, nas mercadorias danificadas, nos custos de transporte e armazenamento, e no atraso. Além disso, um excesso de inventário esconde problemas como desequilíbrios de produção, entregas atrasadas dos fornecedores, defeitos, tempo de inatividade de equipamentos e longos tempos de mudança de série.

Fonte de Desperdício	Descrição
Movimento	Qualquer movimento que os funcionários tenham de executar durante o curso de seu trabalho, como procurar, alcançar ou empilhar peças e/ou ferramentas.
Defeitos	Produção de peças defeituosas. Reparo ou retrabalho, produção de substituição e inspeção significam desperdício de mão de obra, tempo e esforço.
Desaproveitamento da criatividade dos funcionários	Ocorre a perda ideias, habilidades e oportunidades de aprendizagem e melhorias por não haver um envolvimento nem ouvir os funcionários.

2.4 Princípios do Pensamento *Lean*

Como foi referido anteriormente a Toyota foi a pioneira do pensamento e da abordagem *Lean*. Contudo, o termo *Lean* só aparece pela primeira vez na literatura como uma metodologia em 1990 (Womack, Jones & Roos, 1990). Neste eram enaltecidos os métodos de produção japoneses em contraste com os tradicionais sistemas de produção em massa (Karim & Arif-Uz-Zaman, 2013).

O livro seguinte publicado pelos mesmos autores em 1996, *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Organization* surge como um marco na história do pensamento *Lean* uma vez que sumariza os princípios da filosofia e dá notoriedade à frase produção *Lean* (Karim & Arif-Uz-Zaman, 2013).

Womack and Jones (2003) identificaram cinco princípios base para uma filosofia *Lean*, sendo estes: a identificação de valor, a identificação da cadeia de valor, criar um fluxo contínuo de produção, a implementação de um sistema pull e a procura pela perfeição.

A tabela 2 apresenta os cinco princípios chave identificados pelos autores.

Tabela 2 - Os 5 princípios chave do Pensamento *Lean*.

Princípio	Descrição
Identificação do valor	<p>É o ponto de partida crítico para o pensamento <i>Lean</i> (Womack & Jones, 2003).</p> <p>Corresponde à importância dada a um produto pelo cliente refletida no seu preço de venda e na procura do mercado (Marchwinski, Shook, & Alexis, 2008).</p> <p>Womack and Jones (2003), definem valor com a correta capacidade de fornecer um produto (bem ou serviço) que</p>

Princípio	Descrição
	<p>atende às necessidades do cliente no momento certo e pelo preço certo.</p>
<p>Identificação da cadeia de valor</p>	<p>É o próximo passo no pensamento <i>Lean</i> e quase sempre expõe enormes quantidades de desperdícios (Womack & Jones, 2003).</p> <p>Womack and Jones (2003) definem o fluxo de valor como o conjunto de todas as ações específicas necessárias para levar um determinado produto a passar pelas três tarefas críticas de gestão de qualquer negócio: desde o conceito passando pelo design até ao lançamento da produção, aceitação de encomendas até à entrega das mesmas e a tarefa de transformação das matérias-primas num produto acabado.</p> <p>A análise do fluxo de valor mostrará a ocorrência de três tipos de ações: passos que criam valor, passos que não criam valor, mas impossíveis de evitar e passos adicionais que não criam valor e podem ser imediatamente evitáveis (Womack & Jones, 2003).</p>
<p>Fluxo contínuo de produção</p>	<p>Após a especificação do valor, as etapas de fluxo de criação do mesmo mapeadas e os passos que não adicionam valor eliminados procede-se para o próximo princípio: fazer com que as etapas da cadeia de valor fluam sem interrupções (Womack & Jones, 2003).</p> <p>Este fluxo ininterrupto é criado eliminando filas e paragens e melhorando a flexibilidade e a fiabilidade do processo (Sunder, 2013). Ele reduz o lead time na produção, os tempos de processamento dos pedidos e a diminuição de stock (Werkema, 2006).</p>
<p>Implementação de um sistema pull</p>	<p>Num sistema de produção Pull, as atividades a jusante sinalizam as suas necessidades às atividades a montante, nada é produzido pelo processo de fornecedor a montante até que o processo do cliente a jusante sinalize uma necessidade (Marchwinski et al., 2008).</p> <p>O cliente pede o produto quando necessário, em vez de empurrar os produtos, muitas vezes indesejados, para o cliente (Womack & Jones, 2003).</p>

Princípio	Descrição
	O Sistema Pull reage às necessidades do cliente em tempo real (Sunder, 2013).
Procura pela perfeição	<p>A perfeição é o quinto e último princípio do pensamento <i>Lean</i> (Womack & Jones, 2003).</p> <p>Não há fim para o processo de redução de esforço, tempo, espaço, custo e erros, oferecendo um produto cada vez mais próximo do que o cliente realmente deseja porque os quatro princípios iniciais interagem entre si num círculo virtuoso (Womack & Jones, 2003).</p> <p>O estímulo mais importante para a perfeição é a transparência, o fato de que, num sistema de produção <i>Lean</i>, todos podem ver tudo torna mais fácil descobrir melhores maneiras de criar valor (Womack & Jones, 2003).</p>

Karim and Arif-Uz-Zaman (2013) explicam a interligação entre os cinco princípios da seguinte forma:

Os clientes criam valor para a organização baseado nas necessidades, no preço e na rapidez de entrega dos produtos ou serviços. As informações dos clientes juntamente com a transformação de valor criam a cadeia de valor para o produto desejado. As atividades que adicionam valor ao produto criam o fluxo de produção do mesmo. Os clientes puxam os produtos dos produtores através das ordens de produção. O último princípio integra e aperfeiçoa o sistema garantindo que os quatro princípios à priori são implementados. Em conjunto estes princípios iniciam o processo de eliminação de desperdício e simplificam os processos de fabrico e suporte

Abaixo são apresentadas duas figuras que representam respetivamente a perpétua procura pela perfeição através da melhoria contínua e os objetivos de cada um dos cinco princípios bases da filosofia *Lean*.

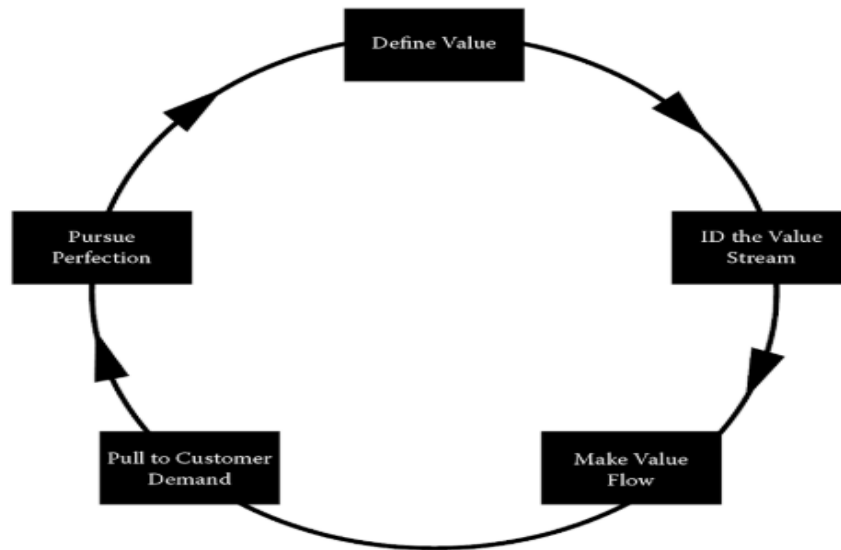


Figura 7 - Ciclo de melhoria contínua (Sproull, 2012).

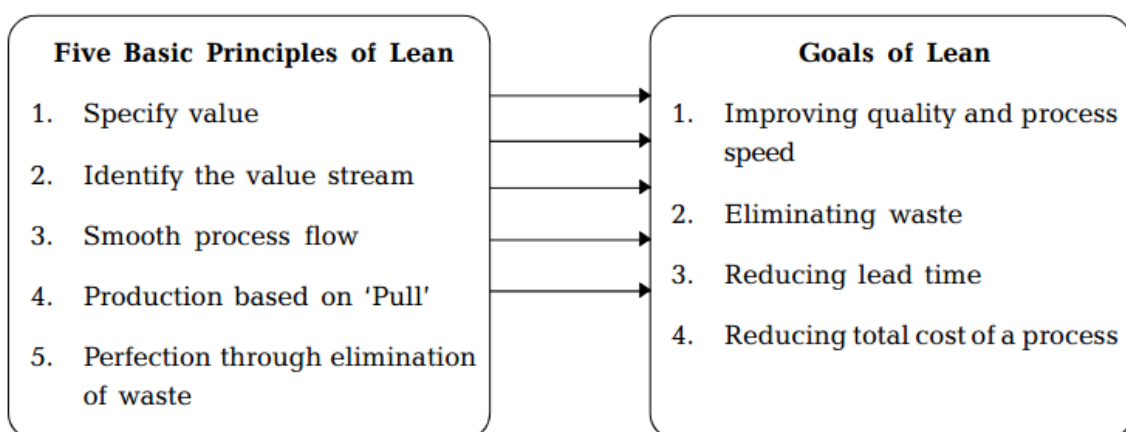


Figura 8 - Princípios e Objetivos do *Lean* (Sunder, 2013).

Womack and Jones (1997) afirmam o seguinte:

A produção em massa tem como objetivo ser bom o suficiente, isto é, aceita um determinado número de defeitos, nível de stock e apresenta pouca variedade. Fazer melhor envolve custos muito elevados ou excede as capacidades humanas. O *Lean* procura a perfeição através do processo de melhoria contínua. Tem como objetivo o decréscimo dos custos, ter zero defeitos, zero inventário e grande variedade de produtos.

A filosofia *Lean* pode ser sintetizada como a procura sistemática do valor perfeito através da eliminação de desperdícios em todos aspetos referentes aos processos de negócios das organizações (Dahlgard-Park & Bendell, 2006). A produção *Lean* identifica todo o tipo de desperdícios na cadeia de valor e implementa as ferramentas necessárias

para a sua eliminação e conseqüente minimização dos tempos de espera (Abdulmalek & Rajgopal, 2007). É definido como desperdício tudo o que interfira com o fluxo contínuo da produção (MacDuffie & Helper, 1997).

Lean corresponde à produção de bens ou serviços que minimizem os custos associados a elevados prazos de entrega, inventários ou capacidades (Hopp & Spearman, 2004). Requer um elevado foco no elemento de valor de todos os produtos e serviços e um entendimento detalhado das operações de negócio (Dahlgaard-Park & Bendell, 2006).

Atualmente os clientes exigem produtos de elevada qualidade, a preços razoáveis e com um tempo de resposta reduzido. As empresas devem implementar uma filosofia *Lean* e uma produção baseada no cliente de forma a ir de encontro às suas exigências. Ser capaz de evoluir na indústria em diferentes níveis operatórios significa que os trabalhadores devem ser capazes de superar as expectativas para o seu desempenho a cada dia. Para tal torna-se necessário haver uma estrutura estável e viável para suportar esses desempenhos (Boran & Ekincioğlu, 2017).

A implementação de um sistema de produção *Lean* envolve mudanças culturais nas organizações, novas abordagens ao produto e ao serviço dos clientes e um elevado grau de treino e educação dos funcionários desde a gestão de topo até ao chão de fábrica (Sim & Rogers, 2009). A incorreta aplicação de estratégias *Lean* resulta numa ineficiência de recursos da organização e na redução da confiança dos colaboradores nas mesmas (Marvel & Standridge, 2009). Por essa razão, a aplicação da estratégia certa, no tempo certo e com a finalidade certa é muito importante (Karim & Arif-Uz-Zaman, 2013).

Apesar do grande potencial das estratégias *Lean* para melhorar o desempenho, têm surgido vários relatórios de insucessos na implementação das mesmas devido a uma dificuldade em saber como adaptar as ferramentas a ambientes específicos (Tiwari, Turner, & Sackett, 2007). O sucesso de qualquer estratégia depende das características da organização onde será implementada, o que implica que as organizações não devem todas usar as mesmas estratégias, mas sim adaptar ao seu caso particular (Shah & Ward, 2003).

2.5 Metodologia SMED

2.5.1. Origem do SMED

As práticas e ferramentas de produção *Lean* têm sido frequentemente usadas para reduzir desperdícios e ir de encontro aos requerimentos dos clientes quer na quantidade desejada como no tempo de entrega certo, procurando assim ganhar vantagem competitiva sobre a sua competição direta (Rüttimann, 2017). A forma mais efetiva de a alcançar é aumentar a flexibilidade através da produção de lotes mais pequenos (Costa, Gouveia, Silva, & Campilho, 2018). No entanto esse tipo de produção tende a levar para um aumento na frequência de *setups* (Costa, Bragança, Sousa, & Alves, 2013;

Schonberger, 2007). Por essa razão as empresas devem encontrar uma forma de reduzir os tempos de *setup*, eliminar desperdícios e limitar atividades que não acrescentam valor (Sousa et al., 2018). Uma troca de série eficiente é, portanto, um elemento importante que suporta o controlo do processo de produção no chão de fábrica da indústria. Revela-se ainda mais importante se a procura for complexa (Allahverdi & Soroush, 2008).

O SMED foi desenvolvido nos anos 50 por Shigeo Shingo, um engenheiro industrial da Toyota, e o seu principal objetivo era minimizar os tempos de *setup* (Ahmad & Soberí, 2018). Este foi a proposta do mesmo para reduzir os gargalos causados pelas prensas de estampagem da Toyota (Dillon & Shingo, 1985). O seu desenvolvimento surgiu em três etapas. A primeira etapa ocorreu em 1950 na Mazda Toyo Kogyo em Hiroshima e baseado na análise de um estudo de tempo e vídeo realizado, Shingo identificou e classificou dois tipos de *setup*: *setup* interno e *setup* externo (Dillon & Shingo, 1985). Numa segunda etapa, em 1957 também em Hiroshima, mas neste caso na Mitsubishi Heavy Industries, foi proposto a duplicação de ferramentas como medida de redução do tempo de *setup*. Por fim em 1969, na Toyota Motors Company, foi proposto a Shingo reduzir o tempo de preparação de prensa, operação que na altura a Toyota fazia 4 horas enquanto que o seu concorrente direto Volkswagen fazia em 2 horas. Numa primeira instância Shingo reduziu o tempo de preparação para 90min e mais tarde após a conversão de tarefas internas em tarefas externas foi capaz de diminuir o tempo de preparação para apenas 3 min (Shingo, 2000).

O SMED é essencialmente uma metodologia de análise e melhoria do tempo perdido nas mudanças de série de fabrico devido à execução de *setups*. Na sua definição original defende que as mudanças de ferramentas a realizar numa linha de produção devem ser completas em menos de 10 min garantindo assim a sua representação por apenas um único dígito no campo dos minutos. Foca-se na análise, sistematização e normalização das tarefas realizadas pelo operador da máquina ou equipa da linha. Uma correta implementação do SMED irá assegurar maior flexibilidade e resultará numa melhoria no fluxo de produto na área de fabrico (Dave & Sohani, 2012).

2.5.2. Definição do tempo de *setup*

Tal como foi referido anteriormente o SMED é uma ferramenta utilizada para a análise dos *setups* que ocorrem durante as mudanças de série. No entanto é preciso primeiro saber como definir esse tempo de *setup*. O tempo de *setup* é definido como o período desde o momento em que o último produto bom da ordem de produção anterior sai da máquina e o primeiro produto bom da ordem de produção seguinte é produzido (Gest, Culley, McIntosh, Mileham, & Owen, 1995; Coimbra, 2009). O tempo de *setup* é definido como o tempo necessário para configurar um determinado sistema de produção para executar um produto diferente com todos os requisitos (Sousa, Lima, Carvalho, & Alves, 2009; Díaz-Reza et al., 2016).

Os tempos de *setup* são um típico exemplo de desperdício, uma vez que correspondem a uma atividade que não adiciona valor que acarreta despesas ocultas (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002).

Uma mudança de estilo começa com um período de desaceleração prévio ao início do período de configuração da máquina seguindo-se posteriormente um período de aceleração da mesma (Bajpai, 2014).

O período de desaceleração corresponde ao tempo em que a produção atual deixa a primeira máquina na linha e a capacidade cai e estende-se até ao momento em que a produção atual deixa a última máquina da mesma (Bajpai, 2014). McIntosh, Culley, Mileham e Owen (2000) definem o período de aceleração como o tempo até o estado de fabrico constante da nova produção ser gradualmente restabelecido com taxas de produtividade e qualidade ótimas.

Perdas de produção ocorrem enquanto a linha está parada e são suscetíveis a ocorrerem durante o período onde a linha está a ser reiniciada pois apresenta um desempenho abaixo do ideal (McIntosh, Owen, Culley, & Mileham, 2007). Um estudo na Universidade de Bath, indica que é frequente o período de aceleração representar um papel principal nas perdas ocorridas nas mudanças de série (Eldridge et al., 2002).

A figura 9 apresenta de forma visual a variação de eficiência que ocorre numa máquina durante o período de transição do produto A para o produto B.

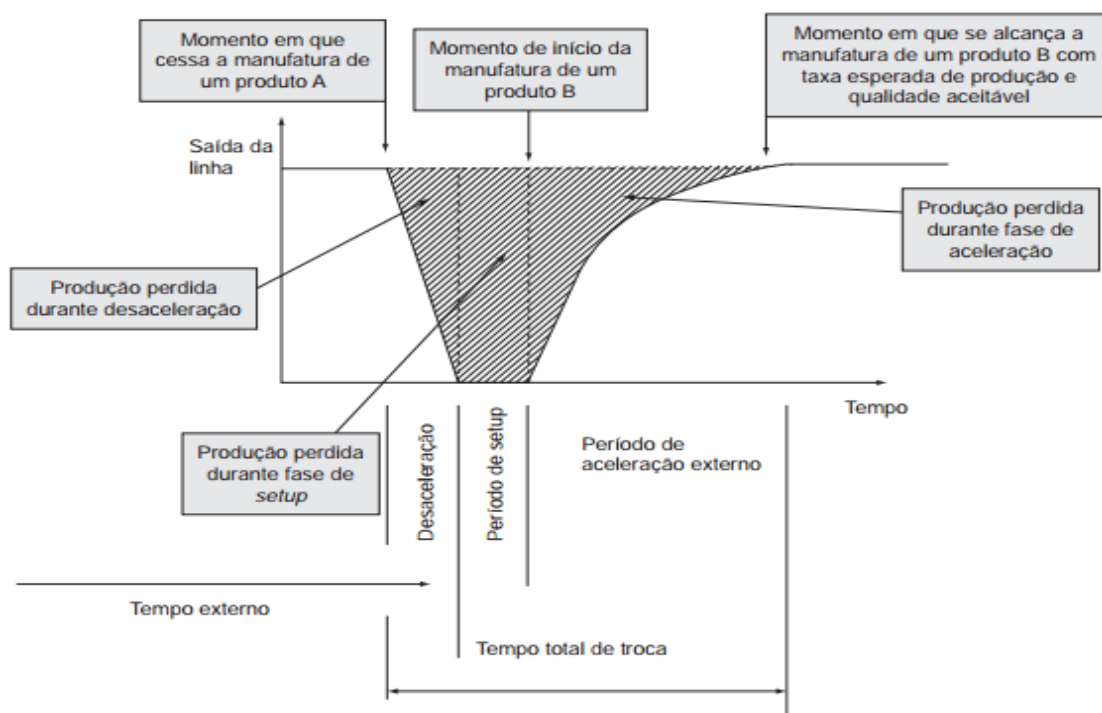


Figura 9 - Eficiência durante uma mudança de série (McIntosh, Culley, Mileham, & Owen, 2001).

Após definir o que era tempo de *setup*, Shingo segregou-o em 4 passos distintos nomeadamente: preparação dos materiais e ferramentas, que corresponde a 30% do tempo total de *setup*, colocação e remoção de materiais e ferramentas, que representa

5% do tempo total de *setup*, medições e ajustes, que equivale a 15% do tempo total de *setup* e por fim testes e afinações finais que constituem os restantes 50% do tempo total de *setup* (Shingo & Dillon, 1989).

2.5.3. Etapas da implementação do SMED

A implementação da metodologia SMED segue, portanto, as seguintes etapas: estudo da situação atual, classificação e separação das tarefas internas das tarefas externas, transformação de tarefas internas em tarefas externas, otimização das tarefas internas e otimização das tarefas externas.

Na primeira etapa, estudo da situação atual, procura-se fazer uma análise aos procedimentos operacionais atuais e às condições na área de trabalho. Recorre-se a uma câmara de vídeo para filmar e registar todas as ações a realizar durante uma mudança de série. É importante filmar individualmente cada trabalhador que atua na mudança de série bem como avisar previamente da necessidade de estes serem filmados e seguidos. Ocorre um envolvimento com os colaboradores que atuam nas linhas na forma de entrevistas e questionários no sentido de entender as suas dificuldades e recolher possíveis sugestões de melhorias. Após as filmagens procede-se à análise das mesmas, decompõem-se o processo de mudança e regista-se numa folha de cálculo a sequência de ações realizadas pelos colaboradores bem como o tempo gasto em cada ação. Através dessa decomposição de ações é possível identificar movimentações desnecessárias. Procede-se ao sequenciamento e distribuição das tarefas por cada trabalhador procurando alcançar um equilíbrio. Nesta etapa ocorre também uma recolha e tratamento de dados relativos aos *setups* a estudar, isto é, é feito um acompanhamento histórico dos tempos de mudança de forma a estabelecer um tempo médio de *setup* e poder definir um tempo objetivo.

Teoria e prática atuais em relação às técnicas de SMED ainda são centradas no conceito original desenvolvido por Shingo (1985) na década de 1950 e na década de 1960 (Moxham, & Greatbanks, 2001). Com base na análise dum estudo de vídeo Dillon e Shingo (1985) identificaram que durante a realização de um *setup* ocorriam dois tipos de *setups* distintos: *setup* interno e *setup* externo. Todas as atividades de mudança de série que não interferem diretamente com o equipamento e que podem ser realizadas sem interromper a produção são designadas como atividades externas enquanto que as ações que implicam uma paralisação no funcionamento do equipamento são descritas como atividades internas (Sousa et al., 2018). A correta separação dos dois é fundamental para uma redução nos tempos de *setup* (Rosa, Silva, Ferreira, & Campilho, 2017).

Na segunda fase procura-se então fazer a distinção entre o que pode ser feito antes e o que pode ser feito depois da mudança de série. Feita a diferenciação entre os dois tipos de tarefas o passo seguinte passa pela transformação, sempre que possível, das tarefas internas em tarefas externas. Uma vez que a etapa anterior pode não ser suficiente para

atingir a percentagem pretendida de redução no tempo de *setup*, é crucial haver uma reavaliação de todas as atividades classificadas como atividades internas e estudar a possibilidade de estas passarem a ser atividades externas. O objetivo desta etapa consiste em realizar o máximo de operações externas com a máquina em funcionamento, nomeadamente enquanto está a produzir o artigo anterior, diminuindo assim o seu tempo de paragem. É necessário compreender a finalidade de cada atividade de forma a entender se estas podem ser feitas antes da paragem da máquina ou depois de esta retomar o seu funcionamento. Constitui a fase mais importante da metodologia, uma vez que é nesta etapa que se implementam as mudanças que visam reduzir o tempo de *setup*. As mudanças mais comuns envolvem uma preparação antecipada das novas condições de trabalho através do uso de pré-ajustes, pré-aquecimentos e pré-montagens. Almonani declarou que nesta fase também poderão ocorrer alterações aos equipamentos para possibilitar a melhoria dos *setups* (Almoman, Aladeemy, Abdelhadi, & Mumani, 2013). Esta fase promove reduções entre 30 a 50% no tempo de mudança de série.

O ponto seguinte da metodologia tem como objeto de estudo as atividades internas. Esta fase promove a redução do tempo das tarefas internas através da simplificação, otimização e padronização das mesmas com o objetivo de reduzir ou eliminar, o trabalho interno que não foi possível transformar em externo na etapa anterior. Para tal são introduzidas alterações potenciadoras de melhoria com baixo custo associado. Essas alterações podem ser alterações de métodos de trabalho, de equipamentos ou de afetação de meios, humanos e materiais. Nesta fase é comum como medida a implementar promover o trabalho em paralelo, dando importância à realização de tarefas em simultâneo e ao equilíbrio de tarefas entre os diferentes colaboradores sendo fundamental haver sessões de formações para instruir os mesmos sobre o novo método de trabalho. Deve-se substituir parafusos por fixadores rápidos e eliminar a necessidade de ajustes, para tal recorre-se a sistemas anti erro, através do auxílio de marcas de referência, do uso de guias e do uso de sistemas pneumáticos para facilitar os ajustes. Recomenda-se a estandardização da forma e do tamanho dos elementos a serem substituídos na mudança para a sua rápida inserção e remoção e a realização de verificações de estado das ferramentas e acessórios a utilizar.

Por fim a última etapa da metodologia atua unicamente sobre as atividades externas. Nesta etapa procura-se simplificar as tarefas realizadas com a máquina já em funcionamento. Apesar das atividades externas não afetarem o tempo de paragem das máquinas estas não são isentas de consumos, elas gastam recursos das áreas de suporte, sendo por essa razão alvo de ações de melhoria. Como medidas a implementar encontram-se a eliminação, redução e/ou simplificação de transportes e movimentos com recurso a kits de ferramentas e carros dedicados para *setups*. Um melhor armazenamento e posicionamento das ferramentas, materiais e documentos necessários para a realização do *setup* são os aspetos básicos que permitem uma diminuição do tempo de preparação da mudança. A implementação dos 5S nas áreas de suporte e de trabalho têm um papel fundamental.

A figura 10 representa a evolução que ocorre em cada passo da metodologia SMED durante a sua aplicação.

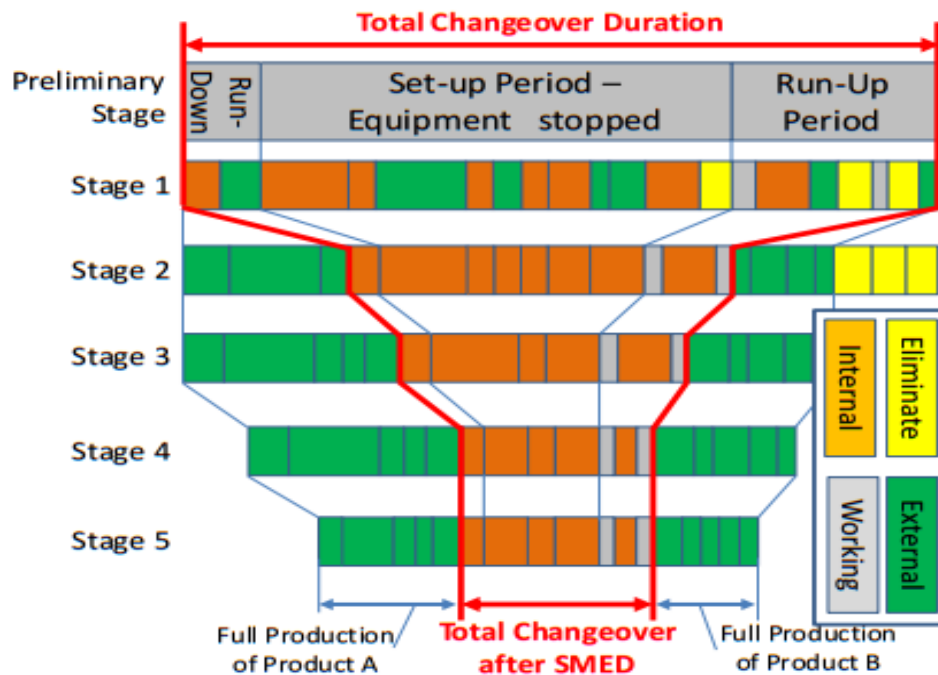


Figura 10 - Evolução do tempo de setup durante o SMED (Ferradás & Salonitis, 2013).

2.5.4. Importância dos 5S's para o SMED

Conforme se verificou durante a descrição das etapas de implementação do SMED a arrumação e posicionamento das ferramentas constituem um papel de elevado relevo durante uma mudança de série. Aquando da execução de um *setup* deve-se evitar usar as ferramentas erradas, fazer movimentos desnecessários e perder tempo à procura das ferramentas. Essas regras encontram-se intimamente relacionadas com a aplicação da metodologia 5S.

A metodologia dos 5S foi desenvolvida por Hiroyuki Hirano no Japão, nomeadamente nos anos 80, e é uma das ferramentas que segue a filosofia *Lean* (Costa, Ferreira, Sá, & Silva, 2018). O seu nome corresponde ao acrónimo de cinco palavras japonesas que correspondem aos cinco passos da metodologia: Seiri (separação), Seiton (organização), Seiso (limpeza), Seiketsu (normalização) e Shitsuke (disciplina) (Patel & Thakkar, 2014; Jiménez, Romero, Domínguez, & del Mar Espinosa, 2015).

A metodologia 5S constitui a base para a implementação de qualquer atividade de melhoria *Lean* (Costa, Ferreira, Sá, & Silva, 2018). Os 5S são uma metodologia que permite criar e manter um local de trabalho organizado, limpo, altamente eficaz e de alta qualidade, é uma ferramenta para ajudar na análise dos processos que neste ocorrem (Michalska & Szewieczek, 2007). Consiste numa técnica de limpeza visual que pressupõe um cumprimento de cinco atividades para criar uma estação de trabalho que

seja adequada para a realização de um controlo visual e execução de práticas *Lean* (Melton, 2005). O resultado da sua implementação é a organização efetiva do local de trabalho, eliminação de perdas relacionadas com falhas e melhoria na qualidade e segurança do trabalho (Karkoszka & Szewieczek, 2007). As melhorias da aplicação da metodologia estendem-se à qualidade, segurança e higiene (Ho, 1999). O método permite a melhoria do desempenho do sistema, uma vez que ajuda a reduzir o tempo necessário para adicionar valor; que sua vez, promove um aumento na produtividade e melhoria na qualidade do produto (Omogbai & Salonitis 2017).

A tabela 3 apresenta o que acontece em cada fase da metodologia.

Tabela 3 - Fases de implementação da metodologia 5S.

Metodologia 5S	Descrição
<p>1S - Seiri</p>	<p>Diz respeito à prática de separar todas as ferramentas e materiais da área de trabalho e guardar apenas o essencialmente necessário (Michalska & Szewieczek, 2007). O objetivo é identificar todos os itens desnecessários e separá-los dos que não usadas diariamente (Filip & Marascu-Klein, 2015).</p> <p>Com a realização desta separação pode-se facilmente identificar os materiais, ferramentas, equipamentos e informações necessárias para a realização das tarefas (Michalska & Szewieczek, 2007).</p> <p>Esta prática proporciona uma redução nos perigos e riscos do trabalho, um decréscimo na desordem que influencia o trabalho produtivo do colaborador, ajuda a manter um local de trabalho limpo, aumenta a eficiência na procura e na receção de coisas e reduz o tempo de execução da operação (Michalska & Szewieczek, 2007).</p> <p>As vantagens de implementar o primeiro S são a melhoria de processos via redução de custos, o decréscimo de stock, um melhor uso da área de trabalho e a prevenção de perda de ferramentas (Peterson & Smith, 2019).</p>
<p>2S - Seiton</p>	<p>A segunda etapa, Seiton, foca-se na necessidade de ter o local de trabalho organizado sendo para tal necessário definir um local para cada coisa e assegurar que cada coisa está no seu local destinado (Michalska & Szewieczek, 2007).</p> <p>Ferramentas, equipamentos e materiais devem ser sistematicamente organizados de forma a terem o acesso mais fácil e eficaz possível (Michalska & Szewieczek, 2007). A</p>

Metodologia 5S	Descrição
	<p>etapa é executada para reduzir o tráfego de funcionários existente na procura de ferramentas e para eliminar a ocorrência de erros na qualidade dos produtos identificando corretamente as ferramentas (Rewers, Trojanowsk, & Chabowski, 2016)</p> <p>As vantagens de implementar o segundo S são a melhoria de processos através do aumento de eficácia e eficiência, a redução do tempo de procurar de coisas necessárias (materiais e ferramentas) e uma melhoria na segurança (Peterson & Smith, 2019).</p>
<p>3S - Seiso</p>	<p>Diz respeito à limpeza de toda a área e dos equipamentos de modo a garantir que se mantêm as melhores condições de higiene e segurança no local de trabalho (Filip & Marascu-Klein, 2015).</p> <p>O primeiro passo para a realização do terceiro S é a renovação do espaço de trabalho, a primeira limpeza do mesmo força a verificação do uso dos S's anteriores (Michalska & Szewieczek, 2007).</p> <p>Uma limpeza regular permite identificar e eliminar fontes de desordem e manter o local de trabalho aseado (Michalska & Szewieczek, 2007).</p> <p>Esta etapa permite identificar e eliminar as causas de poluição bem como verificar o estado dos equipamentos (Rewers, Trojanowsk, & Chabowski, 2016).</p> <p>As vantagens de implementar o terceiro S são o aumento de eficiência das máquinas, a manutenção da limpeza dos equipamentos, a manutenção da limpeza do espaço de trabalho e fácil verificação da mesma, a melhoria do ambiente de trabalho, um rápido fluxo de informação sobre potenciais danos e a eliminação de causas potenciadoras de acidentes (Peterson & Smith, 2019).</p>
<p>4S - Seiketsu</p>	<p>A normalização constitui o primeiro passo para a manutenção dos primeiros 3Ss implementados (Costa, Ferreira, Sá, & Silva, 2018). O objetivo é criar procedimentos padronizados durante toda a operação, para que os operadores possam sempre executar as suas tarefas diárias da mesma maneira (Chi 2011).</p>

Metodologia 5S	Descrição
	<p>Este processo de normalização proporciona controlo e consistência sobre as práticas de trabalho, normas básicas de higiene de casa são aplicadas em toda a fábrica e são parte das rotinas de trabalho diário tendo todos os colaboradores noção das suas responsabilidades (Michalska & Szewieczek, 2007).</p> <p>As vantagens de implementar o quarto S são o aumento da segurança no trabalho, a redução da poluição provocada pela indústria e a elaboração dos procedimentos que definem o curso dos processos (Peterson & Smith, 2019).</p>
<p>5S - Shitsuke</p>	<p>As três primeiras fases são operacionais; a quarta fase mantém o estado alcançado pelas fases anteriores, e a quinta fase promove um compromisso com a melhoria contínua (Jiménez, Romero, Domínguez, & del Mar Espinosa, 2015).</p> <p>Esta etapa irá exigir dos colaboradores a autodisciplina relacionada com a implementação e obediência das regras de regularidade de limpeza e arrumação (Michalska & Szewieczek, 2007).</p> <p>É uma etapa difícil e longa, porque obriga a uma mudança de hábitos por parte dos trabalhadores e da gestão (Rewers, Trojanowsk, & Chabowski, 2016).</p> <p>A implementação da ideia dos 5S's apresenta como resultados um aumento da consciencialização dos colaboradores, a diminuição dos produtos e processos não conformes, melhorias na comunicação interna e consequentemente uma melhoria nas relações humanas (Michalska & Szewieczek, 2007).</p> <p>Esta metodologia não requer um investimento avultado e surge também como o primeiro passo para fomentar nos colaboradores uma sensação de posse em relação ao local de trabalho (Rewers, Trojanowsk, & Chabowski, 2016).</p>

A figura 11 apresenta graficamente os 5S's e os seus benefícios tal como foi acima descrito.

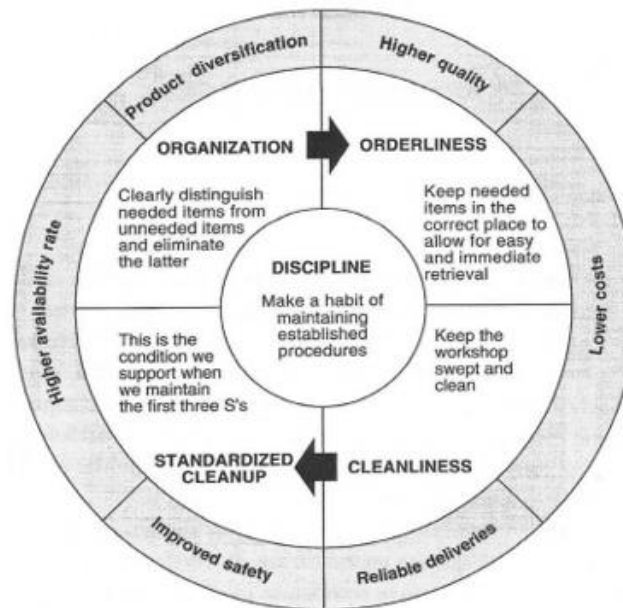


Figura 11 - Etapas da abordagem dos 5S's (Hirano, 1995).

2.5.5. Impacto do SMED no OEE

A manutenção tornou-se mais desafiante no atual ambiente dinâmico de negócios (Gupta & Garg, 2012). É considerada uma das decisões estratégicas mais importantes na gestão de operações (Heizer & Render, 2009; Krawjeski & Ritzman, 2002; Russell & Taylor, 2009).

Em resposta a problemas de manutenção encontrados no ambiente de fabrico, os japoneses desenvolveram e introduziram em 1971 o conceito de Total Productive Maintenance (TPM) (Gupta & Garg, 2012). O TPM é um sistema de manutenção definido por Nakajima que abrange toda a vida útil dos equipamentos de todos os departamentos, incluindo o planeamento, área de fabrico e a manutenção (Nakajima, 1988).

Corresponde a um conjunto de técnicas que têm como objetivo garantir que cada máquina num processo de produção seja capaz de executar as suas tarefas (Marchwinski et al., 2008). Um dos principais objetivos do TPM é eliminar ou minimizar todas as perdas relacionadas com o sistema de manufatura de modo a melhorar a eficácia geral da produção (Oliveira, Sá, & Fernandes, 2017).

É uma abordagem denominada total em três sentidos porque (Marchwinski et al., 2008):

1. Requer a participação total de todos os funcionários
2. Procura a produtividade total do equipamento concentrando-se nas seis principais perdas que afetam o equipamento: avarias, mudanças de série de

fabrico, pequenas paragens, perdas de velocidade, perdas de arranque e retrabalho.

3. Aborda o ciclo de vida total do equipamento para rever as práticas de manutenção, atividades e melhorias em relação ao local onde o equipamento está no seu ciclo de vida

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um indicador de manutenção produtiva total que mede a eficiência com que um equipamento está a ser usado (Marchwinski et al., 2008). Uma das principais razões para a sua ampla aplicação entre investigadores e profissionais deve-se ao facto de ser uma medida simples e abrangente de classificar a eficiência interna (Hedman, Subramaniyan, & Almström, 2016). O OEE mede a eficiência do equipamento em estudo através da identificação de restrições e como estas o afetam (Stamatis, 2010). O OEE pode ser usado como um indicador da fiabilidade da rede de produção (Ahuja & Khamba, 2008). Uma comparação entre as medidas de OEE esperadas e as atuais, fornece às organizações informações crucias para promover uma melhoria na política de manutenção e desenvolvimento de projetos de melhoria contínua nos seus sistemas de manufatura (Oliveira, Sá, & Fernandes, 2017).

Segundo Stamatis (2010) o OEE divide o desempenho de uma unidade de fabrico em três componentes separados, mas mensuráveis: disponibilidade, desempenho e qualidade descrevendo-os da seguinte forma:

- O indicador disponibilidade representa a percentagem de tempo planeado que uma máquina está disponível para operar e produzir peças. É uma medição pura de tempo de atividade projetada para excluir os efeitos de eventos de qualidade, desempenho e tempo de inatividade agendado.
- O indicador desempenho representa a percentagem de velocidade na qual a máquina funciona tendo em conta a sua velocidade projetada. É uma medida pura de velocidade projetada para excluir os efeitos de Qualidade e Disponibilidade.
- O indicador qualidade representa a percentagem de peças boas produzidas, isto é, dentro das especificações, por uma máquina em relação ao total de unidades produzidas. É uma medida pura do rendimento do processo que é projetada para excluir os efeitos de disponibilidade e desempenho.

A processo de mudança de série é uma das atividades mais demoradas, que não adicionam valor, e que têm mais impacto no OEE das diferentes estações de trabalho (Braglia, Frosolini, & Gallo, 2017). Através da redução dos tempos de mudança de série é expectável que o OEE do equipamento em questão aumente (Cakmakci, 2009; Meredith Belbin, 2011; Joshi & Naik, 2012).

2.5.6. Diagramas de fluxo e de esparguete e o seu papel no mapeamento de processos

Segundo Gonçalves (2000) um processo é qualquer atividade ou conjunto de atividades que toma um input, adiciona valor a ele e fornece um output a um cliente específico. Um processo corresponde a um grupo de atividades realizadas numa sequência lógica com o objetivo de produzir um bem ou um serviço que tem valor para um grupo específico de clientes (Hammer e Champy, 1994). Os processos utilizam os recursos da organização para oferecer resultados objetivos aos seus clientes (Harrington, 1991).

Campos (1992), afirma que o fluxograma de processo é fundamental para a padronização e posterior entendimento do processo. Ele facilita a visualização ou identificação dos produtos produzidos, dos clientes e fornecedores internos e externos do processo, das funções, das responsabilidades e dos pontos críticos (Pinho, Leal, Montevechi, & Almeida, 2007). É a representação gráfica da sequência dos passos necessários para produzir um determinado produto, serviço ou informação (Juran & Godfrey, 1999). Um fluxograma traça o fluxo de informação, pessoas, equipamentos, ou materiais através das várias partes do processo (Pinho, Leal, Montevechi, & Almeida, 2007). Estes podem ainda servir para descrever as unidades de produção com informação visual que facilite a identificação de desperdícios ao nível do inventário e de transportes de material (Sá, Carvalho, & Sousa, 2011).

Tapping and Shuker (2010), caracterizam o diagrama de esparguete como um diagrama de fluxo que utiliza diferentes linhas contínuas para traçar o caminho de um determinado processo, sendo esta ferramenta ideal para estudar o melhor processo possível para tornar a operação mais simples e eficiente.

O diagrama de esparguete ajuda a identificar desperdícios que não seriam possíveis de ser identificadas sem o auxílio do mesmo (Chiarini, 2013). Estes diagramas são especialmente eficazes na identificação de desperdícios de movimentos e transportes (Dinis-Carvalho et al., 2015), estes ajudam a identificar o fluxo e a calcular a distância que as pessoas e o material percorrem (Chiarini, 2013). O seu nome resulta da semelhança existente entre o mesmo e uma tijela de esparguete (Feld, 2000).

Analisando o resultado do diagrama de esparguete, podemos identificar movimentos ineficientes e áreas ineficazes, eliminar o número de funcionários e fazer alterações na organização do trabalho ou no layout da estação de trabalho (Senderská, Mareš, & Václav, 2017). Uma vez feito um esparguete de referência pode-se focar as atividades de melhoria de processo nos elementos destacados pelo mesmo (Kanaganayagam, Muthuswamy, & Damodaran, 2015). Em última análise, esse esparguete de referência permite comparação entre o que acontecia no passado e o que se pretende no futuro para determinar a eficácia das implementações sugeridas para melhorar o processo (Kanaganayagam, Muthuswamy, & Damodaran, 2015).

Com o recurso a diagramas de esparguete (Chiarini, 2013) identificou desperdícios de movimentação num hospital público italiano. Com uma melhoria no circuito logístico a efetuar e com a realocação para novas zonas de alguns escritórios e doutores o hospital

diminui o tempo de espera dos pacientes que necessitam de ser hospitalizados de 330 para 230 min e dos que não necessitam de 330 para 200 min e obteve também uma poupança de 650 euros por dia, o que resultará numa poupança anual de 237 500 mil euros em custos de transporte.

Recorrendo a diagramas de esparguete (Cordeiro, 2019) analisou a atividade realizada com maior frequência no departamento de manutenção da unidade industrial em estudo e em conjunto com o responsável escrutinaram o fluxo de atividades atuais. Juntos criaram um *layout* que tivesse em consideração e favorecesse a atividade em estudo. O novo *layout* colocou uma bancada mais próxima das máquinas de usinagem e realocou uma prensa centralizando assim os serviços numa parte da oficina. Com essas medidas obteve-se uma redução de 66 metros na movimentação de pessoas e peças e uma redução de 1,7 horas da atividade manutenção da proteção do britador, que é a que ocorre com maior frequência. Estas reduções permitiram aumentar atividades que adicionam valor por parte da manutenção de 65% para 80%.

Vieira (2017) serviu-se do diagrama de esparguete para identificar os transportes e as movimentações realizadas das atividades que estavam sob estudo. Durante a análise do mesmo, ele verificou que o processo de fabrico das peças não favorece o fluxo contínuo das atividades sendo necessário produzir grandes lotes de forma a minimizar os desperdícios em transportes. Após o redesenho do layout e da criação de uma nova linha de acabamento e montagem a distância a percorrer para as peças polidas passou de 123,4 metros para 17,4 metros enquanto que a distância a percorrer para as peças de pintura passou 186,5 metros para 164,5 metros. Com a mudança de layout também foi possível eliminar 100% das atividades das peças polidas que não criavam valor.

2.5.7. Vantagens e dificuldades do SMED

Conforme referido anteriormente, na época da produção em massa o foco da produção era em produzir o maior número de unidades possíveis com o objetivo de potencializar ao máximo a configuração existente da máquina, sendo esse tipo de pensamento responsável por criar muito stock. A quantidade ideal a produzir em cada lote era obtida quando o custo relativo ao inventário do material equivalesse ao custo de paragem do equipamento durante as mudanças de séries (Min & Pheng, 2007).

A metodologia SMED atua sobre o assunto da redução de tempo na preparação, troca e afinação de equipamentos e das ferramentas associadas a essas trocas (Pinto, 2014). O SMED é uma ferramenta do pensamento *Lean* que ajuda a maximizar o valor do produto através da redução dos tempos de *setup* e melhoria dos seus processos (Dillon & Shingo, 1985). Alguns investigadores afirmam ser fácil de atingir reduções de 70% e até 90% (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002; Das, Venkatadri, & Pandey, 2014; Faccio, 2013).

Requisitos importantes para garantir uma aplicação bem-sucedida da metodologia SMED são: ter um sólido conhecimento dos aspetos técnicos intrínsecos dos equipamentos e ferramentas, saber o modo como o trabalho é organizado, quem faz o quê e quando, bem como entender o método de trabalho propriamente dito (Ribeiro, Braga, Sousa, & Silva, 2011). Existem três razões principais que justificam o porquê da realização de iniciativas de redução de tempos de *setup* serem apropriadas para qualquer empresa, sendo elas: o aumento da flexibilidade derivada da realização de mais trocas de série e da redução dos tamanhos dos lotes, o aumento das capacidades de gargalo que maximiza a disponibilidade da linha para a produção e por último para minimizar os custos, isto porque os custos de produção estão relacionados com a eficácia dos equipamentos (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002). Finda a necessidade de produzir lotes maiores, a empresa pode assim produzir de forma mais económica, nomeadamente de acordo com os dados históricos referentes à sua procura. Outros benefícios incluem uma redução do desperdício nas linhas de produção, o aumento da eficiência das máquinas e da eficiência global da fábrica, a redução de stocks promove um uso mais eficiente do espaço físico, e uma melhor qualidade de manutenção (Dillon & Shingo, 1985; Ani, Norzaimi, Shafei, & Solihin, 2014). A simplificação de tarefas melhora as condições de segurança no trabalho, elimina a necessidade de trabalhadores qualificados e baixa o nível de habilidade necessário, a standardização reduz o número de ferramentas necessárias e promove um espaço de trabalho mais simplificado e organizado (Dillon & Shingo, 1985). O SMED reduz o tempo não produtivo ao simplificar e padronizar as operações de mudança de série usando técnicas simples e de fácil aplicação (Boran & Ekincioglu, 2017).

Tal como foi possível verificar, a introdução do pensamento *Lean* e nomeadamente, a implementação da metodologia SMED traz muitos benefícios para as empresas que promovam esse tipo de iniciativas não havendo, no entanto não existem apenas aspetos positivos para referir sobre as mesmas. Embora o SMED seja conhecido há mais de 25 anos e de serem reportados muitos exemplos de iniciativas de sucesso, um número relativo de empresas têm falhado na sua implementação, sendo muito poucos os estudos apresentados sobre essas iniciativas falhadas e as causas inerentes (Ferradás & Salonitis, 2013). Segundo McIntosh et al. (2000), uma possível causa de falha pode ser a aplicação rigorosa da metodologia SMED. A informação existente sobre o SMED é escassa e o processo não refere ações específicas para o implementar o que pode resultar num descuido e perder oportunidades de melhoria (Sabadka, Molnar, & Fedorko, 2017; Desai, 2012). Verifica-se uma falta substancial de ferramentas de análise para apoiar a implementação do SMED (Braglia et al., 2017).

Apesar do SMED ser promovido como um método prático para a redução dos tempos de mudança de série, este não é um método genérico para ser aplicado em todos os casos sendo que o SMED convencional só pode ser aplicado em sistemas compostos por uma máquina e um colaborador (Ahmad & Soberi, 2018; Van Goubergen, 2008). O método SMED atua sobre mudanças de série realizadas por um operador numa máquina enquanto que na prática existe a necessidade de implementação de iniciativas de redução de tempos de *setup* em linhas de fabrico formadas por múltiplas máquinas e

controladas por vários colaboradores (Sherali, Van Goubergen, & Van Landeghem, 2008). Na metodologia SMED as melhorias são apenas direcionadas para as máquinas reduzirem os tempos de *setups* sendo que, no entanto, a maioria das atividades envolvem operadores, a falta de consideração e motivação destes é uma falha grave desta metodologia (Boran & Ekincioglu, 2017; Cakmakci & Karasu, 2007). Ao longo da literatura é possível verificar que as iniciativas SMED não dão atenção adequada ao desempenho das equipas que realizam as trocas de série (Ferradás & Salonitis, 2013). Os recursos humanos são o recurso mais valioso de qualquer empresa, mas nem sempre os mais valorizados, o sucesso da aplicação de ferramentas *Lean* constituem uma mudança de paradigma, hábitos e rotinas sendo fundamental haver comunicação, formação e motivação (Araujo, Santos, da Costa, & Sá, 2019; Courtois, Pillet, & Martin-Bonnefous, 2003). O treino e formação que os colaboradores recebem reduz a hesitação e a probabilidade de erro dos mesmos, o seu treino e motivação assumem um papel fulcral no caminho do sucesso (Gest et al., 1995; Van Goubergen, & Van Landeghem, 2002).

Tal como tem sido referido ao longo deste documento, as iniciativas *Lean*, fundamentalmente, priorizam a eliminação de desperdícios e a simplificação de tarefas. Como tal os processos *Lean* tornam os trabalhos altamente repetitivos e eliminam tempo de descanso crítico para os trabalhadores (Kester et al., 2013). Os trabalhos repetitivos afetam os corpos dos operadores à medida que forças elevadas e posturas stressantes são repetidas durante o decorrer do dia (Kester et al., 2013). Ulutas (2011) verificou a existência de problemas relacionados com os princípios ergonómicos e a segurança dos colaboradores durante a realização de *setups*. A longo prazo o ganho financeiro do aumento da produtividade e qualidade são usados para pagar o custo mais elevado das compensações reivindicadas pelos funcionários devido a lesões músculo-esqueléticas (Kester et al., 2013). Dados emergentes do questionário europeu sobre as condições de trabalho realizado em 2016, afirmam que os riscos de ocorrência de problemas relacionados com a postura são os mais predominantes e que os distúrbios músculo-esqueléticos são a queixa mais comum relacionada com o trabalho, afetando milhões de trabalhadores e custando biliões de euros aos seus empregadores (Brito, Ramos, Carneiro, & Gonçalves, 2017). Em locais de trabalhos com sistemas não ergonómicos, os funcionários são expostos a diferentes riscos ergonómicos o que resulta numa fadiga muscular muito difundida pelo corpo dos mesmos (Boran & Ekincioglu, 2017). Durante as atividades de *setup*, a fadiga muscular aumenta o que leva a um aumento dos riscos de acidentes de trabalho, sendo que a duração do tratamento dos mesmos torna o *setup* ainda mais longo (Boran & Ekincioglu, 2017).

Algumas empresas colocam demasiada importância na transformação de atividades internas em externas, desviando-se do foco de minimizar e simplificar as atividades internas e externas através do uso de melhorias de design (Ferradás & Salonitis, 2013). A metodologia de Shingo foca-se demasiado em melhorias promovidas pela organização e não dá atenção suficiente a melhorias via design de equipamentos (Reik, McIntosh, Culley, Mileham, & Owen, (2006). Melhorias promovidas pela organização concentram-se em mudar a forma como as pessoas trabalham enquanto que melhorias baseadas em

design de equipamentos colocam a sua atenção na modificação destes (Culley, Mileham, McIntosh, & Owen, 2001).

As características de um *setup* são determinadas por três elementos: aspetos técnicos dos equipamentos e ferramentas, organização do local de trabalho e os métodos usados (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002). O grau de similaridade entre duas tarefas sucessivas na mesma máquina influencia diretamente o tempo necessário para a realização de um *setup*, algo que Shingo não referenciou (Sugai, McIntosh, & Novaski, 2007). A fixação de um tempo geral de *setup* independentemente da sequência de produção a ser realizado pode gerar consequências tais como falta de empenho se o tempo for muito elevado ou descontentamento se o tempo tabelado para a realização do mesmo for muito baixo (Sugai et al., 2007). O impacto do design nas operações de *setup* representam um ponto importante na literatura SMED uma vez que a existência de guias e princípios de design iria reduzir a necessidade de realizar projetos de redução de tempo mais tarde (Braglia et al., 2017).

A figura 12 apresenta a melhoria expectável a ocorrer na duração do tempo de *setup* de acordo com o foco adotado durante a implementação da metodologia SMED. Se o foco for só na metodologia os resultados alcançados serão pobres, em contraste a combinação da modificação do design dos equipamentos e a melhoria da metodologia leva a resultados aceitáveis com um investimento moderado (Díaz-Reza et al., 2016; Ferradás & Salonitis, 2013).

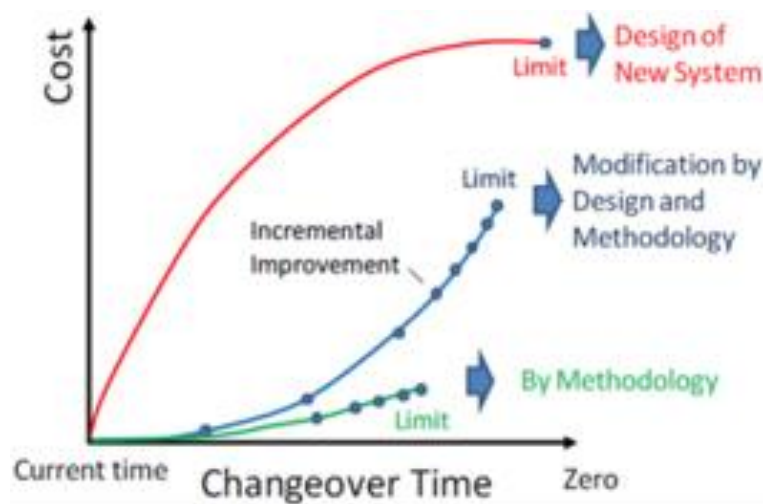


Figura 12 - Evolução do tempo de *setup* e do custo associado ao foco a utilizar (Cakmakci, 2009).

Apesar de a produtividade geral de um sistema poder ser melhorada pela aceleração das atividades de *setup*, muitos estudos na literatura enfrentam dificuldades para verificar esse facto (Hirano, 2016). A metodologia SMED pode ser melhorada no futuro (Karasu, Cakmakci, Cakiroglu, Ayva, & Demirel-Ortabas, 2014).

A tabela 4 apresenta o que foi dito acima de uma forma mais simplificada.

Tabela 4 - Vantagens e Dificuldades do SMED.

Vantagens	Dificuldades
<ul style="list-style-type: none"> • O SMED é uma ferramenta do pensamento Lean que ajuda a maximizar o valor do produto através da redução dos tempos de setup e melhoria dos seus processos (Dillon & Shingo, 1985). • O SMED reduz o tempo não produtivo ao simplificar e padronizar as operações de mudança de série usando técnicas simples e de fácil aplicação (Boran & Ekincioglu, 2017). • Fácil de atingir reduções de 70% e até 90% (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002; Das et al., 2014; Faccio, 2013). • Promove o aumento da flexibilidade derivada da realização de mais trocas de série e da redução dos tamanhos dos lotes, o aumento das capacidades de gargalo que maximiza a disponibilidade da linha para a produção e por último minimizar os custos, isto porque os custos de produção estão relacionados com a eficácia dos equipamentos (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002). • Promove uma redução do desperdício nas linhas de produção, o aumento da eficiência das máquinas e da eficiência global da fábrica, a 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisitos importantes para garantir uma aplicação bem-sucedida da metodologia SMED são: ter um sólido conhecimento dos aspetos técnicos intrínsecos dos equipamentos e ferramentas, saber o modo como o trabalho é organizado, quem faz o quê e quando, bem como entender o método de trabalho propriamente dito (Ribeiro et al., 2011). • Embora o SMED seja conhecido há mais de 25 anos e de serem reportados muitos exemplos de iniciativas de sucesso, um número relativo de empresas têm falhado na sua implementação, sendo muito poucos os estudos apresentados sobre essas iniciativas falhadas e as causas inerentes (Ferradás & Salonitis, 2013). • Segundo McIntosh et al. (2000), uma possível causa da falha pode ser a aplicação rigorosa da metodologia SMED. • A informação existente sobre o SMED é escassa e o processo não refere ações específicas para o implementar o que pode resultar num descuido e perder oportunidades de melhoria (Sabadka et al., 2017; Desai, 2012).

Vantagens

redução de stocks promove um uso mais eficiente do espaço físico, e uma melhor qualidade de manutenção (Dillon & Shingo, 1985; Ani et al., 2014).

- A simplificação de tarefas melhora as condições de segurança no trabalho, elimina a necessidade de trabalhadores qualificados e baixa o nível de habilidade necessário, a standardização reduz o número de ferramentas necessárias e promove um espaço de trabalho mais simplificado e organizado (Dillon & Shingo, 1985).

Dificuldades

- Falta de ferramentas de análise para apoiar a implementação do SMED (Braglia et al., 2017).

- Não é um método genérico para ser aplicado em todos os casos sendo que o SMED convencional só pode ser aplicado em sistemas compostos por uma máquina e um colaborador (Ahmad & Soberi, 2018; Van Goubergen, 2008).

- Na metodologia SMED as melhorias são apenas direcionadas para as máquinas reduzirem os tempos de setups sendo que, no entanto, a maioria das atividades envolvem operadores, a falta de consideração e motivação destes é uma falha grave desta metodologia (Boran & Ekincioglu, 2017; Cakmakci & Karasu, 2007).

- Os processos Lean tornam os trabalhos altamente repetitivos e eliminam tempo de descanso crítico para os trabalhadores (Kester et al., 2013). Os trabalhos repetitivos afetam os corpos dos operadores à medida que forças elevadas e posturas stressantes são repetidas durante o decorrer do dia (Kester et al., 2013). A longo prazo o ganho financeiro do aumento da produtividade e qualidade são usados para pagar o custo mais elevado das compensações reivindicadas pelos funcionários devido a lesões músculo-esqueléticas (Kester et al., 2013).

- As características de um setup são determinadas por três elementos: aspetos técnicos dos equipamentos e ferramentas, organização do local de

Vantagens	Dificuldades
	trabalho e os métodos usados (Van Goubergen & Van Landeghem, 2002). A metodologia de Shingo foca-se demasiado em melhorias promovidas pela organização e não dá atenção suficiente a melhorias via design de equipamentos (Reik et al., 2006).

2.5.8. Casos de sucesso da aplicação do SMED

Neste subtópico procura-se apresentar alguns casos de sucesso da aplicação da metodologia SMED em várias organizações. Entre as informações apresentadas na tabela 5 estará presente o caso em estudo, a percentagem de redução atingida e as medidas tomadas para atingir essa redução.

Tabela 5 - Casos de sucesso da aplicação do SMED.

Casos de Sucesso	Descrição
Sousa et al., 2018	<p>O equipamento em estudo neste projeto realiza a união entre uma rolha de cortiça e um topo, cápsula.</p> <p>As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Fixação de sensores externos aos tubos. 2. Implementação de um sistema de ajuste manual com o auxílio de uma manivela. 3. Modificação do sistema de encaixe. 4. Criação de kits de mudança. 5. Aquisição de um novo prato que segura os moldes das rolhas, reduzindo o número de parafusos a desparafusar. <p>O tempo de setup passou de 66:52 min. para 37:59 min. A diferença que se verifica constitui uma redução de 43% no tempo de setup e com uma realização mensal de 10 setups proporciona uma poupança de 2 340€ por mês por máquina para a organização.</p>

Casos de Sucesso	Descrição
Ahmad & Soberi, 2018	<p>Este projeto foca-se nas atividades de trocas de série num processo de corte que envolve uma máquina que opera em 5 eixos para produzir o produto x.</p> <p>As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A implementação de um sistema de marcação para os roteadores de perfuração. 2. A implementação de um sistema de scaneamento digital. 3. Revisão do procedimento atual do manuseamento e armazenamento dos roteadores. <p>A implementação destas medidas permitiu que neste projeto se verificasse uma redução de 44% no tempo geral de setup e uma redução de 48% das atividades internas do mesmo.</p>
Rosa et al., 2017	<p>Este caso de estudo ocorreu numa empresa do setor automóvel especializada no fabrico de cabos para comandos de carros, nomeadamente os que controlam portas, janelas e assentos.</p> <p>As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Organização e identificação das ferramentas. 2. Substituição de parafusos sextavados por apertos rápidos. 3. Substituição das conexões de rosca nas mangueiras de ar por conexões de engate rápido. 4. Duplicação das ferramentas necessárias para a realização do setup. 5. Criação de um carrinho de suporte para atividades de SMED. 6. Definição da preparação de componentes e ferramentas para a próxima produção como atividade externa. <p>Com a implementação das medidas verificou-se uma redução no tempo de execução do setup de 30 para 10 min.</p> <p>Com o novo método de trabalho apenas é necessário um técnico de afinação enquanto antes eram precisos 3 e o</p>

Casos de Sucesso	Descrição
Braglia et al., 2017	<p>tempo de intervenção semanal dos mesmos é reduzido em 94.4 %.</p> <p>O objeto de estudo deste projeto foi uma máquina de impressão de tela que imprime etiquetas autoadesivas para a indústria da moda e os correspondentes processos de mudança de ferramentas e produção de serigrafia associados.</p> <p>As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aquisição de uma nova máquina de limpeza. 2. Construção de uma estação de pré-impressão. 3. Substituição do sistema de aperto de quatro parafusos da máquina por um sistema de pistões. 4. Reorganização das atividades do processo de setup e introdução de um segundo operador. <p>A implementação das medidas resultou numa redução do tempo geral de setup em cerca de 75%, passando dos 20 min iniciais para 4 min e 50 s.</p>
Brito et al., 2017	<p>Este projeto ocorre numa área de produção de uma fábrica metalúrgica que produz áreas de torneiras para casas de banho e cozinhas</p> <p>As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Transformação de atividades internas em atividades externas. 2. Substituição da ferramenta, “Umbrako”, considerada pouco ergonómica por uma chave em T. 3. A implementação de um carrinho com tabuleiros. <p>A implementação destas medidas permitiu que neste projeto se verificasse uma redução do tempo de setup em 46% e uma redução do risco do desenvolvimento de distúrbios músculo-esqueléticos.</p>
Abraham, Ganapathi, & Motwani, 2012	<p>Este projeto ocorre numa empresa que se dedica ao fabrico de braçadeiras para automóvel e o seu objetivo era reduzir o tempo de setup numa linha de estampagem.</p>

Casos de Sucesso	Descrição
	<p>As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conversão de atividades definidas como internas em externas. 2. Standardização e melhoria das atividades internas com recurso à implementação de um carro para atividades de setups, criação de um quadro de ferramentas e de uma folha de procedimentos operacionais. 3. Criação de um novo dispositivo de montagem para a ferramenta de estampagem. 4. Substituição de braçadeiras fixas por grampos de alternância. <p>A implementação das medidas resultou numa redução do tempo geral de setup em cerca de 75%, passando agora a demorar apenas 2 horas.</p> <p>As ações realizadas permitiram também aumentar a produtividade da máquina em estudo, tendo a sua capacidade de produção diária passado de 60 mil braçadeiras para 105 mil unidades.</p>
<p>Martins, Godina, Pimentel, Silva, & Matias, 2018</p>	<p>Este projeto foi desenvolvido numa unidade industrial proprietária de três máquinas de feixes de elétrões.</p> <p>As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Conversão de cinco atividades internas em externas. 2. Atualização do software da porta. Antes não era permitido movimento com a porta aberta. 3. Criação de uma ferramenta especial para fazer a ligação entre a bobina e a terra. 4. Atualização do software das máquinas. 5. Adição de uma corda elástica entre bobinas. Esta ação tem como finalidade evitar o rompimento dos fios dos novos produtos. <p>Em setups que envolvem a mesma referência os 14 min. iniciais passaram agora a demorar 2 min. e 41 s, em setups que envolvem uma referência com maior diâmetro os 24 min. iniciais passaram agora a ser 2 min. e 51 s.</p>

Casos de Sucesso	Descrição
<p data-bbox="293 913 504 987">Esa, Rahman, & Jamaludin, 2015</p>	<p data-bbox="584 237 1359 479">Em situações em que a referência envolve um diâmetro menor, mas não envolve a troca de rolos passou-se dos 47 min para os 3 min e 51 s de setup enquanto que quando ocorre um setup que envolve uma referência com um fio com menor diâmetro e requer o uso de novos rolos passou-se dos 84 min. para os 83 min. e 35 s.</p> <p data-bbox="584 555 1359 624">Este caso de estudo foi realizado na Malásia numa empresa do ramo automóvel.</p> <p data-bbox="584 660 1359 730">As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol data-bbox="635 766 1359 1093" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="635 766 1359 880">1. Criação de uma folha de procedimentos com as operações a realizar durante a execução de um setup. <li data-bbox="635 891 1359 1005">2. Definição de tarefas externas. Antes da realização deste projeto todas as tarefas eram consideradas como atividades internas. <li data-bbox="635 1016 1359 1093">3. Atribuição de novas tarefas ao trabalhador responsável pela movimentação do material. <p data-bbox="584 1128 1359 1279">Após a aplicação das oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foi possível verificar uma redução no tempo de execução do setup tendo este passado de 45 min. para os atuais 28 min.</p>
<p data-bbox="293 1666 504 1695">Stadnicka, 2015</p>	<p data-bbox="584 1357 1359 1471">O seguinte projeto foi realizado numa empresa de produção cujo departamento de usinagem sendo o objeto de estudo uma máquina de torno de giro CNC.</p> <p data-bbox="584 1507 1359 1576">As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol data-bbox="635 1612 1359 1973" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="635 1612 1359 1682">1. Transformação de atividades internas em atividades externas. <li data-bbox="635 1693 1359 1722">2. Criação de um kit de ferramentas. <li data-bbox="635 1733 1359 1762">3. Aquisição de um par extra de parafusos. <li data-bbox="635 1774 1359 1843">4. Criação de um instrumento de medição específico para certas ferramentas. <li data-bbox="635 1854 1359 1973">5. Criação de uma folha de procedimentos com as operações a realizar durante a execução de um setup.

Casos de Sucesso	Descrição
<p data-bbox="256 1032 542 1106">Karam, Liviu, Cristina, Radu, 2018</p>	<p data-bbox="585 241 1361 443">Anteriormente o tempo médio necessário para a execução do setup era de 1 hora 12 min. e 4 s., depois da implementação da metodologia SMED apenas é necessário 44 min. e 55 s. o que corresponde a uma redução de 37.67 %.</p> <p data-bbox="585 454 1361 611">O projeto a ser reportado neste caso foi realizado numa empresa da indústria farmacêutica que tinha a necessidade de reduzir os seus tempos de setup numa linha de produção.</p> <p data-bbox="585 645 1361 719">As oportunidades de melhoria identificadas pela equipa foram as seguintes:</p> <ol data-bbox="635 745 1361 1413" style="list-style-type: none"> <li data-bbox="635 745 1161 779">1. Criação de um procedimento padrão <li data-bbox="635 790 1361 902">2. Criação de um esquema para o processo de mudança de série e colocação do mesmo no chão de fábrica. <li data-bbox="635 913 1361 987">3. Transformação de atividades internas em atividades externas. <li data-bbox="635 999 1090 1032">4. Realização de tarefas paralelas. <li data-bbox="635 1043 1361 1200">5. Reorganização das peças de montagem no armário de armazenamento e do produto intermediário e dos materiais de embalagem no chão de fábrica com recurso à pintura do mesmo. <li data-bbox="635 1211 1361 1285">6. Adição de dois colaboradores à atividade de gargalo da execução do setup. <li data-bbox="635 1296 1361 1413">7. Redesenho do layout da atividade de gargalo com a finalidade de reduzir a distância a percorrer até à próxima tarefa. <p data-bbox="585 1447 1361 1603">As implementações das propostas de melhoria identificadas pela equipa resultaram numa redução do tempo médio de execução do setup em 30 %, passando de 25,3 horas para 17,8 horas.</p>

3. ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

3.1 PROCESSO PRODUTIVO DA AMORIM REVESTIMENTOS
OLEIROS

3.2 APRESENTAÇÃO DAS LINHAS DE CORTE 4 E 5

3.3 DEFINIÇÃO DE OBJETIVOS

3.4 RECOLHA DE DADOS

3.5 VISUALIZAÇÃO DOS PRIMEIROS SETUPS

3.6 ANÁLISE DOS DESPERDÍCIOS

3.7 IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS

3.8 ANÁLISE DE RESULTADOS

3. ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO

Conforme referido anteriormente, este documento foi desenvolvido com base no trabalho realizado na unidade industrial Amorim Revestimentos Lourosa localizada em São Paio de Oleiros, que se dedica à produção e comercialização de pisos flutuantes revestidos de cortiça. De todas as aplicações que existem para este produto, aquela que tem um maior valor é a produção de rolhas, sendo a partir dos desperdícios da sua produção que se fabricam muitas das outras aplicações.

A cortiça provém da casca do sobreiro e responde na perfeição à crescente preocupação pela conservação de recursos naturais. O descortiçamento é feito de forma manual quando a árvore atinge os 25 anos e a partir daí ocorre a cada 9 anos, sempre entre maio e agosto, quando a árvore está na sua fase mais ativa de crescimento e é mais fácil de se colher sem nunca danificar a mesma. Com uma estrutura de favo de mel (geralmente poliedros de 14 lados), a cortiça é composta em 60% por um gás de densidade extremamente baixa o que explica a grande diferença entre o volume e peso e por 40 milhões de células por cm^3 onde cada célula funciona como um pequeno isolante térmico e acústico, além de proporcionar absorção ao choque. A área do montado é considerada um hotspot de biodiversidade, visto ser o habitat de uma grande variedade de espécies de animais e de plantas. O montado de sobreiro funciona como uma barreira natural contra a desertificação, contribuindo para a fixação do solo e matéria orgânica, reduzindo a erosão e aumentando a retenção de água. Anualmente, um hectare de floresta de sobreiros pode reter da atmosfera até 14,7 toneladas de CO_2 , que corresponde a uma retenção mundial de mais de 2 milhões de toneladas por ano.

A Amorim é líder mundial em tecnologia de ponta em revestimentos com cortiça e os seus produtos contribuem ativamente para a redução do aquecimento global, através das baixas emissões, e também da propriedade natural da cortiça em reter o CO_2 . A combinação das propriedades naturais e exclusivas da cortiça com a tecnologia mais avançada, permite alcançar um pavimento de qualidade superior que oferece conforto e durabilidade.

3.1 Processo Produtivo da Amorim Revestimentos Oleiros

O processo produtivo desta unidade pode ser segmentado em dois grandes segmentos: Componentes, que integra a produção de bases, e Acabamentos Finais. Por sua vez, os acabamentos finais estão divididos em três setores: Acabamentos Finais 1, Acabamentos Finais 2 e Acabamentos Finais 3. A figura 13 apresenta de uma forma macro as etapas pelas quais a cortiça passa até se encontrar pronta para expedição.

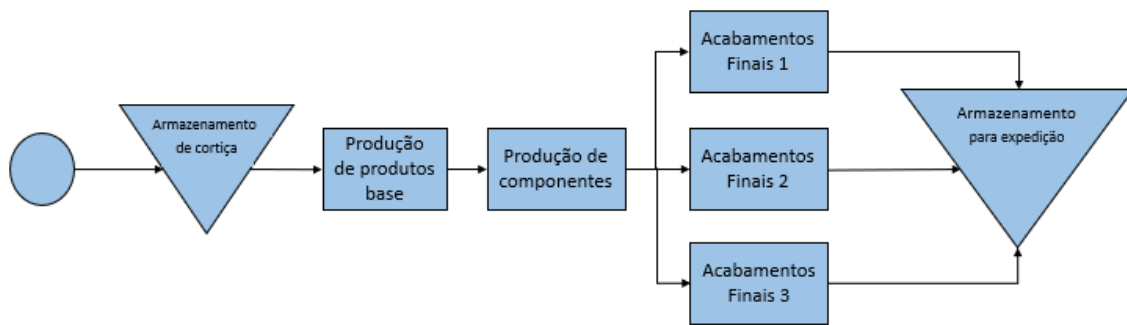


Figura 13 - Visão macro das etapas do processo produtivo.

O processo produtivo inicia-se no estaleiro, onde é depositado o triturado de cortiça que irá servir de base a Componentes Base.

De seguida ocorre a pré-trituração destes componentes cujo principal objetivo é eliminar impurezas que se encontram misturadas com a matéria-prima principal.

Segue-se o processo de trituração onde procede-se à secagem, moagem e pesagem dos pré-triturados que iram originar granulados de diferentes granulometrias sendo estes depois transferidos para silos dispostos por granulometria.

Seguidamente ocorre a aglomeração dos granulados através da combinação dos mesmos com resina e um catalisador, o conjunto é prensado e cortado em placas nas dimensões padrão: 1800x600, 1200x600 ou 900x600, dando assim origem à base de cortiça.

No final ocorre uma fase de pré-lixagem, ambas as faces da cortiça são lixadas e prontamente colocadas numa estufa com condições específicas de temperatura e humidade onde decorre a estabilização dimensional do material.

Por fim as bases são direcionadas para o armazém estando prontas para ser usadas na produção de Componentes.

A figura 14 representa esquematicamente o que acima foi descrito.

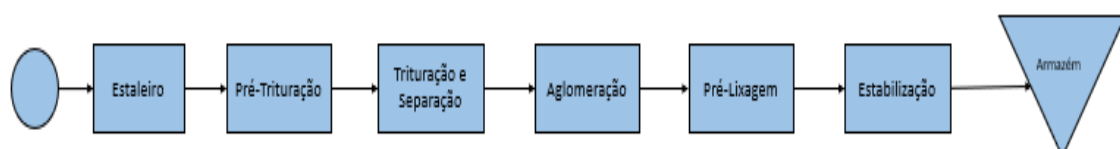


Figura 14 - Processo Produtivo da produção de bases.

Estando criadas as bases estas podem seguir dois caminhos: ir diretamente para a etapa de lixagem ou realizar a colagem e prensagem de decorativos de cortiça e madeira à

base de cortiça, o conjunto chamado de semiacabado é depois retificado e direcionado para a lixagem.

Realizada a operação de lixagem o material pode seguir para a operação de pintura e de seguida colagem de uma folha de PVC e consequente prensagem, somente para a pintura ou não realizar pintura.

Por fim as bases são direcionadas para o armazém estando prontas para ser usadas na próxima operação em Acabamentos Finais.

A figura 15 representa esquematicamente o que acima foi descrito.

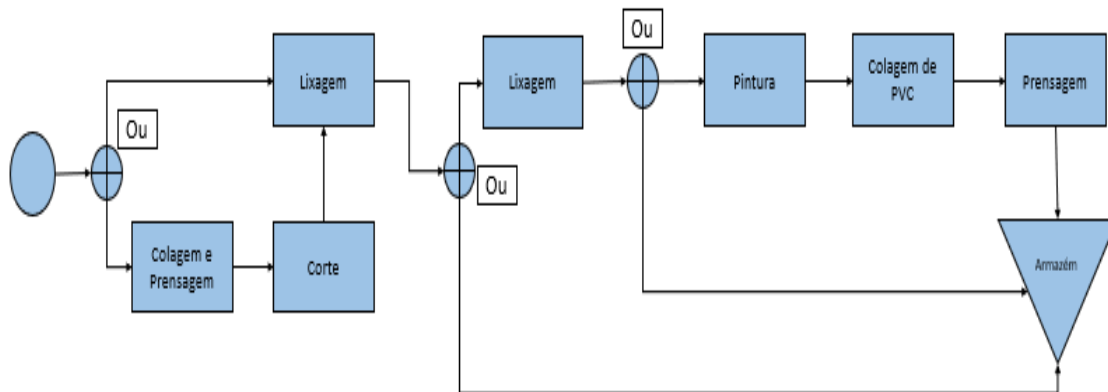


Figura 15 - Processo Produtivo de Componentes.

Na área de Acabamentos Finais todos os produtos passam por 3 subprocessos: colagem, corte e embalagem, contudo dependendo do produto final a ordem de ocorrência dos subprocessos pode ser diferente excetuando o primeiro subprocesso que começa sempre numa colagem.

Na colagem ocorre a colagem de aglomerado de cortiça com decorativo a uma placa de aglomerado de fibra de alta densidade e a uma base de cortiça.

Na Pintura os semiacabados são preparados, lixados e pintados através de jato de tinta. Na etapa de Envernizamento, os produtos recebem um tratamento de superfície que lhe confere características de resistência e brilho desejados.

Na fase de Corte, as placas são cortadas para as dimensões e encaixes pretendidos e caso necessário biseladas em cada uma das arestas de forma a que se obtenha a dimensão do pavimento flutuante desejado.

No final do processo os ladrilhos são embalados, etiquetados e paletizados de forma a serem expedidos ou armazenados, finalizando o processo de embalagem.

3.2 Apresentação das linhas de Corte 4 e 5

Este projeto decorreu nas linhas de Corte 4 e 5 que correspondem às fábricas de Acabamentos Finais 2 e 3 respetivamente. Sendo as linhas de corte linhas por onde todos os produtos acabaram por passar antes de irem para expedição e o facto de a cortiça ser uma matéria-prima cujo retorno do investimento é bastante demorado torna-se essencial garantir que estas linhas estão a trabalhar na sua máxima eficiência.

A linha de Corte 4 em AF2 trabalha em regime de 3 turnos rotativos, 8 horas por turno durante 5 dias por semana. Cada turno era constituído por 3 elementos tendo passado durante o decorrer deste projeto para 2 elementos. A linha de Corte 5 em AF3 trabalha no mesmo regime sendo, no entanto apenas operada por 1 colaborador.

A entrada das placas nas linhas de corte ocorre com a alimentação automática de paletes, estas depois passam por uma secção chamada Pré-corte, aqui as placas são transformadas em 2 ou 3 ladrilhos seguindo depois para a máquina Homag 1 que irá fazer o corte longitudinal e seguidamente a Homag 2 que irá fazer o corte transversal nos ladrilhos.

Em Acabamentos Finais 2 o processo segue para a secção da escolha, onde um trabalhador afeto a esse posto verifica se os ladrilhos contêm defeitos, seguidamente as placas seguem para a máquina das caixas onde iram ser depositadas automaticamente numa caixa de cartão que quando atinge a sua capacidade liberta a mesma para a máquina dos *inserts* onde é colocado um panfleto de acordo com o produto e mercado em questão sendo posteriormente embalada a caixa na zona das gavetas de plástico.

Por fim na zona do paletizador, um robô organiza as caixas embaladas até estas perfazerem uma paleta. Quando são atingidas as dimensões da paleta na próxima etapa um outro robô envolve e protege a paleta.

Em Acabamentos Finais 3 os processos de corte e embalamento encontram-se separados.

As figuras 16 e 17 apresentam os estações mais importantes em AF2 e AF3 respectivamente. Essas estações correspondem a locais onde o colaborador tem de alterar a configuração presente com recurso a ferramentas ou através de ecrãs tácteis.

Em AF2 os pontos mais importantes são: o Alimentador, a máquina de Pré-Corte, as máquinas de corte longitudinal e transversal, respetivamente Homag 1 e Homag 2, a zona da escolha, a máquina das Caixas, a máquina dos *Inserts*, a máquina das Gavetas de plástico, a zona do Paletizador e a zona das Fitas.

Em AF2 os locais que requerem a atuação do colaborador são: o Alimentador, a máquina de Pré-Corte e as máquinas de corte longitudinal e transversal, respetivamente Homag 1 e Homag 2.

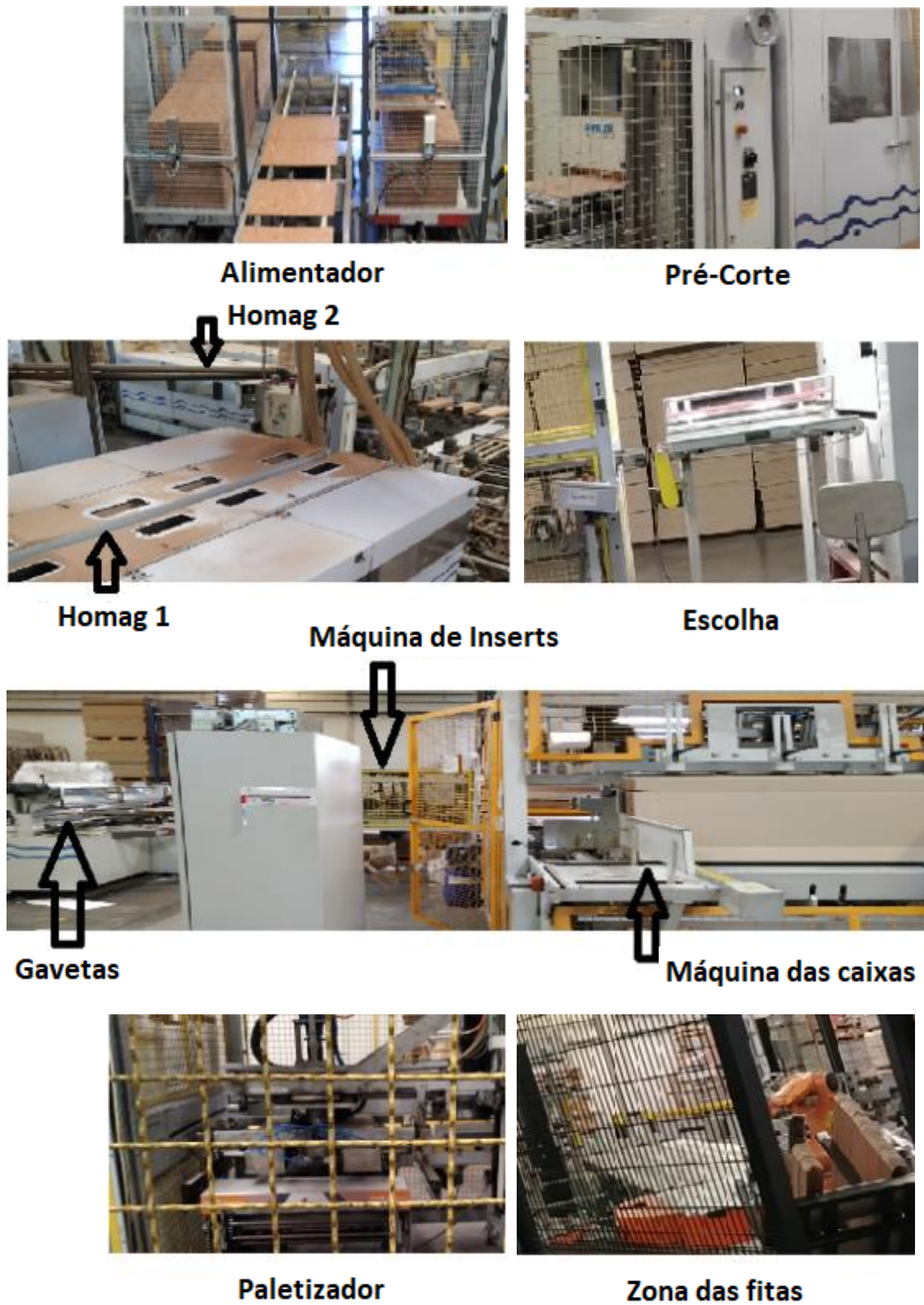


Figura 16 - Linha Corte Final 4 em Acabamentos Finais 2.

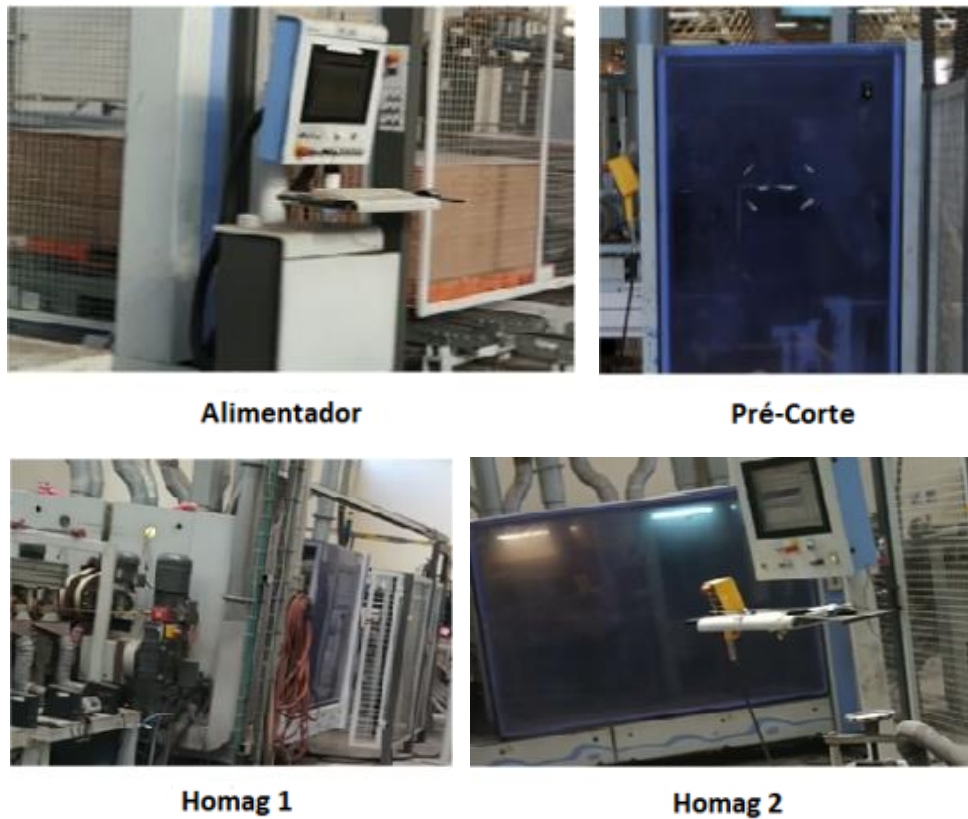


Figura 17 - Linha Corte Final 5 em Acabamentos Finais 3.

3.3 Definição de objetivos

Após conhecer os processos que ocorriam nas diferentes instalações procedeu-se em conjunto com o responsável das diferentes áreas de Acabamentos Finais à definição dos objetivos a alcançar e das mudanças de série a estudar neste projeto.

A tabela 6 apresenta o que foi definido na reunião com o responsável das áreas bem como as diferentes estações pelas quais os produtos passam em AF2 e AF3 respetivamente.

Tabela 6 - Project Charter do Projeto.

AF2	
Título do Projecto	Melhoria do processo de mudança de série
Problema	Mudanças de série muito demoradas
Âmbito	Processo de corte da área de Acabamento Finais 2 dos produtos : Cork Style (905x295x10,5) e LVT (1220x185x10,5)
Foco	Minimizar o tempo de mudança de série entre os dois produtos
Objetivo	Reduzir o tempo de mudança de série em 15%
Benefícios	Redução do material em curso, Aumento de produtividade, Redução de Custos, Aumento de eficiência
Prazo	4 meses
AF3	
Título do Projecto	Melhoria do processo de mudança de série
Problema	Mudanças de série muito demoradas
Âmbito	Processo de corte da área de Acabamento Finais 3 dos produtos : Art Confort (1830x185 natural-biselado) e LVT (1220x185 não biselado)
Foco	Minimizar o tempo de mudança de série entre os dois produtos
Objetivo	Reduzir o tempo de mudança de série em 15%
Benefícios	Redução do material em curso, Aumento de produtividade, Redução de Custos, Aumento de eficiência
Prazo	4 meses

A figura 18 apresenta esquematicamente as diferentes zonas pelas quais os produtos em estudo passam desde o momento em que surgem as matérias-primas até estes estarem concluídos.

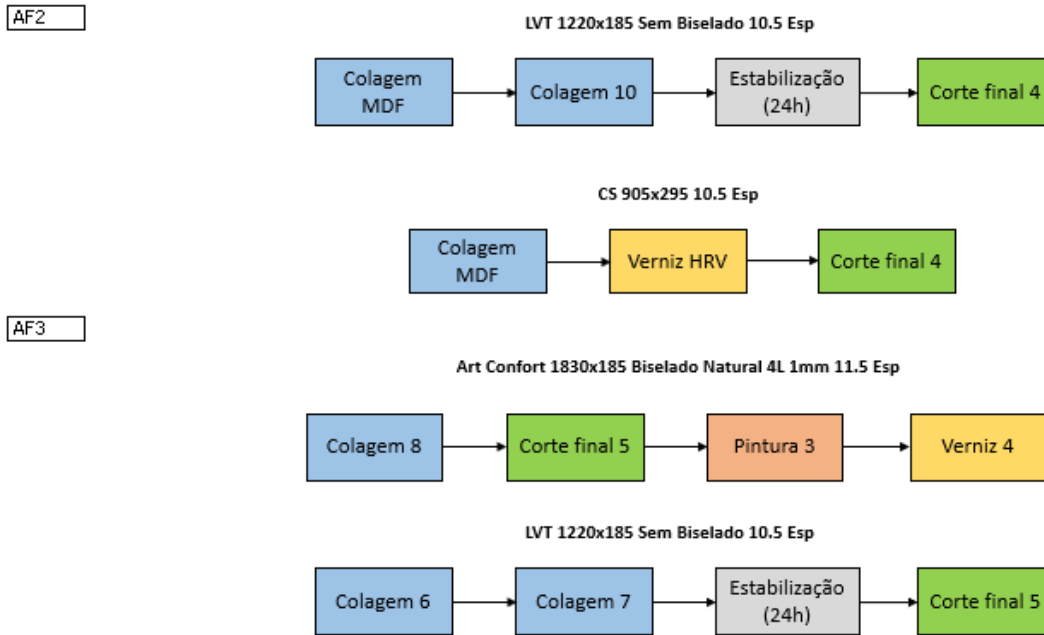


Figura 18 - Rota dos produtos em estudo.

Conforme é possível observar o objetivo delineado foi de atingir os 15% de redução do tempo necessário para a realização dos *setups* em estudo tanto para AF2 como para AF3.

Através da observação da rota dos produtos pode-se constatar o produto chamado “Art Confort”, de dimensões 1830x185 mm, com um biselado natural de 1mm nos 4 lados e com uma espessura de 11,5 mm, passa pela estação de corte mais cedo que os restantes.

3.4 Recolha de dados

Após a definição dos objetivos o próximo passo a realizar foi procurar entender a situação inicial das linhas e dos materiais em estudo. Para tal procedeu-se à recolha de dados de produção das mesmas, nomeadamente dados relacionados com tempos e paragens, para se realizar uma análise aos mesmo.

Com os dados obtidos foi possível verificar o número de *setups* importantes para este projeto que ocorreram em cada mês, bem como a sua média mensal durante as fases de compreensão dos processos de fábrica, definição de objetivos e recolha de dados.

As figuras 19 e 20 apresentam num gráfico de barras a média mensal dos tempos de *setup* em estudo em AF2 e AF3 respectivamente.

Figura 19 - Média mensal dos tempos de *setup* em estudo em AF2.

Figura 20 - Média mensal dos tempos de *setups* em estudo em AF3.

Através da observação das figuras 19 e 20 conclui-se que a realização dos *setups* e a média mensal dos mesmos não é constante. Em AF2 o tempo médio está a diminuir enquanto que em AF3 ocorre o oposto. AF2 apresenta uma média de 193,84 min por *setup* enquanto que AF3 apresenta uma média de 41,63 min por *setup*.

Com os dados recolhidos também foi possível verificar o número de paragens não planeadas que ocorrem nas duas fábricas, o número de horas que obrigam a produção a parar e a percentagem correspondente estando esses dados presentes nas tabelas 7 e 8. Foram feitos diagramas de Pareto para permitir uma fácil visualização e identificação das causas mais significativas sendo estes representados pelas figuras 21 e 22.

Tabela 7 - Paragens não planeadas na linha Corte Final 4.

Paragens não Planeadas	
Período	01/01/19 A 30/04/19
Departamento	AF2 - Acabamentos Finais 2
Máquina	I517 - Corte Final 4

Causas	Horas Reais	Nº Paragens	H/Paragem	% Horas Totais	% Horas Acumuladas Totais
SET - Setup	112,63	96	1,17	34%	34%
AVR - Avaria	92,16	76	1,21	28%	62%
DIV - Diversos	42,74	63	0,68	13%	74%
RET - Retrabalho	31,09	11	2,83	9%	84%
FMT - Falta de material	18,91	14	1,35	6%	90%
ABS - Absentismo	17,75	10	1,78	5%	95%
SFR - Substituição Ferramentas	8,58	7	1,23	3%	97%
EN - Energia	8,5	11	0,77	3%	100%

Totais Máquina	332,4	288
----------------	-------	-----

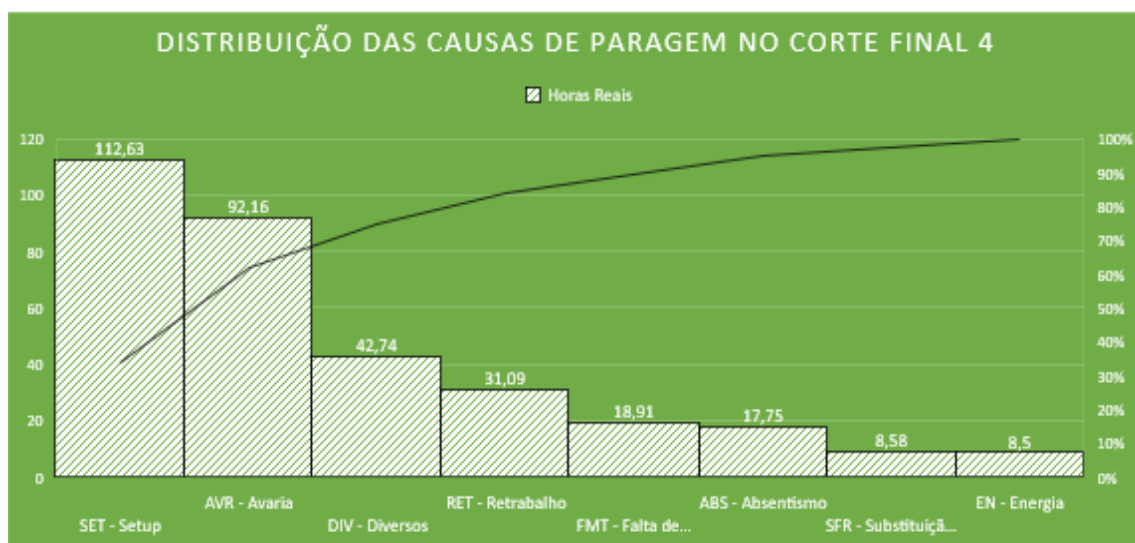


Figura 21 – Diagrama de Pareto das paragens na linha Corte Final 4.

Conforme é possível observar na tabela 7 e no gráfico de Pareto correspondente na figura 21, as paragens mais significativas em AF2 devem-se à ocorrência de *setups* e por avarias nas máquinas totalizando 62% do tempo de paragens na linha em questão.

Tabela 8 - Paragens não planeadas na linha Corte Final 5.

Paragens não Planeadas	
Período	01/01/19 A 30/04/19
Departamento	AF3 - Acabamentos Finais 3
Máquina	I519 - Corte Final 5

Causas	Horas Reais	Nº Paragens	H / Paragem	% Horas Totais	% Horas Acumuladas Totais
AVR - Avaria	134,41	140	0,96	39%	39%
SET - Setup	132,68	171	0,78	38%	77%
RET - Retrabalho	29,58	25	1,18	9%	86%
DIV - Diversos	17,35	26	0,67	5%	91%
EN - Energia	12,4	18	0,69	4%	94%
SFR - Substituição Ferramentas	8,5	12	0,71	2%	97%
FMT - Falta de material	5,66	6	0,94	2%	99%
ABS - Absentismo	4,83	12	0,40	1%	100%

Totais Máquina	345,43	410
----------------	--------	-----

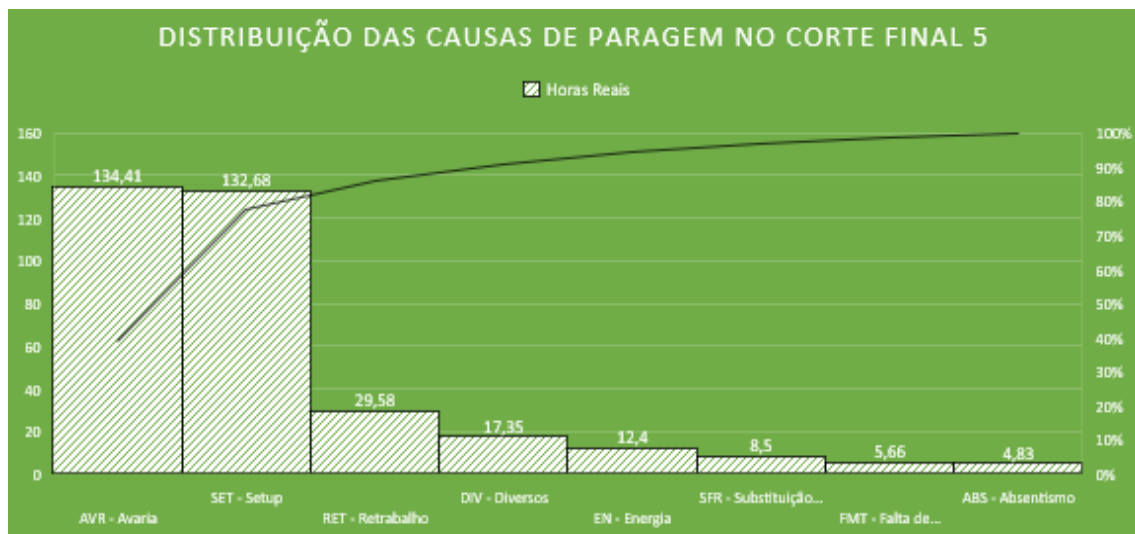


Figura 22– Diagrama de Pareto das paragens na linha Corte Final 5.

Com recurso à visualização da tabela 8 e do diagrama de Pareto presente na figura 22 pode-se verificar que tal como em AF2, também em AF3 as paragens com mais impacto na linha de corte são as paragens por avarias e por realização de *setups*, tornando-se, portanto, fulcral promover medidas que atuam nestes dois campos para diminuir o número de horas de paragem.

3.5 Visualização dos primeiros setups

Após a fase de recolha de dados procurou-se envolver os trabalhadores no projeto comunicando-lhes em primeira mão sobre o mesmo. Também se recorreu a entrevistas informais para tentar entender e compreender quais eram as suas maiores dificuldades aquando da execução de um *setup*. As respostas dos mesmos foram registadas e juntamente com as elações verificadas nas primeiras observações foram transformadas no diagrama de causa-efeito que se encontra na figura 23.

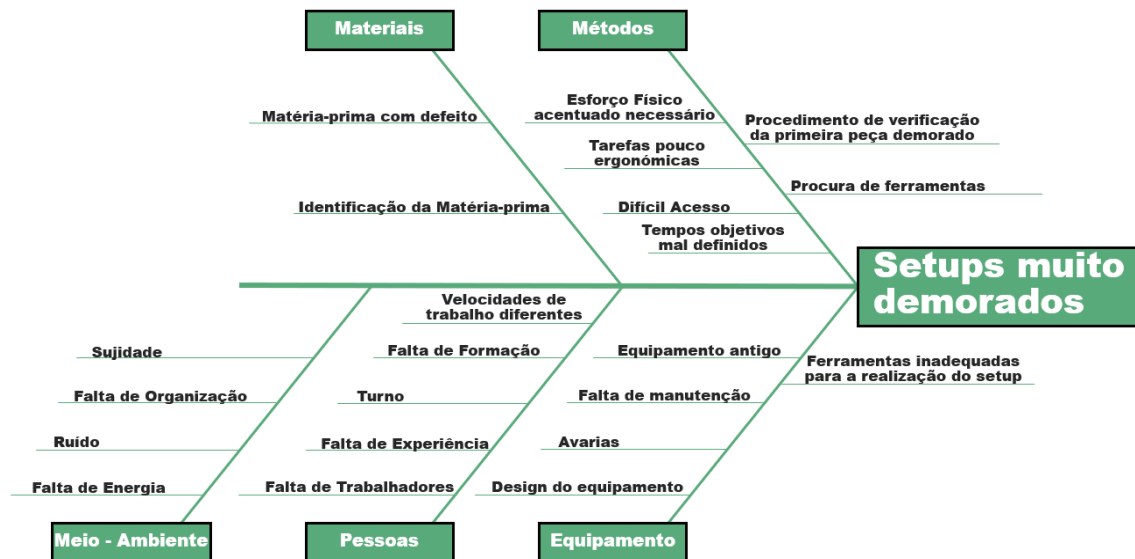


Figura 23 - Diagrama Causa-Efeito que justifica a possível demora dos setups.

Tal como verificado anteriormente nos diagramas de Pareto, onde as avarias representavam uma das maiores causas de paragens na linha, a sujidade e a falta de manutenção são pontos que contribuem para esse facto.

Através da análise do diagrama pontos como: a sujidade, a falta de organização, a falta de formação, a falta de manutenção, a procura de ferramentas e a utilização de ferramentas inadequadas para a realização do *setup* representam situações que podem vir a ser trabalhados e que sem que haja um elevado investimento podem reduzir o seu impacto na realização das trocas de série.

Após a definição dos objetivos a atingir e da recolha de dados históricos procedeu-se, com a autorização dos colaboradores, à realização de filmagens dos *setups* para subsequente análise dos mesmos. Através da sua análise foi possível identificar os passos necessários para a realização dos mesmos, passos estes que foram depois passados para um fluxograma. Com o auxílio dos vídeos foi criado um diagrama de esparguete que permitiu identificar alguns desperdícios, nomeadamente no que diz respeito à movimentação dos colaboradores, que estavam a ocorrer durante a realização dos *setups*.

Também foi criado um gráfico de Gantt para facilitar a visualização das tarefas que cada colaborador fazia durante o *setup*. Nesse gráfico é possível identificar o tempo necessário para os funcionários terminarem as suas tarefas e o tempo necessário para todas as modificações e configurações estarem concluídas.

3.5.1 Setups em AF2

Nesta secção são apresentados os gráficos construídos com base na análise dos vídeos filmados durante a ocorrência dos *setups* na linha de corte 4 da fábrica AF2. O fluxograma que sintetiza o processo de *setup* em AF2 é apresentado na figura 24.

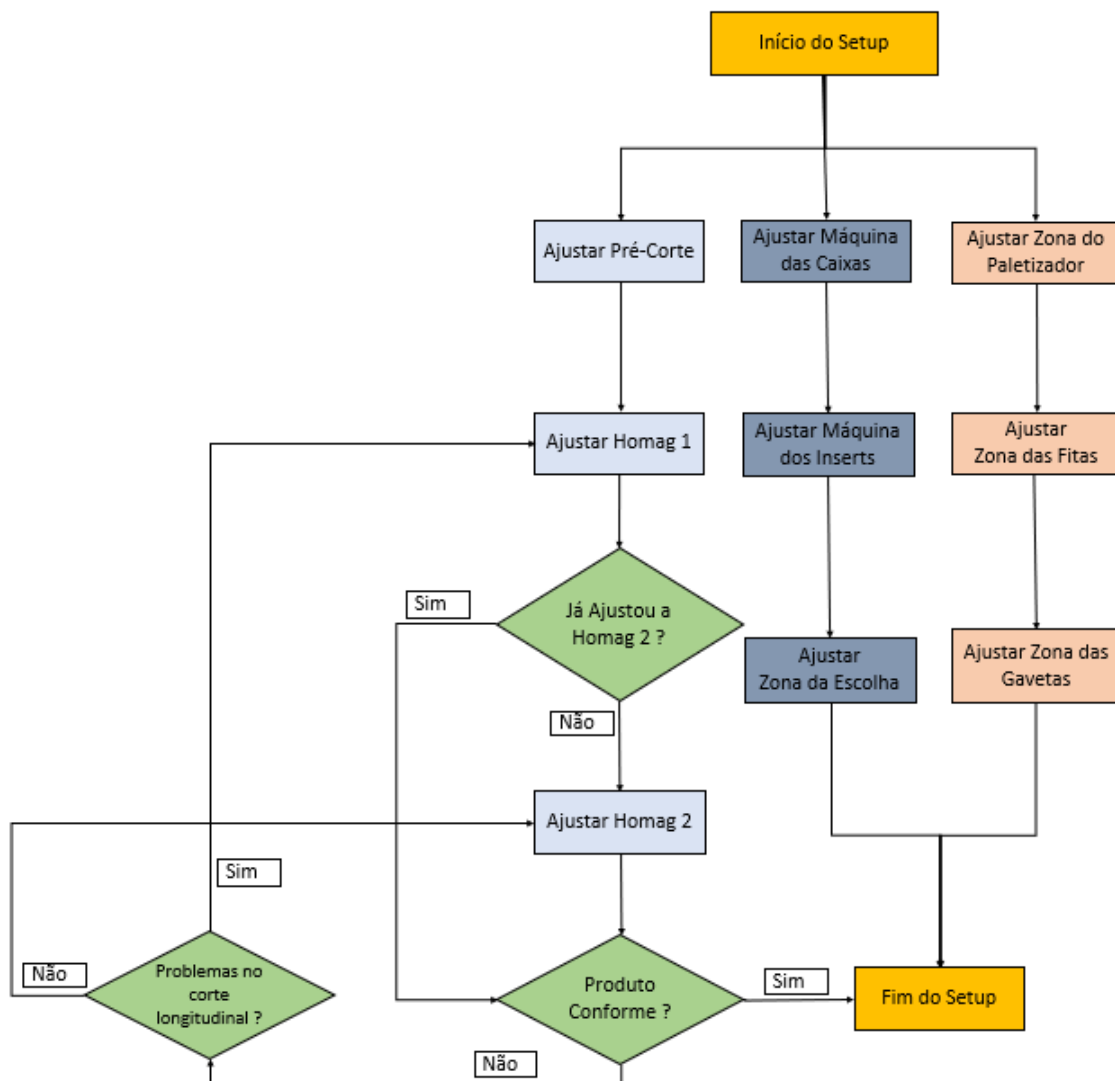


Figura 24 - Fluxograma do *Setup* observado em AF2.

Através da visualização do fluxograma presente na figura 24 podemos entender que a mudança de série é realizada por 3 colaboradores onde o chefe de equipa afina as máquinas de corte e avalia a conformidade do produto enquanto que os restantes modificam as diferentes máquinas para a nova configuração.

A figura 25 apresenta o diagrama de esparguete da movimentação dos trabalhadores em AF2 durante a realização do *setup*.

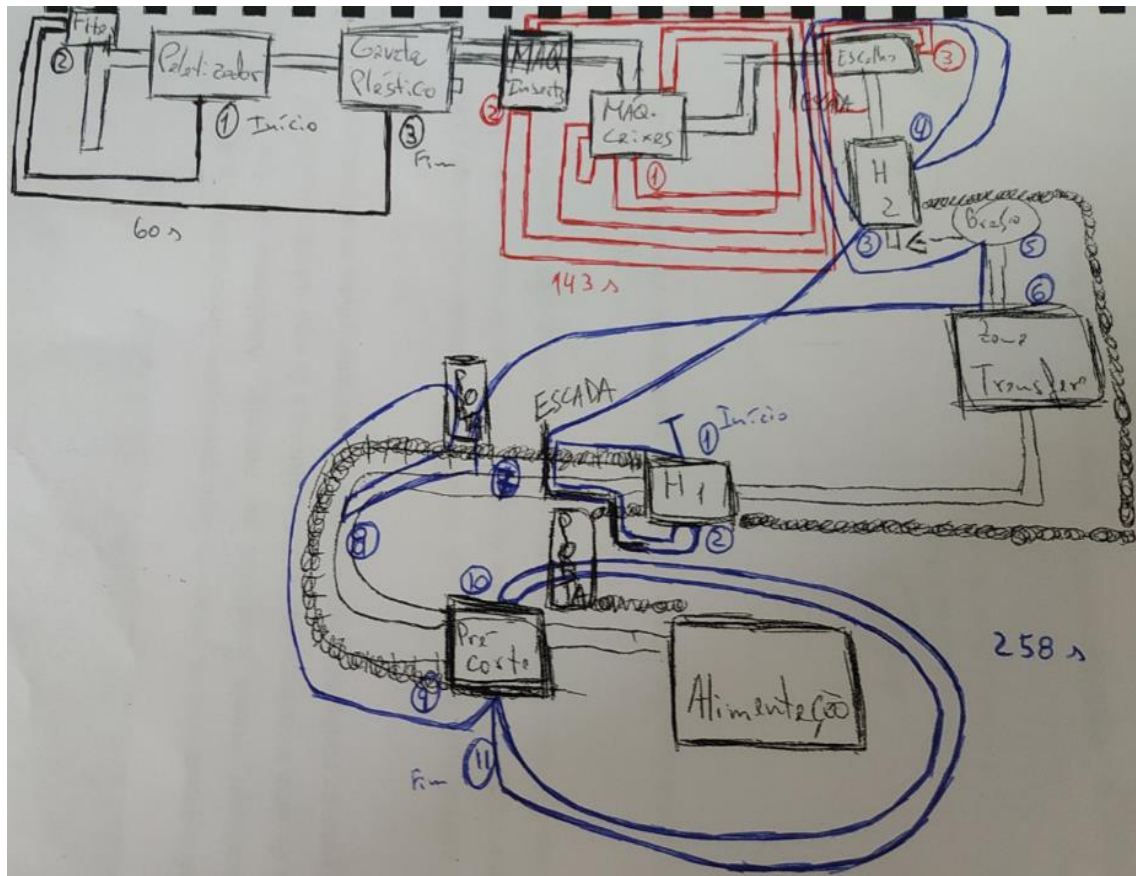


Figura 25 – Diagrama de esparguete da movimentação dos trabalhadores em AF2.

Como é possível observar no diagrama de esparguete, figura 25, todos os colaboradores em AF2 apresentam um certo nível de desperdício na realização do *setup*, sendo a maior deslocação a do chefe de equipa (cor azul) que demorou 258 s a fazer o seu percurso.

Na figura 26 é apresentado um gráfico de Gantt com a distribuição temporal das tarefas pelos três colaboradores. As configurações e ações a efetuar para a mudança do produto demoraram 59 min.

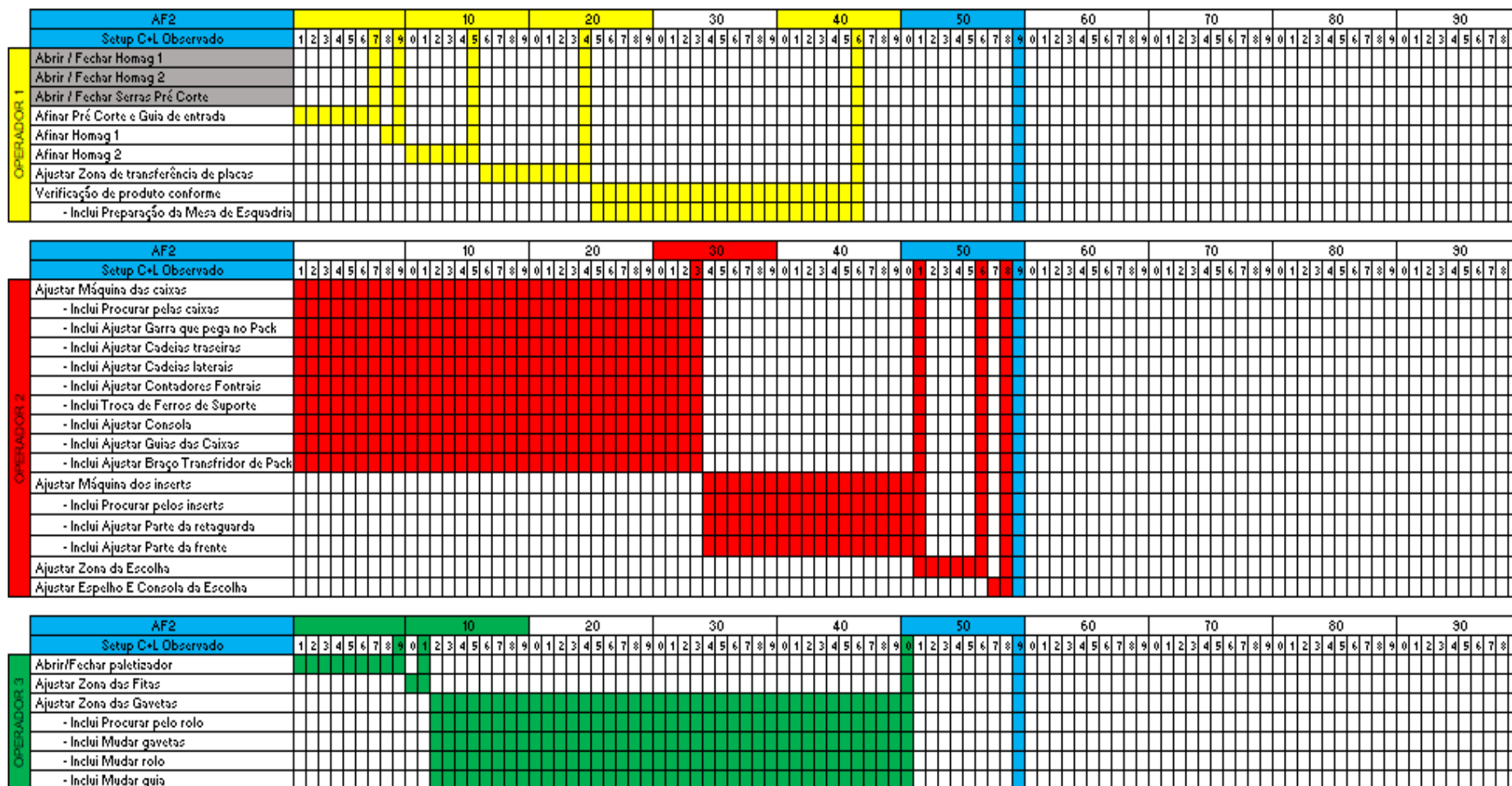


Figura 26 - Distribuição temporal das tarefas no setup de AF2.

3.5.2 Setups em AF3

Nesta secção são apresentados os gráficos construídos com base na análise dos vídeos filmados durante a ocorrência dos *setups* na linha de corte 5 da fábrica AF3.

A figura 27 evidencia o processo de *setup* em AF3.

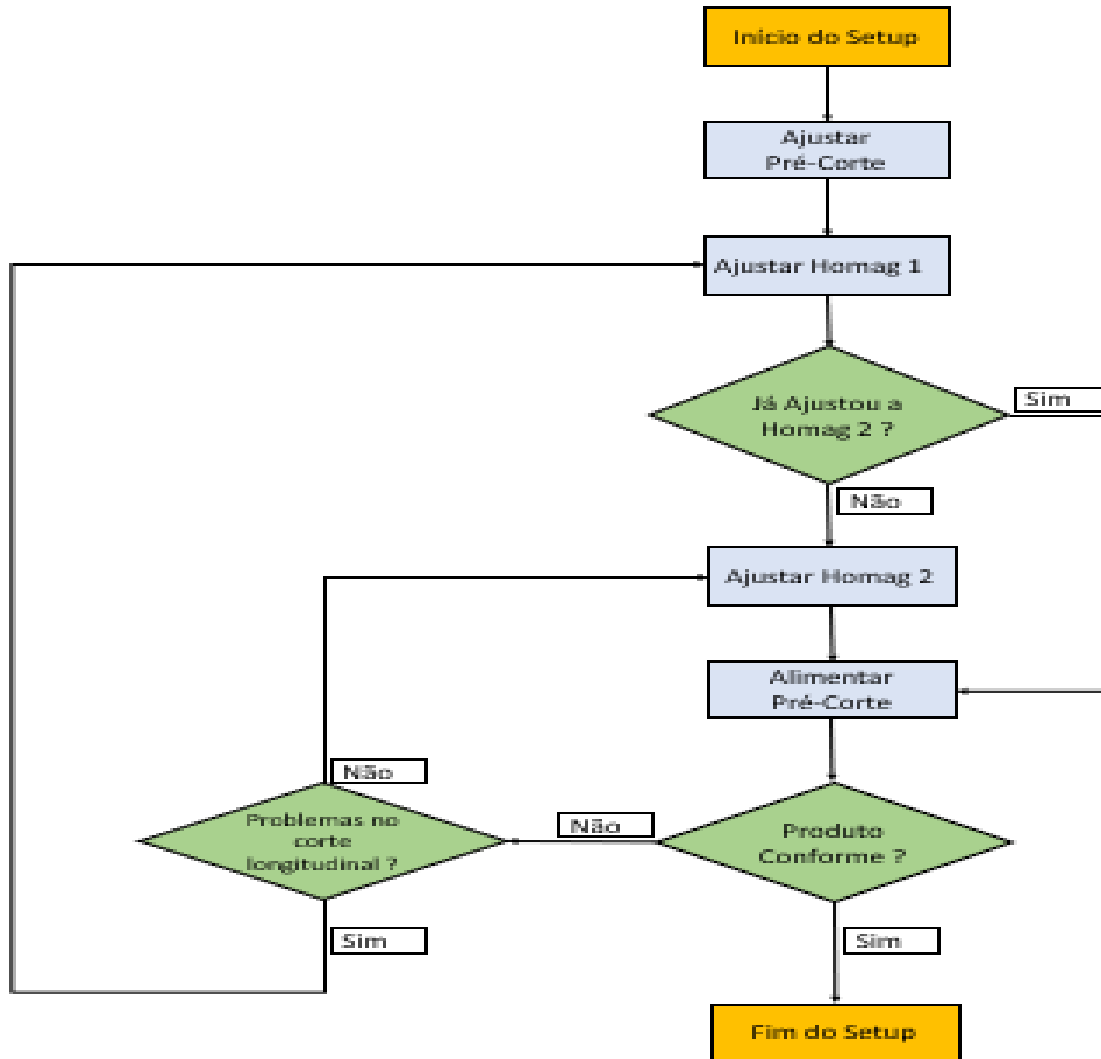


Figura 27 - Fluxograma do *Setup* observado em AF3.

Através da visualização do fluxograma presente na figura 27 podemos entender que a mudança de série é realizada por 1 colaborador onde este ajusta a máquina de pré-corte que transforma a placa em ladrilhos, ajusta as máquinas de corte longitudinal e transversal e por fim verifica se o produto se encontra conforme.

A figura 28 apresenta o diagrama de esparguete da movimentação do trabalhador em AF3 durante a realização do *setup*.

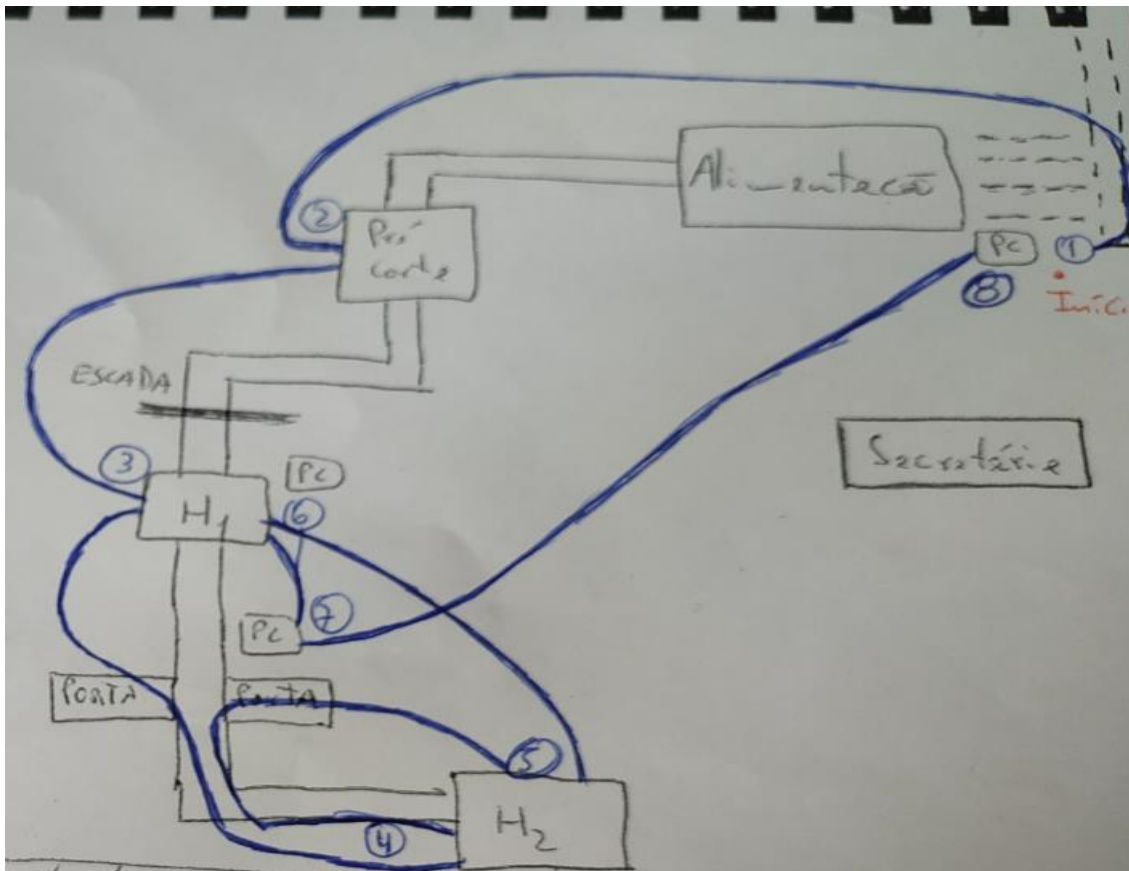


Figura 28 - Diagrama de esparguete da movimentação dos trabalhadores em AF3.

Como é possível observar no diagrama de esparguete o colaborador responsável pela mudança já utiliza um procedimento otimizado e não existem desperdícios de movimentação.

Abaixo é apresentado via gráfico de Gantt, figura 29, a distribuição temporal das tarefas realizadas pelo colaborador. As configurações e ações a efetuar para a mudança do produto demoraram 26 min.

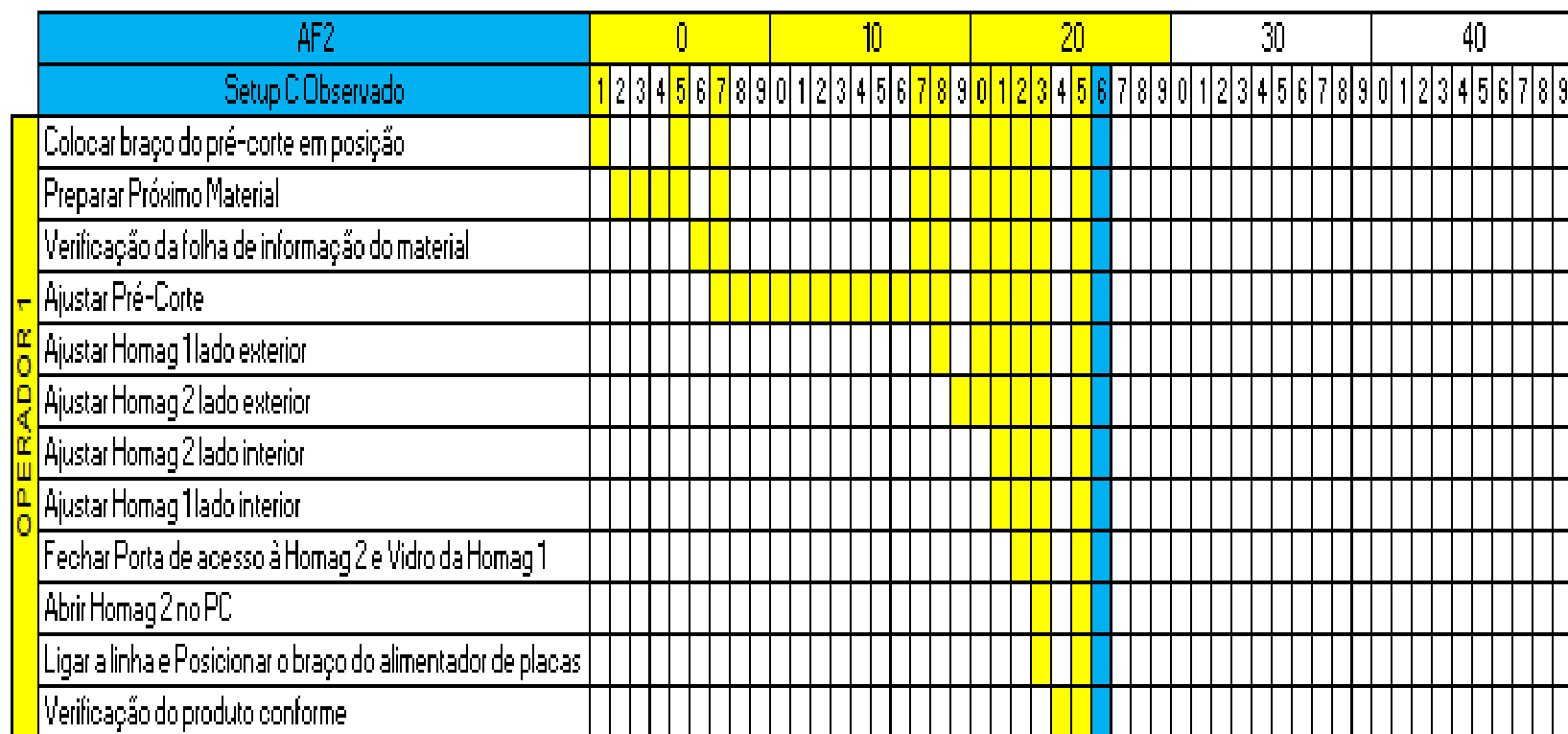


Figura 29 - Distribuição temporal das tarefas no setup de AF3.

3.6 Análise dos desperdícios

Após a realização dos diagramas previamente apresentados procedeu-se à criação de duas tabelas que sintetizam os desperdícios que foram observados durante a realização das tarefas de *setup*. Essas duas tabelas auxiliaram na criação de um plano de ação de melhorias a implementar.

A tabela 9 que contém os desperdícios encontrados em AF2 é a seguinte:

Tabela 9 - Tempos por tarefas e respetivos desperdícios em AF2.

Atual				A eliminar			Tempo revisito	
Tarefa	Descrição tarefa	Tempo (min)	Tempo (s)	Atividades	Tempo (min)	Tempo (s)	Tempo (min)	Tempo (s)
1	Afinar Zona Homag 1	01:50	110				01:50	110
3	Afinar Zona Homag 2	05:55	355	Deslocações para procurar e guardar ferramentas	00:30	30	05:25	325
4	Ajustar Zona Transfere H1 e H2	03:34	574	Deslocações para procurar e guardar ferramentas	01:00	60	08:34	514
5	Afinar Pré-Corte e Guia de Entrada	07:11	431				07:11	431
6	Ajuste Zona das Fitas	02:08	128				02:08	128
7	Ajustar Zona do Paletizador	03:17	557				03:17	557
8	Ajustar Máquina das caixas	33:24	2004	Desmontar e montar ventosas	01:26	86	21:16	1276
				Procura das novas caixas	08:12	492		
				Deslocações para procurar ferramentas	02:30	150		
9	Ajustar Máquina dos inserts	17:23	1043	Procura dos novos inserts	00:36	36	16:47	1007
10	Ajustar Máquina das Etiquetas	01:36	96				01:36	96
11	Ajustar Zona das Gavetas	33:01	2341	Preparar rolo de filme	07:25	445	26:36	1596
				Preparar caixa de cartão	01:36	96		
				Procura do novo funil	00:22	22		
				Montagem de 1 funil	03:02	182		
12	Ajustar Zona da Escolha	05:53	353				05:53	353
13	Verificação e Procura do produto conforme	22:25	1345	Preparação da mesa de verificação de esquadria de 1220	01:13	73	21:12	1272

Tempo Atual (s)	min	s
9337	155	37

Tempo A Eliminar (s)	min	s
1672	27	52

Tempo Revisito (s)	min	s
7665	127	45

Na tabela 9 podemos verificar que os colaboradores perdem tempo em situações desnecessárias tais como: procurar ferramentas, desmontar e montar ventosas, procurar um novo funil, montar o novo funil entre outras.

A tabela 10 contém os desperdícios encontrados em AF3 e é a seguinte:

Tabela 10 - Tempos por tarefas e respetivos desperdícios em AF3.

Atual				A eliminar			Tempo revisito	
Tarefa	Descrição tarefa	Tempo (min)	Tempo (s)	Atividades	Tempo (min)	Tempo (s)	Tempo (min)	Tempo (s)
1	Colocar braço do pré-corte em posição	00:25	25				00:25	25
3	Carregar material na alimentação através do PC da secretária	05:13	313	Carregar material na alimentação através do PC da secretária	05:13	313	00:00	0
5	Verificação da folha de informação do material	00:20	20	Verificação da folha de informação do material	00:20	20	00:00	0
6	Ajustar Pré-Corte	11:13	673	Verificação de uma serra errada	00:12	12	10:52	652
				Procura por uma ferramenta em falta	00:09	9		
7	Ajustar Homag 1 lado exterior	00:52	52				00:52	52
9	Ajustar contadores à entrada da Homag 2	00:53	53				00:53	53
10	Aspirar pó com mangueira de ar comprimido	00:47	47				00:47	47
11	Ajustar Guia central	00:34	34				00:34	34
12	Ajustar Homag 2 lado exterior	00:18	18				00:18	18
13	Ajustar Homag 2 lado interior	00:36	36				00:36	36
14	Ajustar Homag 1 lado interior	00:18	18				00:18	18
15	Fechar Porta de acesso à Homag 2 e Vidro da Homag 1 exterior	01:00	60	Fechar Porta de acesso à Homag 2 e Vidro da Homag 1 exterior	01:00	60	00:00	0
16	Abrir Homag 2 no PC	00:22	22				00:22	22
17	Ligar a linha e posicionar o braço do alimentador de placas	00:34	34				00:34	34
18	Parar a linha para recolher placas	01:06	66				01:06	66
19	Verificação do produto conforme	00:30	30				00:30	30

Tempo Atual (s)	min	s
1501	25	1

Tempo A Eliminar (s)	min	s
414	6	54

Tempo Revisito (s)	min	s
1087	18	7

Tal como em AF2, também em AF3 procura-se por ferramentas durante a execução do *setup* sendo que, no entanto, o maior gasto de tempo vai para o carregamento do material apenas na altura em que se vai começar a realizar o *setup*.

Estas duas tabelas auxiliaram a criação do plano de ações de melhorias que se encontra na página seguinte nas figuras 30 parte 1 e parte 2.

Linhas de Corte 4 e 5		Plano de Ação de Melhorias		Data: 16-5-2019					
Nº	Problema	Ação	Responsável	Data prevista	Data Realização	P	D	C	A
1	Abrir demasiado as homags	Colocar impressos para preenchimento dos valores de setup anterior (desta dimensão)	AS/FF	21/mai	20/mai	x	x	x	x
2	Movimentações sem valor	Criação de uma nova localização para os materiais	AS/CE	21/mai	21/mai	x	x	x	x
3	Procura de material	Criação de etiquetas para identificação do material	AS	21/mai	21/mai	x	x	x	x
4	Estado dos contadores	Verificar se todos os contadores estão em estado normal	AS/CE	22/mai	20/mai	x	x	x	x
5	Estado dos comparadores	Verificar se os comparadores estão a funcionar corretamente	AS/CE	22/mai	22/mai	x	x	x	x
6	Estado dos contadores	Verificar se todos os contadores estão a funcionar corretamente	AS/CE	22/mai	20/mai	x	x	x	x
7	Deslocação para ir buscar os suportes de ventosas	criacao de sistema para pendurar junto à embalagem	AS/CE	22/mai	21/mai	x	x	x	x
8	Ajuste dos contadores	etiquetas plastificadas	AS	23/mai	22/mai	X	x	x	x
9	Contadores sem valores de referência	Criação de etiquetas para para os contadores	AS	23/mai	23/mai	x	x	x	x
10	Ferramenta de ajustar interior das homags nem sempre se encontra disponível	Duplicar a ferramenta	AS/JP	27/mai	07/jun	x	x	x	x
11	Mangueira de ar comprimido da máquina de formação de packs bloqueia a porta	Sistema para fixar a mangueira que não bloqueie a porta	AS/JP	28/mai	28/mai	x	x	x	x
12	Deslocação para ir buscar a placa de teflon	Criação de um suporte para a placa perto do PC da homag 2	JP/AS	31/mai	31/mai	x	x	x	x

Legenda	
Sigla	Significado
AS	Alexandre Silva
Ce	Chefe Equipa
FF	Filipe Ferreira
JP	Joaquim Pedrosa

Figura 30 - Plano de Ação de Melhorias - parte 1.

12	Deslocação para ir buscar a placa de teflon	Criação de um suporte para a placa perto do PC da homag 2	JP/AS	31/mai	31/mai	x	x	x	x
13	Mau funcionamento do paletizador	Colocar correias novas dentro do paletizador	AS/JP	04/jun	04/jun	x	x	x	x
14	Dificuldade em mover as correias da zona transfere entre a homag 1 e a homag 2 após desligar o ar comprimido	Necessidade de limpeza e lubrificação planeada nas guias de deslizamento das correias do transportador	JP/AS	05/jun	05/jun	x	x	x	x
15	Ajuste da zona transfere entre a homag 1 e a homag 2	Fazer um alongamento da chave atual	JP/AS	05/jun	05/jun	x	x	x	x
16	Deslocações desnecessárias para ir buscar ferramentas	Criação de um kit de ferramentas	AS/FF	17/jun	17/jun	x	x	x	x
17	Dificuldade em apertar parafusos na guia do pré-corte	Substituir por parafusos por apertos rápidos	AS/JP	21/jun	21/jun	x	x	x	x
18	Apertos rápidos da guia à entrada da Zona das Gavetas gastos	Substituir apertos rápidos	AS/JP	21/jun	21/jun	x	x	x	x
19	Ajuste da ferramenta da Zona dos Inserts	Fazer um alongamento da chave atual	AS/JP	21/jun	21/jun	x	x	x	x
20	Necessidade de retirar ventosas na mudança de dimensão	Comprar mais ventosas e acessorio	AS/JP	24/jun	24/jun	x	x	x	x
21	Deslizamento do LVT na zona transfere entre a homag 1 e a homag 2	Reparar/replicar sistema empurrador de pack lado direito	JP/AS						
22	Falta de ferramentas	Comprar ferramentas	AS/FF						
23	Material danificado na zona do paletizador	aumentar apoio/tapete para evitar rompimento de material	AS/JP						
24	Acumulação de pó no pré-corte	Melhoria no sistema de aspiração do pré-corte	AS/JP						

Figura 30 - Plano de Ação de Melhorias - parte 2.

3.7 Implementação das melhorias

A primeira medida utilizada para atacar os elevados tempos de *setup* foi promover a alteração dos procedimentos dos mesmo. Procurou-se modificar os caminhos tomados pelos colaboradores bem como alterar a ordem de algumas tarefas que passaram a ser reclassificadas como tarefas externas.

De seguida seguiu-se o plano de ações de melhoria anteriormente apresentado.

3.7.1. Modificação dos movimentos e reclassificação de tarefas

3.7.1.1. Setups em AF2

Tal como dito anteriormente na descrição da linha de Corte 4, esta ao início era composta por 3 trabalhadores sendo que, no entanto, ao longo deste projeto a direção decidiu que esta linha passaria a ser operada por 2 trabalhadores. Foi, portanto, necessário equilibrar as tarefas e as movimentações para apenas 2 operadores.

O novo trajeto com as movimentações adequadas para a redução da força laboral criado para AF2 bem como a nova distribuição das tarefas são apresentados por essa ordem nas figuras 31 e 32.

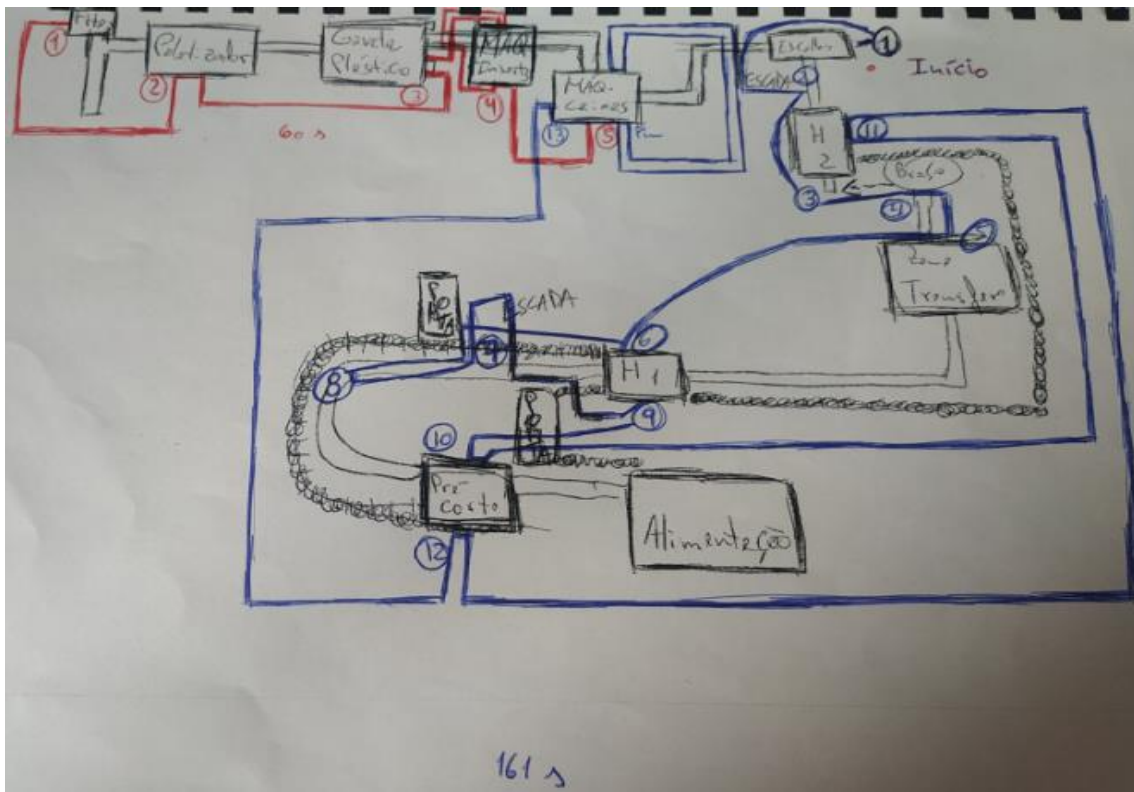


Figura 31 - Diagrama de esparguete da nova movimentação dos trabalhadores em AF2.

No que diz respeito às movimentações dos colaboradores foram alterados os pontos de início dos mesmos aquando da iniciação de um *setup* e procurou-se garantir que os colaboradores percorressem um caminho direto não percorrendo o mesmo trajeto várias vezes.

Com as novas rotas de movimentação foi possível reduzir a movimentação do chefe de equipa de 258 s para 161 s.

Quanto à distribuição das tarefas procurou-se conciliar as diferentes capacidades dos colaboradores afetos à linha. Por essa razão o chefe de equipa (a amarelo no gráfico) ficou responsável por todas as tarefas que envolviam o ajuste de serras e das máquinas de corte bem como verificação da conformidade do produto enquanto que o restante colaborador (a vermelho no gráfico) ficou responsável pelas alterações nas restantes zonas da linha de corte. Uma vez que o segundo colaborador enquanto as máquinas estão a trabalhar encontra-se na zona da escolha a verificar a se os produtos se encontram conformes foram atribuídas todas as tarefas externas (a cinzento no gráfico) ao chefe de equipa.

Com 3 trabalhadores a execução das tarefas a realizar durante o *setup* demorava 59 min, 64 min de *setup* a contar com o tempo despendido em deslocações. Com a reorganização das tarefas a execução das mesmas só com 2 trabalhadores demora agora 62 min, o segundo colaborador termina as suas tarefas em 61 min enquanto que o chefe de equipa termina as suas tarefas em 62 min que resulta num tempo total de *setup* de 66 min após ter em conta as deslocações dos colaboradores.

3.7.1.2. Setups em AF3

A nova distribuição das tarefas é apresentada na figura 33.

Visto que em AF3 o trabalhador já fazia uma rota otimizada apenas foi alterado a ordem das tarefas, passando a atividade de preparação e verificação do próximo material a cortar a ser feita antes do fim da última peça do artigo corrente.

AF2		0									10									20										
Setup C Proposto		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
OPERADOR 1	Preparar Próximo Material (5min)																													
	Verificação da folha de informação do material (1min)																													
	Colocar braço do pré-corte em posição																													
	Ajustar Pré-Corte																													
	Ajustar Homag 1 lado exterior																													
	Ajustar Homag 2 lado exterior																													
	Ajustar Homag 2 lado interior																													
	Ajustar Homag 1 lado interior																													
	Abrir Homag 2 no PC																													
	Ligar a linha e Posicionar o braço do alimentador de placas																													
	Verificação do produto conforme																													

Figura 33 - Nova distribuição temporal das tarefas no *setup* de AF3.

Previamente o *setup* demorava 29 min, 26 min para ações específicas e 3 min gastos em deslocamentos, com a reorganização das tarefas o mesmo *setup* feito pelo mesmo colaborador demora agora 22 min.

3.7.2. Criação de cartões operacionais para depositar nas linhas

O próximo passo após a criação destes novos procedimentos foi a validação com os chefes de equipa e depois a criação de cartões plastificados para estarem sempre presentes nas linhas para todos os colaboradores saberem as suas funções.

Os cartões depositados nas linhas encontram-se nas figuras 34 e 35.

Setup 905 x 295 <-> 1200 x 185	
Tarefa	Descrição tarefa
E	Preparar Próximo Material
X	Preparar Mesa Esquadria 1220
T	Preparar rolo de filme
E	Preparar próximas caixas
R	Trocar 1 gaveta de plástico
N	Preparar inserts
A	
1	Ajustar Zona da Escolha
2	Ajustar Espelho e Consola
3	Abrir/Fechar e Afinar Homag 2 lado interior
4/5	Ajustar Zona transferência de placas
6	Abrir/Fechar e Afinar Homag 1 lado interior
7	Afinar Guias de entrada
8	Afinar Homag 1 lado exterior
9	Afinar Pré Corte lado interior
10	Afinar Homag 2 lado exterior
11	Afinar Pré Corte lado exterior
12	Verificação de produto conforme
13	Ajustar Máquina das caixas
	- Inclui Ajustar Cadeiras laterais
	- Inclui Ajustar Cadeiras traseiras
	- Inclui Ajustar Braço Transfridor
	- Inclui Ajustar Garra Pack
	- Inclui Ajustar Guias das Caixas
	- Inclui Ajustar Consola

Setup 905 x 295 <-> 1200 x 185	
Tarefa	Descrição tarefa
1	Ajustar Zona das Fitas
2	Abrir/Fechar paletizador
3	Ajustar Zona das Gavetas
	- Inclui Mudar gaveta
	- Inclui Mudar rolo de plástico
	- Inclui Mudar guias de cilindro
4	Ajustar Máquina dos inserts
	- Inclui Ajustar Parte retaguarda
	- Inclui Ajustar Parte frente
5	Ajustar Máquina das caixas
	- Inclui Ajustar Contadores Fontrais
	- Inclui Troca de Ferros de Suporte

Figura 34 - Frente dos cartões colocados nas linhas.

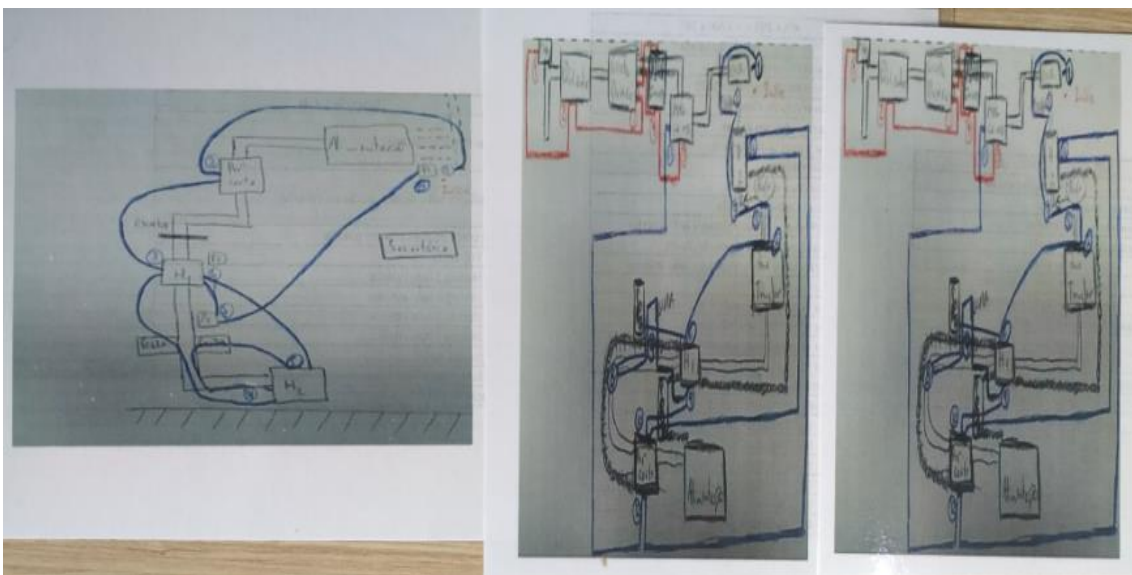


Figura 35 - Verso dos cartões colocados nas linhas.

3.7.3. Modificação da localização de ferramentas

Conforme dito anteriormente durante a realização dos *setups* os funcionários passavam muito tempo à procura de ferramentas que não se encontravam perto do local onde iriam ser utilizadas.

Como tal, procedeu-se a troca de da localização de algumas dessas ferramentas.

Verificou-se que durante a realização de *setups* os trabalhadores não tinham perto de si as ferramentas necessárias para a execução da mudança de configuração de algumas máquinas. Estes teriam de se dirigir a uma estante que se encontrava no cento da linha e procurar numa caixa de metal quais as ferramentas que eram necessárias.

Como forma de evitar perdas de tempo à procura de ferramentas, estas foram colocadas exatamente onde são precisas.

A figura 36 apresenta a mudança de localização efetuada a algumas ferramentas que não se encontravam no local onde eram necessárias.

Antes**Depois**

Figura 36 - Antes e Depois da mudança de localização de algumas ferramentas.

Com o posicionamento das ferramentas necessárias para a execução do *setup* no local onde estas são realmente necessárias aquando da realização do mesmo, o operador irá diminuir o tempo gasto em deslocações promovendo um melhor desempenho do mesmo.

Tal como no exemplo anterior, o colaborador quando chegava à zona das gavetas de plástico não tinha já ao seu dispor todas as ferramentas necessárias para a execução do setup. Este teria de ir à zona de armazenamento das gavetas e recolhê-las.

Como forma de evitar perdas de tempo as gavetas foram colocadas na zona onde seriam necessárias.

A figura 37 apresenta o antes e o depois das gavetas de plástico.



Figura 37 - Antes e Depois da mudança de localização do Funil.

Com a nova localização do funil o operador não tem de procurar pelo funil e transportá-lo para a zona das gavetas visto que este já se encontra posicionado nesse mesmo local.

3.7.4. Utilização de kits de ferramentas em locais estratégicos

Foram também introduzidos kits de ferramentas que continham pequenas chaves nos locais onde estas eram mais utilizadas e obrigam a constantes deslocações por parte dos colaboradores ao armário de ferramentas.

A figura 38 apresenta o kit de ferramentas colocado nas duas zonas mais problemáticas da linha.



Figura 38 - Kit de ferramentas.

3.7.5. Criação de uma lista de ferramentas em falta

Outro dos pontos verificados durante a observação de *setups* e através de conversas informais com os colaboradores foi o facto de haver uma falta de ferramentas nas linhas de corte, sendo muitos vezes necessário ir buscar ferramentas a outras linhas.

Foi, portanto, elaborada uma lista das ferramentas em falta, tabela 11, que posteriormente foi enviada para o responsável para a analisar e encomendar o que achasse que fosse um pedido válido.

Tabela 11 - Ferramentas em falta nas linhas de corte.

chave de bocas						
24/26	1	17,00	17,00	000550630	AF2	
25/28	1	18,00	18,00	000550633		
fita métrica 5m						
	1	11,30	11,30	016920055	AF2	
chave de estrias						
6/7	1	8,00	8,00	000900006	AF2	
10/11	1	9,30	9,30	000900018		
16/17	2	12,90	25,80	000900039		
roquete pequeno						
	1		0,00		AF2	
comparadores Beta						
	18	91,00	1638,00	016620010	AF2/AF3	
comparadores Mitutoyo						
	18	48,00	864,00	A169461	AF2/AF3	
jogo chaves umbrako						
chave 2,5	1	20,80	20,80	000960924	AF2	
chave 3	1					
chave 4	1					
chave 5	1					
chave 3 umbrako cabeça redonda						
	1	26,64	26,64	000960354	AF2	
chave 12 umbrako pequena						
	2		0,00			
soquete sextavado 920						
	1	6,30	6,30	009200013	AF3	
extensão 920/20						
	1	13,50	13,50	009200822		
extensão 920/22						
	1	15,00	15,00	009200826		
junta universal articulada 920/25						
	1	21,30	21,30	009200830		

	Quantidade	Total Comparadores Beta (€)	Total Comparadores Mitutoyo (€)	Total Sem comparadores (€)
Total	37	1 830,94 €	1 056,94 €	180,04 €

Das ferramentas a encomendar é de realçar as extensões 920/20 e 920/22, a junta universal articulada 920/25 e o soquete sextavado 920A presentes na figura 39, este conjunto servirá para reduzir o tempo necessário para desenroscar uns parafusos que neste momento o seu processo é demasiado demorado com as ferramentas tradicionais.



Figura 39 - Ferramenta a ser montada e local onde será aplicada.

3.7.6. Duplicação e Alongamento de ferramentas

Quanto às ferramentas já existentes foi feita uma duplicação da ferramenta para ajustar o interior das Homags, uma vez que esta nem sempre se encontrava disponível e realizado o alongamento de uma ferramenta de modo a aumentar o raio de ação da mesma.

O alongamento da ferramenta irá fazer com que já não seja necessário estar sempre a posicionar a manivela na posição inicial e permitirá que o raio de ação da mesma passe de 180 para 360 graus.

As figuras 40 e 41 apresentam a ferramenta duplicada e a ferramenta alongada nesta ordem.



Figura 40 - Ferramenta duplicada.

A duplicação da ferramenta surge como uma medida para combater o facto de a ferramenta original nem sempre se encontrar disponível no armário de ferramentas.

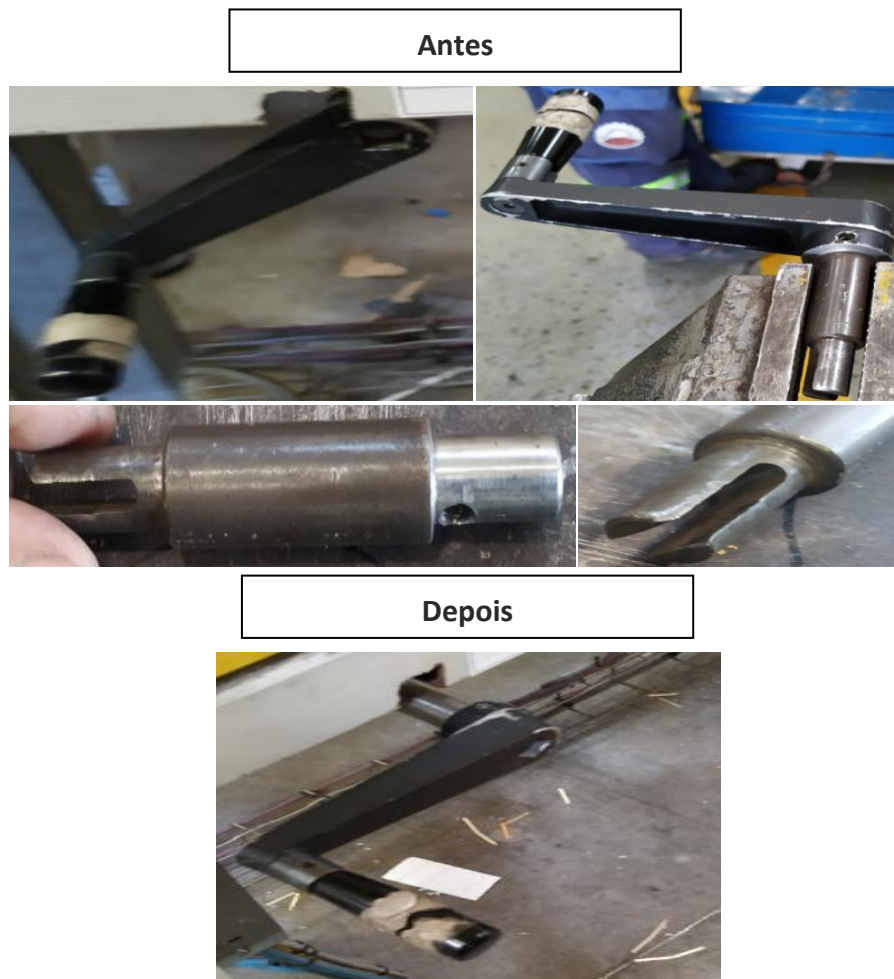


Figura 41 - Alongamento da ferramenta.

O alongamento da ferramenta irá permitir que o operador realize a operação de forma mais rápida e com menor esforço físico.

3.7.7. Criação de etiquetas para contadores

Outra medida aplicada foi a criação de etiquetas para contadores nas mais diversas localizações, conforme se verifica na figura 42. Constatou-se que durante a realização de *setups* os colaboradores estavam sempre a verificar o valor por esquecimento e em alguns locais escreviam nas máquinas.

Esta medida serve para melhorar o aspeto do local de trabalho bem como evitar a necessidade de os trabalhadores estarem sempre a verificar os valores.

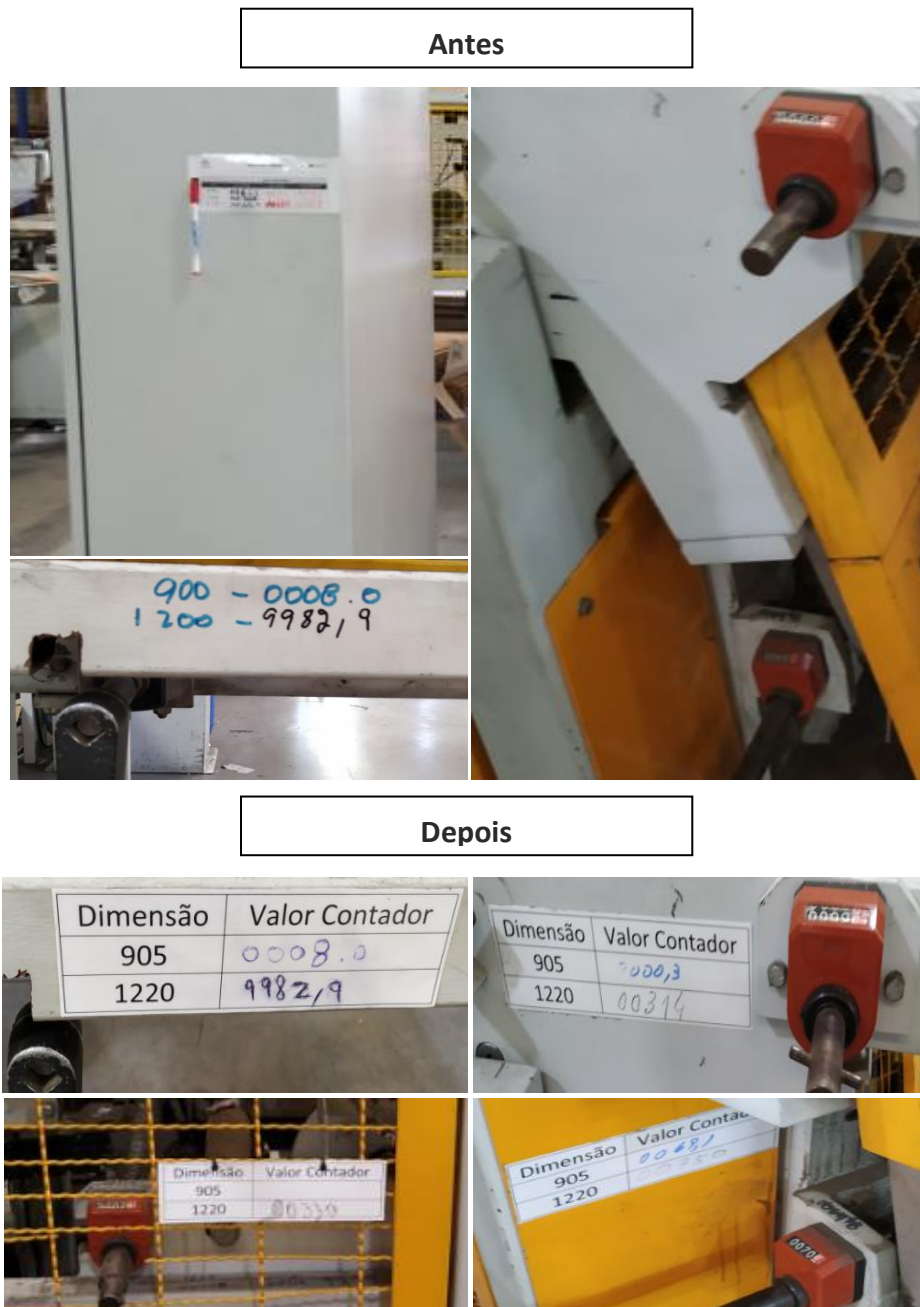


Figura 42 - Etiquetas com o valor dos contadores.

As etiquetas criadas surgem como um auxiliar de memória e permitem não depender da capacidade de retenção do operador que estiver a realizar o *setup*.

3.7.8. Criação de impressos com referências passadas

Foram também criados impressos, Figura 43, colocados juntos das Homags, cuja função é facilitar o processo de abertura e fecho das máquinas ao informar os últimos valores utilizados para determinadas dimensões. É esperado que com estes impressos e o seu histórico, a conformidade do produto será atingida mais rapidamente evitando assim que seja necessário abrir ou fechar as máquinas novamente.

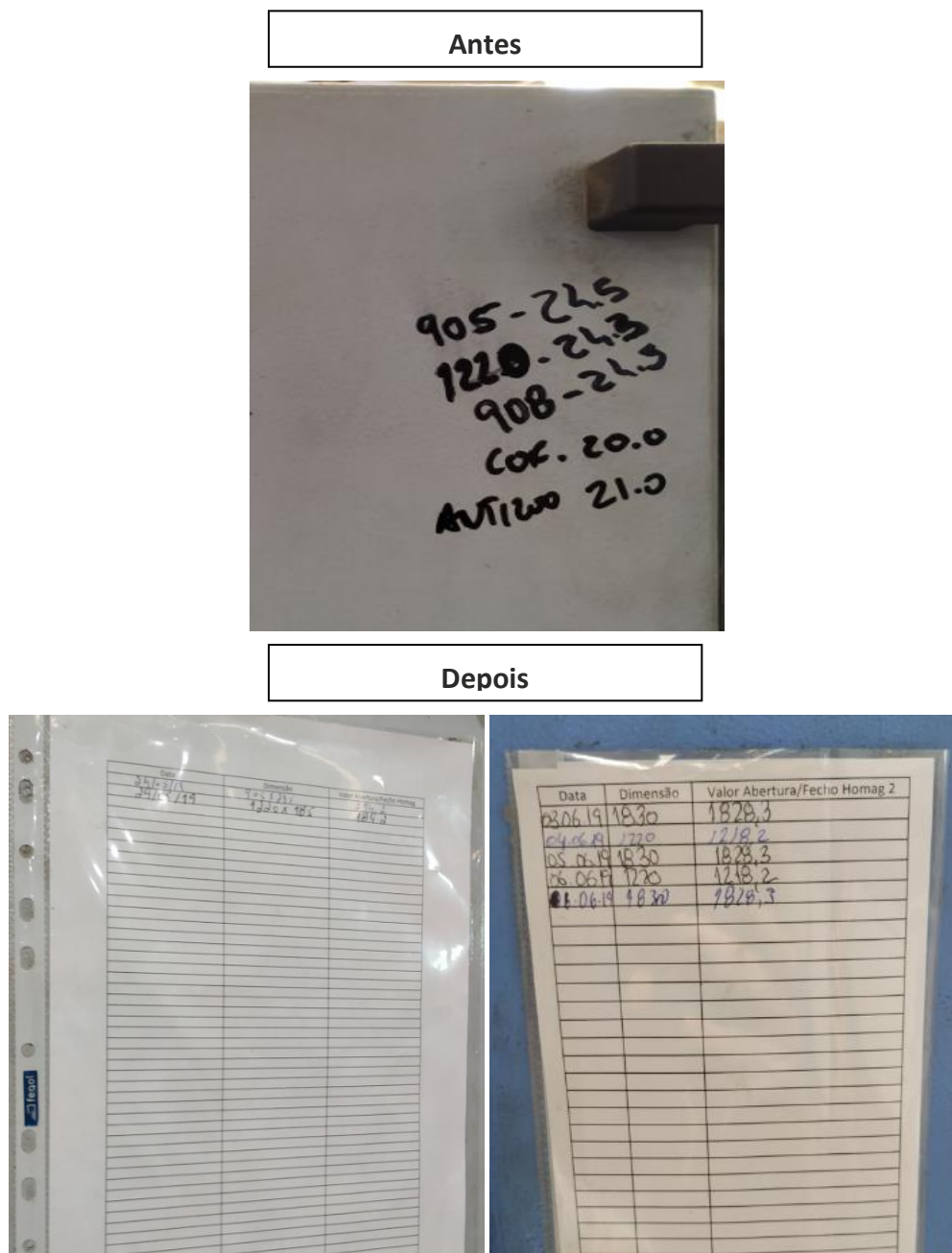


Figura 43 - Impressos colocados nas Homags.

Os impressos colocados nas linhas evitam que os colaboradores escrevam nos equipamentos e permitem ver os valores de abertura e fecho utilizados nos *setups* anteriores promovendo uma redução dos tempos de ajuste seguintes.

3.7.9. Outras medidas

Para além do que já foi dito também se procurou organizar o local de trabalho, nomeadamente assegurar que a mangueira de ar comprimido não ficava estendida no pavimento, adquiriu-se apertos rápidos com intuito de diminuir os tempos de setup e adquiriu-se novos pares de ventosas evitando assim gastar cerca de 1 min e 30 s em retirar e montar ventosas.

Os apertos rápidos e as ventosas adquiridas estão presentes na Figura 44 e a criação do suporte para a mangueira de ar comprimido na Figura 45.



Figura 44 - Apertos rápidos e ventosas adquiridas.

Com esta medida procurou-se manter um local de trabalho limpo, organizado e seguro. Não existia nenhum suporte para a mangueira de ar comprimido encontrando-se esta estendida no chão. Este facto era ainda mais agravante devido ao local onde esta se encontrava, visto ser um local de algum movimento uma vez que durante os *setups* era necessário atuar nessa zona.

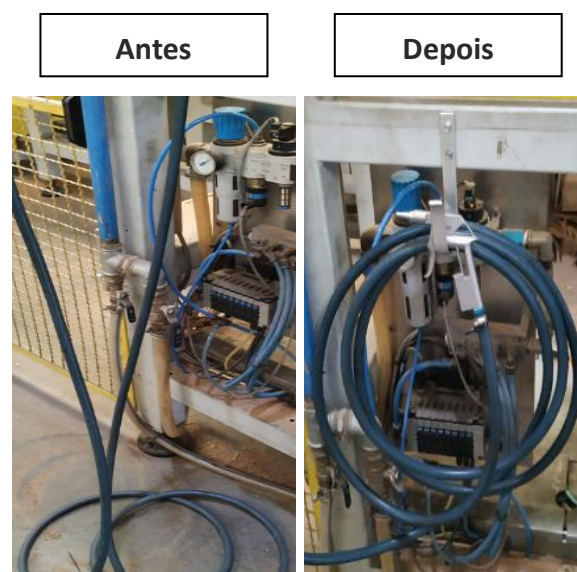


Figura 45 - Suporte para a mangueira de ar comprimido.

3.8 Análise de resultados

Neste subcapítulo é sintetizando tudo o que foi analisado ao longo deste documento.

De forma a poder melhorar o processo de realização de mudanças de série foram implementadas diversas mudanças: procurou-se manter um local de trabalho organizado e com as ferramentas nos locais apropriados, isto é, onde eram mesmo necessárias, e devidamente assinaladas.

Alteraram-se os movimentos dos colaboradores e as novas instruções para os mesmos foram colocadas nas linhas, transformaram-se tarefas internas em tarefas externas, criou-se impressos com valores históricos de abertura e fecho das máquinas de corte com a finalidade de acelerar o processo de conformidade do produto, duplicou-se uma ferramenta, modificou-se uma outra e foi feito um pedido de aquisição de novas ferramentas com a finalidade de facilitar o trabalho dos funcionários.

Em AF2 o tempo objetivo definido na linha era de 120 min e verificou-se com o auxílio da base de dados da empresa que a média histórica era de 194 min. Para este projeto foi definido como objetivo uma redução de 15 % em relação ao tempo observado, sendo este de 64 min, incluindo neste valor movimentações e tempos por atividade, enquanto realizado por 3 colaboradores.

Após a implementação das medidas descritas obteve-se um tempo de *setup* de 66 min o que resulta num aumento do tempo em relação ao observado em 2 min, porém é importante realçar que este novo tempo de *setup* é atingido com apenas 2 colaboradores. Apesar de não se ter atingido uma redução de 15 % em AF2, o facto de o tempo ter permanecido praticamente o mesmo após ter sido retirada força laboral da linha pode ser considerado como um aspeto bastante positivo.

Em AF3 o tempo objetivo definido na linha era de 20 min e verificou-se com o auxílio da base de dados da empresa que a média histórica era de 42 min. A linha de corte de AF3 também tinha como objetivo uma redução de 15% do tempo observado, que se verificou ser 29 min ao ser realizado por 1 operador.

Após a implementação das medidas descritas esse mesmo operador passou a ser capaz de realizar o *setup* em estudo em 22 min, o que representa uma redução de 24 %. Pode-se, portanto, dizer que o objetivo foi cumprido e superou as expectativas iniciais do projeto.

A tabela 12 exhibe os dados acima referidos de forma clara e precisa permitindo assim uma rápida análise dos resultados obtidos neste projeto.

Tabela 12 - Resultados obtidos após a implementação do SMED.

AF2			
	tempo objetivo (min)	tempo média histórica (min)	redução esperada (min)
min	120	194	29
%	100%	162%	15%
	tempo observado (3) (min)	tempo após reorganização das tarefas (2) (min)	redução obtida (min)
min	64	66	-2
%	100%	103%	-3%

AF3			
	tempo objetivo (min)	tempo média histórica (min)	redução esperada (min)
min	20	42	6
%	100%	208%	15%
	tempo observado (1) (min)	tempo após reorganização das tarefas (1) (min)	redução obtida (min)
min	29	22	7
%	100%	76%	24%

4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O projeto realizado na Amorim Revestimentos, descrito ao longo do relatório, surge no âmbito da dissertação de mestrado em Engenharia e Gestão Industrial e incidiu sobre o estudo das mudanças de série em duas linhas de corte.

O objetivo delineado para este projeto era alcançar uma redução do tempo observado para a realização de *setups* em 15 % nas duas linhas em estudo. Para o atingir foi aplicada a ferramenta SMED e desenvolvido um plano de ação em conjunto com a colaboração da manutenção e do envolvimento dos colaboradores das linhas.

As alterações propostas possibilitaram melhorias nos processos, contudo os objetivos propostos não foram alcançados na sua totalidade. Em AF2 verificou-se um aumento de 2 min no tempo necessário para a realização de *setups* sendo que nesta situação houve a atenuante extraordinária da redução da força laboral. Em AF3 os objetivos foram atingidos e ultrapassados, ocorrendo uma redução de 7 min em relação ao tempo observado.

Os principais obstáculos encontrados foram o facto de ser impossível de se prever quando seria feita a realização dos *setups*, as constantes mudanças na produção diária devido a encomendas urgentes e atrasos e a indisponibilidade do contributo da manutenção em alguns momentos devido ao excesso da carga de trabalho.

A comunicação com os colaboradores das linhas no início deste projeto foi um dos momentos-chave visto que estes puderam dizer o que achavam e o que podia ser melhorado do seu trabalho diário fazendo-os sentir envolvidos no projeto desde o seu princípio. Devido a esse facto a relação com os colaboradores foi de proveito mútuo, grande parte da informação obtida sobre os procedimentos no chão de fábrica foi proveniente dos mesmos e estes sentiram-se mais abertos a novas ideias e novos procedimentos de trabalho.

Este projeto veio assim realçar a importância da aplicação da metodologia SMED como ferramenta capaz de obter reduções de tempo em situações de mudanças de série.

Como trabalhos futuros, sugere-se para as linhas em questão a conclusão das atividades que foram definidas no plano de ação de melhorias e uma atitude de continuidade e manutenção dos novos procedimentos. Tendo em consideração os ganhos obtidos com este projeto sugere-se também a promoção de projetos de melhorias para as restantes linhas de produção.

**REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of production economics*, 107(1), 223-236.

Abraham, A., Ganapathi, K. N., & Motwani, K. (2012). Setup time reduction through SMED technique in a stamping production line. *SASTECH Journal*, 11(2), 47-52.

Ahmad, R., & Soberi, M. S. F. (2018). Changeover process improvement based on modified SMED method and other process improvement tools application: an improvement project of 5-axis CNC machine operation in advanced composite manufacturing industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(1-4), 433-450.

Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709-756.

Aldebrand, B., Camargo, L. F. D. C., Notter, B. T., Rocha, F. J. D. S., Weber, T. R., Wolf, M. R., & Henrich, C. E. (2019) A Implantação De Produção Em Massa—Henry Ford.

Allahverdi, A., & Soroush, H. M. (2008). The significance of reducing setup times/setup costs. *European Journal of Operational Research*, 187(3), 978-984.

Almomani, M. A., Aladeemy, M., Abdelhadi, A., & Mumani, A. (2013). A proposed approach for setup time reduction through integrating conventional SMED method with multiple criteria decision-making techniques. *Computers & Industrial Engineering*, 66(2), 461-469.

Amorim Revestimentos, (2013a), Manual da Qualidade

Amorim Revestimentos, (2013b), Rumo ao Desenvolvimento Sustentável

Amorim Revestimentos, (2017), Relatório Anual Consolidado

Amorim Revestimentos, (2018), Manual da Amorim Revestimentos, S.A.

Ani, B. C., Norzaimi, M., Shafei, B., & Solihin, M. S. (2014). The effectiveness of the single minute exchange of die (SMED) technique for the productivity improvement. In *Applied mechanics and materials* (Vol. 465, pp. 1144-1148). Trans Tech Publications.

Araujo, R., Santos, G., da Costa, J. B., & Sá, J. C. (2019). The Quality Management System as a Driver of Organizational Culture: An Empirical Study in the Portuguese Textile Industry. *Quality Innovation Prosperity*, 23(1), 1-24.

Bajpai, J. D. (2014, December). Smed (single-minute exchange of die) methodology in garment manufacturing industry: Case study in reducing style change over time.

In Proceedings of the 5th International & 26th All India Manufacturing Technology, Design and Research Conference (AIMTDR 2014), Guwahati, India (pp. 12-14).

Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated manufacturing systems*, 8(2), 110-117.

Bhagwat, N. V. (2005). Balancing a U-Shaped Assembly Line by applying Nested Partitions Method (No. IS-T 2504). Ames Lab., Ames, IA (United States).

Boran, S., & Ekincioglu, C. (2017). A novel integrated SMED approach for reducing setup time. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 92(9-12), 3941-3951.

Braglia, M., Frosolini, M., & Gallo, M. (2017). SMED enhanced with 5-Whys Analysis to improve set-up reduction programs: the SWAN approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 90(5-8), 1845-1855.

Brito, M., Ramos, A. L., Carneiro, P., & Gonçalves, M. A. (2017). Combining SMED methodology and ergonomics for reduction of setup in a turning production area. *Procedia Manufacturing*, 13, 1112-1119.

Cakmakci, M. (2009). Process improvement: performance analysis of the setup time reduction-SMED in the automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 41(1-2), 168-179.

Cakmakci, M., & Karasu, M. K. (2007). Set-up time reduction process and integrated predetermined time system MTM-UAS: A study of application in a large size company of automobile industry. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 33(3-4), 334-344.

Campos, V. F. (1992). TQC – Controle da qualidade total: no estilo japonês. (5° ed.). Minas Gerais.

Chi, H. (2011). 1 5S implementation in Wan Cheng Industry Manufacturing Factory in Taiwan.

Chiarini, A. (2013). Waste savings in patient transportation inside large hospitals using lean thinking tools and logistic solutions. *Leadership in Health Services*, 26(4), 356-367.

Christoph Roser (August 23, 2016). The History of Manufacturing – Part 2: Middle Ages to Industrial Revolution [Blog]. Recuperado de https://www.allaboutlean.com/firstlecture_hom_2/

Coimbra, E.A. (2009). Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains. 1st edition, Kaizen Institute.

Cordeiro, G. U. (2019) Aplicação das Ferramentas Lean no setor de Manutenção Industrial. *Engevista*, 21(1), 1-13.

Costa, C., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. (2018). Implementation of 5s Methodology in a Metalworking Company. Daaam International Scientific Book.

Costa, E., Bragança, S., Sousa, R., & Alves, A. (2013). Benefits from a SMED Application in a Punching Machine. *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering*, 7(5), 373-379.

Costa, M. J. R., Gouveia, R. M., Silva, F. J. G., & Campilho, R. D. S. G. (2018). How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94(9-12), 3041-3063.

Courtois, A., M. Pillet, and C. Martin-Bonnefous. (2003). *Gestão da Produção*, Lidel - edições técnicas, lda.

Coutinho, C. P., Sousa, A., Dias, A., Bessa, F., Ferreira, M. J. R. C., & Vieira, S. R. (2009). *Investigação-acção: metodologia preferencial nas práticas educativas*.

Crainer, S. (2002). *As 75 melhores decisões administrativas de todos os tempos*. Editora Manole Ltda.

Culley, S., Mileham, A., McIntosh, R., & Owen, G. (2001). *Improving Changeover Performance*. Elsevier.

Dahlgaard-Park, S. M., & Bendell, T. (2006). A review and comparison of six sigma and the lean organisations. *The TQM magazine*.

Das, B., Venkatadri, U., & Pandey, P. (2014). Applying lean manufacturing system to improving productivity of airconditioning coil manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1-4), 307-323.

Dave, Y., & Sohani, N. (2012). Single Minute Exchange of Dies: Literature Review. *International Journal of Lean Thinking*, 3(2), 27-37.

Dean Jr, J. W., & Bowen, D. E. (1994). Management theory and total quality: improving research and practice through theory development. *Academy of management review*, 19(3), 392-418.

Desai, M. S. (2012). Productivity enhancement by reducing setup time-SMED: case study in the automobile factory. *Global Journal of Research In Engineering*, 12(5-A).

Díaz-Reza, J., García-Alcaraz, J., Martínez-Loya, V., Blanco-Fernández, J., Jiménez-Macías, E., & Avelar-Sosa, L. (2016). The effect of SMED on benefits gained in maquiladora industry. *Sustainability*, 8(12), 1237.

Dillon, A. P., & Shingo, S. (1985). *A revolution in manufacturing: the SMED system*. CRC Press.

Dinis-Carvalho, J., Moreira, F., Bragança, S., Costa, E., Alves, A., & Sousa, R. (2015). Waste identification diagrams. *Production Planning & Control*, 26(3), 235-247.

Eldridge, C., Mileham, A. R., McIntosh, R. I., Culley, S. J., Owen, G. W., & Newnes, L. B. (2002). Rapid changeovers-the run up problem. In Conference on CAD/CAM Robotics and Factories of the Future (CARS&FOF2002).

Esa, M. M., Rahman, N. A. A., & Jamaludin, M. (2015). Reducing high setup time in assembly line: A case study of automotive manufacturing company in Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 211, 215-220.

Faccio, M. (2013). Setup time reduction: SMED-balancing integrated model for manufacturing systems with automated transfer. *International Journal of Engineering and Technology*, 5(5), 4075-4084.

Feld, W. M. (2000). *Lean manufacturing: tools, techniques, and how to use them*. CRC press.

Ferradás, P. G., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: a tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, 598-603.

Filip, F. C., & Marascu-Klein, V. (2015). The 5S lean method as a tool of industrial management performances. In IOP conference series: materials science and engineering (Vol. 95, No. 1, p. 012127). IOP Publishing.

Gest, G., Culley, S. J., McIntosh, R. I., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (1995). Review of fast tool change systems. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 8(3), 205-210.

Gonçalves, J. E. L. (2000). As empresas são grandes coleções de processos. *Revista de administração de empresas*, 40(1), 6-9.

Gupta, A. K., & Garg, R. K. (2012). OEE improvement by TPM implementation: a case study. *International Journal of IT, Engineering and Applied Sciences Research*, 1(1), 115-124.

Hammer, M., & Champy, J. (1994). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution* (HarperBusiness, New York).

Harrington, H. J. (1991). *Business process improvement: The breakthrough strategy for total quality, productivity, and competitiveness*. McGraw Hill Professional.

Hedman, R., Subramaniyan, M., & Almström, P. (2016). Analysis of critical factors for automatic measurement of OEE. *Procedia CIRP*, 57, 128-133.

Heizer, J. and Render, B. (2009), "Operations Management Flexible Edition", 9th ed., Pearson Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.

Hinckley, C. M. (2007). Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. *Accreditation and quality assurance*, 12(5), 223-230.

Hirano, H. (1995). *5 pillars of the visual workplace*. Productivity press.

Hirano, H. (2016). *JIT Implementation Manual--The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing: Volume 2--Waste and the 5S's*. Productivity Press.

- Ho, S. K. (1999). The 5-S auditing. *Managerial Auditing Journal*, 14(6), 294-302.
- Holtskog, H. (2013). Continuous Improvement beyond the Lean understanding. *Procedia CIRP*, 7, 575-579.
- Hopp, W. J., & Spearman, M. L. (2004). To pull or not to pull: what is the question? *Manufacturing & service operations management*, 6(2), 133-148.
- Imago História (2017, January 25). *Revolução Industrial: Artesanato, Manufatura e Indústria* [Blog]. Recuperado de <https://imagohistoria.blogspot.com/2009/05/revolucao-industrial-1-de-3.html>
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & del Mar Espinosa, M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety science*, 78, 163-172.
- Joshi, R. R., & Naik, G. R. (2012). Application of SMED methodology—a case study in small scale industry. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2(8), 1-4.
- Juran, J., & Godfrey, A. B. (1999). *Quality handbook*. Republished McGraw-Hill, 173-178.
- Kanaganayagam, K., Muthuswamy, S., & Damodaran, P. (2015). Lean methodologies to improve assembly line efficiency: An industrial application. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 20(1), 104-116.
- Karam, A. A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886-892.
- Karasu, M. K., Cakmakci, M., Cakiroglu, M. B., Ayva, E., & Demirel-Ortabas, N. (2014). Improvement of changeover times via Taguchi empowered SMED/case study on injection molding production. *Measurement*, 47, 741-748.
- Karim, A., & Arif-Uz-Zaman, K. (2013). A methodology for effective implementation of lean strategies and its performance evaluation in manufacturing organizations. *Business Process Management Journal*, 19(1), 169-196.
- Karkoszka, T., & Szewieczek, D. (2007). Risk of the processes in the aspect of quality, natural environment and occupational safety. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 20(1-2), 539-542.
- Kester, J., Stranski, M., Johnson, T., Knight, T., Ruder, D., Guan, X., & Aft, L. (2013). A lean look at ergonomics. *Industrial engineer*, 45(3), 28-32.
- Krawjeski, L.J. and Ritzman, L.P. (2002), "Operations Management: Strategy and Analysis", 6th ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Marchwinski, C., Shook, J., & Alexis, S. (2008). *Lean Lexicon: a graphical glossary for Lean Thinkers* [4.0] (4th ed.).

Liker, J. (2004). *The Toyota Way: Fourteen Management Principles From the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill.

Liker, J. K., & Meier, D. (2006). *The Toyota way fieldbook: a practical guide for implementing Toyotas 4Ps*. New York: McGraw-Hill.

MacDuffie, J. P., & Helper, S. (1997). Creating lean suppliers: diffusing lean production through the supply chain. *California management review*, 39(4), 118-151.

Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. (2018). A practical study of the application of SMED to electron-beam machining in automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 17, 647-654.

Marvel, J. H., & Standridge, C. R. (2009). Simulation-enhanced lean design process. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 2(1), 90-113.

McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2000). A critical evaluation of Shingo's 'SMED' (Single Minute Exchange of Die) methodology. *International Journal of Production Research*, 38(11), 2377-2395.

McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2001). Improving changeover performance. *Improving Changeover Performance*.

McIntosh, R., Owen, G., Culley, S., & Mileham, T. (2007). Changeover improvement: reinterpreting Shingo's "SMED" methodology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 54(1), 98-111.

Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: what lean thinking has to offer the process industries. *Chemical engineering research and design*, 83(6), 662-673.

Meredith Belbin, R. (2011). Management teams: Why they succeed or fail. *Human Resource Management International Digest*, 19(3).

Michalska, J., & Szewieczek, D. (2007). The 5S methodology as a tool for improving the organization. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 24(2), 211-214.

Min, W., Pheng, L. S. (2007). Modeling just-in-time purchasing in the ready mixed concrete industry. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 190-201.

Moxham, C., & Greatbanks, R. (2001). Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: A study in a textile processing environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 18(4), 404-414.

Nakajima, S. (1988), "Introduction to Total Productive Maintenance", Cambridge, MA, Productivity Press.

Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. CRC Press.

- Oliveira, J., Sá, J. C., & Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089.
- Omogbai, O., & Salonitis, K. (2017). The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach. *Procedia CIRP*, 60, 380-385.
- Patel, V. C., & Thakkar, H. (2014). A case study: 5s implementation in ceramics manufacturing company. *Bonfring International Journal of Industrial Engineering and Management Science*, 4(3), 132-139.
- Peterson, J., & Smith, R. (2001). *The 5S Pocket Guide*, Quality Resources, New York.
- Pinho, A. F. D., Leal, F., Montevechi, J. A. B., & Almeida, D. D. (2007). Combinação entre as técnicas de fluxograma e mapa de processo no mapeamento de um processo produtivo. *Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 27.
- Pinto, J. (2014). *Introdução ao pensamento Lean - A filosofia das organizações vencedoras*. Lisboa: Lidel Edições Técnicas Lda.
- Rainer Sousa (2019). Os resultados da Primeira Guerra Mundial [Blog]. Recuperado de <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/historiageral/os-resultados-primeira-guerra-mundial.htm>
- Reik, M. P., McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2006). A formal design for changeover methodology. Part 1: theory and background. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 220(8), 1225-1235.
- Rewers P., Trojanowska J., Chabowski P., Tools and methods of Lean Manufacturing - a literature review, proceedings of 7th International Technical Conference Technological Forum 2016, Czech Republic, 28-30.06.2016, pp.135-139
- Ribeiro, D., Braga, F., Sousa, R. M., & Silva, S. C. (2011). An application of the SMED methodology in an electric power controls company. *Romanian Review Precision Mechanics, Optics and Mechatronics*, 40(40), 115-122.
- Risatti, H. (2009). *A theory of craft: function and aesthetic expression*. Univ of North Carolina Press.
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. D. S. G. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 13, 1034-1042.
- Russel, R. S., & Taylor, B. W. (2009). *Operations Management, Creating Value Along the Supply Chain*, John Willey & Sons. Inc., USA.
- Rüttimann, B. G. (2017). *Lean compendium: introduction to modern manufacturing theory*. Springer.

- Sá, J. C., Carvalho, D., & Sousa, R. M. (2011). Waste identification diagrams. In CLME'2011/IIICEM–6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia-3º Congresso de Engenharia de Moçambique.
- Sabadka, D., Molnar, V., & Fedorko, G. (2017). The use of lean manufacturing techniques–SMED analysis to optimization of the production process. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 11(3).
- Schonberger, R. J. (2007). Japanese production management: An evolution—With mixed success. *Journal of Operations Management*, 25(2), 403-419.
- Senderská, k., Mareš, a., & Václav, š. (2017). Spaghetti diagram application for workers' movement analysis. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 79(1).
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of operations management*, 21(2), 129-149.
- Sherali, H. D., Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2008). A quantitative approach for scheduling activities to reduce set-up in multiple machine lines. *European Journal of Operational Research*, 187(3), 1224-1237.
- Shingo S., (2000), *O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas*, Bookman Editora
- Shingo, S., & Dillon, A. P. (1989). *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press.
- Sim, K. L., & Rogers, J. W. (2009). Implementing lean production systems: barriers to change. *Management research news*.
- Sousa, E., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, M. T., Gouveia, R., & Silva, R. P. (2018). Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, 17, 611-622.
- Sousa, R. M., Lima, R. M., Carvalho, J. D., & Alves, A. C. (2009, December). An industrial application of resource constrained scheduling for quick changeover. In 2009 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (pp. 189-193). IEEE.
- Sproull, B. (2012). *The ultimate improvement cycle: maximizing profits through the integration of lean, six sigma, and the theory of constraints*. Productivity Press.
- Stadnicka, D. (2015). Setup analysis: combining SMED with other tools. *Management and Production Engineering Review*, 6(1), 36-50.
- Stamatis, D. H. (2010). *The OEE Primer: Understanding Overall Equipment Effectiveness Reliability, and Maintainability*. New York: Productivity Press.
- Sugai, M., McIntosh, R. I., & Novaski, O. (2007). *Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso*. Gestão & Produção.

- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & UCHIKAWA, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *The International Journal of Production Research*, 15(6), 553-564.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. S. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, 97, 1875-1885
- Sunder, M. V. (2013). Synergies of lean six sigma. *IUP Journal of Operations Management*, 12(1), 21.
- Tapping, D., & Shuker, T. (2010). *Lean Office: Gerenciamento do fluxo de valor para áreas administrativas - 8 passos para planejar, mapear e sustentar melhorias Lean nas áreas administrativas*. São Paulo: Leopardo Editora.
- Tiwari, A., Turner, C., & Sackett, P. (2007). A framework for implementing cost and quality practices within manufacturing. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 18(6), 731-760.
- Ulutas, B. (2011). An application of SMED Methodology, *World Academy of Science. Eng Tech*, 55, 100-103.
- Vamsi Krishna Jasti, N., & Kodali, R. (2014). A literature review of empirical research methodology in lean manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management*, 34(8), 1080-1122.
- Van Goubergen, D. (2008). Set-up reduction for lean cells and multi-machine situations. In *Lean Business Systems and Beyond* (pp. 295-303). Springer, Boston, MA.
- Van Goubergen, D., & Van Landeghem, H. (2002). Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. *Robotics and computer-integrated manufacturing*, 18(3-4), 205-214.
- Vieira, E. L. (2017) Proposta de melhoria no layout de uma empresa fabricante de utensílios domésticos em alumínio.
- Werkema, C. (2006). *Lean Seis Sigma Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing*. Belo Horizonte: Werkema Editora.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), 1148-1148.
- Womack, J.P. and Jones, D.T. (2003), *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*, 2nd ed., Simon & Schuster, London, pp. 15-90.
- Womack, J.P., Jones, D.T. and Roos, D. (1990), *The Machine that Changed the World*, Rawson Associates/Macmillan Publishing Company, New York, NY.