



ANÁLISE E MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA INDUSTRIAL

JOSÉ EDUARDO PINHO BOTELHO MADUREIRA SANTOS

novembro de 2021

ANÁLISE E MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA INDUSTRIAL

José Eduardo Pinho Botelho Madureira Santos
1070580

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica





ANÁLISE E MELHORIA DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA INDUSTRIAL

José Eduardo Pinho Botelho Madureira Santos
1070580

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica - Ramo Gestão Industrial, realizada sob a orientação do Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira.

2021

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica





JÚRI

Presidente

Professora Doutora Delfina Gabriela Garrido Ramos

Professor Adjunto Convidado, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira

Professor Coordenador, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Professora Doutora Ana Cristina Ferreira

Professora Auxiliar, Faculdade de Engenharias e Tecnologias, Universidade Lusíada Norte - Campus Vila Nova Famalicão

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento e conclusão desta dissertação de mestrado foi exequível devido à colaboração e acompanhamento de algumas pessoas que se revelaram imprescindíveis durante esta etapa.

Primeiramente, agradecer à empresa Gewiss Portugal pela oportunidade de desenvolver o projeto, em especial à Engenheira Tânia Leite, a minha orientadora na empresa e à Engenheira Inês Oliveira, cuja contribuição e auxílio foram essenciais para a concretização do mesmo.

Um agradecimento especial também ao meu orientador de estágio, Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, pelo apoio disponibilizado, conhecimento e colaboração.

Por fim, gostaria de agradecer à minha família e à Diana por toda a paciência, apoio e incentivo.

PALAVRAS CHAVE

Produção *Lean*; Ferramentas *Lean*; Eliminar Desperdícios

RESUMO

Nos dias de hoje, com um mercado totalmente globalizado e extremamente competitivo e rigoroso, para que uma empresa seja bem sucedida, é indispensável que todos os colaboradores, de forma contínua, contribuam para a eliminação de desperdícios. A metodologia *Lean Manufacturing* e as suas ferramentas têm vindo a ser um meio fundamental para as empresas atingirem tal resultado.

No âmbito desta dissertação de mestrado, realizada durante o projeto desenvolvido na empresa Gewiss Portugal, foi analisada uma linha de produção desta empresa industrial e foram implementadas oportunidades de melhoria no processo produtivo desta linha de produção, recorrendo-se à aplicação da metodologia e ferramentas *Lean*.

Após analisar o processo produtivo da linha de produção, foram sugeridas propostas de melhoria, tendo-se posteriormente avançado com a implementação das mesmas. Com a aplicação das propostas de melhoria, obteve-se um tempo de tarefas semelhante em todos os postos de trabalho, um layout onde foi possível inserir um equipamento de teste para validar os produtos que passam numa das fases produtivas e eliminar duas saídas da linha, assim como uma redução das deslocações, traduzida na eliminação das deslocações à estante e na redução em 65% das deslocações para trocar de posto de trabalho. Estas melhorias traduzem-se numa redução do tempo de processamento dos aparelhos de 234s e um aumento de capacidade de 38%.

KEYWORDS

Lean Production; Lean Tools; Eliminate Waste

ABSTRACT

Nowadays, with a market that is totally globalized, extremely competitive and rigorous, for a company to be successful, it is essential to eliminate waste. The Lean Manufacturing methodology and its tools has been the fundamental way for companies to achieve this result.

Within the scope of this master's degree dissertation, carried out during the project developed at Gewiss Portugal, a production line was analyzed and opportunities were identified targeting the improvement in the production process, using the application of Lean methodology and tools.

After analyzing the production process of the production line, proposals for improvement were suggested, and later progress was made with their implementation. With the application of the improvements, it was possible to eliminate two product movements to outside the line, reduce operator displacements, as decrease the workstation changes, in 65%. Additionally, we obtained a new layout where it was possible to place a test equipment, to validate the products, and we balance the tasks time in all workstations.

These improvements translated into several gains in the productive process like a processing time reduction of 234s and a increasing of the capacity in 38%.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

5S	<i>Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu e Shitsuke</i>
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
CNC	<i>Computer Numeric Control</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve e Control</i>
DMC	<i>Data Matrix Code</i>
EIL	Etiqueta de Início de Lote
FIFO	<i>First In First Out</i>
LLB	<i>Lean Line Balancing</i>
METIP	Metodologias de Investigação e Planeamento
MRP	<i>Material Requirements Planning</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan-Do-Check-Act</i>
PMP	<i>Preventive Maintenance Plans</i>
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TWI	<i>Training Industry Program</i>
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WIP	<i>Work In Process</i>

Lista de Unidades

kg	Quilograma
m	Metro
m ³	Metro cúbico
s	Segundo
Wh	Watt-hora

Lista de Símbolos

%	Porcentagem
---	-------------

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Bottleneck</i>	Estrangulamento; Posto de trabalho com mais solicitações que a sua capacidade máxima.
<i>Heijunka</i>	Significa nivelamento; permite otimizar a capacidade de forma mais adequada para atender à procura.
<i>Kanban</i>	Cartão que controla os fluxos de produção ou transportes em uma indústria
<i>Layout</i>	Representação 2D do processo produtivo e do fluxo de operações
<i>Lean</i>	Metodologia de trabalho que pretende eliminar desperdícios e incentivar á melhoria contínua
<i>Poka-Yoke</i>	Mecanismo anti erro
<i>Six Sigma</i>	Conjunto de técnicas e ferramentas para melhorar processos de forma a produzir peças livres de defeitos
<i>Standard Work</i>	Normalização do trabalho/tarefas; criar procedimentos de trabalho
<i>Takt time</i>	Ritmo produtivo necessário para satisfazer a procura

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - CICLO DE O'LEARY (KOSHY, 2005)	2
FIGURA 2 - INSTALAÇÕES DA GEWISS PORTUGAL	3
FIGURA 3 - APARELHO RMTOP	21
FIGURA 4 - APARELHO CM	21
FIGURA 5 - APARELHO CTO	22
FIGURA 6 - EXEMPLO DE PLANO DE PRODUÇÃO	22
FIGURA 7 - <i>LAYOUT</i> DA LINHA COM MOVIMENTAÇÕES	24
FIGURA 8 - <i>LAYOUT</i> DAS MOVIMENTAÇÕES FORA DA LINHA	25
FIGURA 9 - ESTANTE DA LINHA DE PRODUÇÃO	25
FIGURA 10 - DISPOSIÇÃO DAS CAIXAS DE COMPONENTES	26
FIGURA 11 - EXEMPLOS DE ACUMULAÇÃO DE PRÉ-MONTAGENS	26
FIGURA 12 - POSTO DE TRABALHO P1	27
FIGURA 13 - DISPOSITIVOS AUXILIARES DE MONTAGEM	27
FIGURA 14 - POSTO DE TRABALHO P2	27
FIGURA 15 - POSTO DE TRABALHO P3	28
FIGURA 16 - POSTO DE TRABALHO P4	28
FIGURA 17 - POSTO DE TRABALHO P5	28
FIGURA 18 - EQUIPAMENTO DE TESTE FINAL	29
FIGURA 19 - POSTO DE TRABALHO EMBALAGEM	29
FIGURA 20 - TEMPO POR POSTO DE TRABALHO DO ESTADO ATUAL	30
FIGURA 21 - POSTO P4	32
FIGURA 22 - <i>LAYOUT</i> DA LINHA COM DESLOCAÇÕES FORA DA LINHA	33
FIGURA 23 - FLUXO DE MONTAGEM DO RMTOP	34
FIGURA 24 - ETIQUETA DE INÍCIO DE LOTE DO RMTOP	37
FIGURA 25 - EXEMPLO DE POSTO DE TRABALHO COM DOIS PONTOS DE RECOLHA	37
FIGURA 26 - CONTENTOR IDENTIFICADO COM CÓDIGO DMC	38
FIGURA 27 - POSTO P1	38
FIGURA 28 - EXEMPLO DA DISPOSIÇÃO DOS COMPONENTES NUM POSTO DE TRABALHO	39
FIGURA 29 - POSTO P2	39
FIGURA 30 - ESQUEMA DE COMPONENTES POR POSTO DE TRABALHO	40
FIGURA 31 - PRÉ-MONTAGENS DO ESTADO FUTURO	40
FIGURA 32 - FIO E CONTACTO COM ESTANHO	41
FIGURA 33 - FIO E CONTACTO SEM ESTANHO	41
FIGURA 34 - PLACA ELETRÓNICA COM ESTANHO	41
FIGURA 35 - PLACA ELETRÓNICA SEM ESTANHO	41
FIGURA 36 - DISPOSITIVOS ELIMINADOS DO POSTO P1	42
FIGURA 37 - DISPOSITIVO DE AUXÍLIO À SOLDADURA SEM BASE	42
FIGURA 38 - DISPOSITIVO DE AUXÍLIO À SOLDADURA COM BASE	42
FIGURA 39 - VERIFICAÇÃO DA RESISTÊNCIA	42

FIGURA 40 - EQUIPAMENTO DE VERIFICAÇÃO DOS MICRO-SWITCH	42
FIGURA 41 - ARMADURA	43
FIGURA 42 - PRENSA DA ARMADURA	43
FIGURA 43 - TEMPO POR POSTO DE TRABALHO DO ESTADO FUTURO	44
FIGURA 44 - PROPOSTA DE NOVO LAYOUT	45
FIGURA 45 - KANBAN DA SOLDADURA DA BOBINA	45
FIGURA 46 - EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS COM LOCAL DEDICADO	46
FIGURA 47 - POSTO DE TRABALHO PELO LADO DO ABASTECEDOR	46
FIGURA 48 - ESTRATO DE UMA FOLHA DO DOCUMENTO JBS	47

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - PRODUTOS E RESPECTIVA FUNÇÃO PRODUZIDOS NA GEWISS PORTUGAL	3
TABELA 2 - CINCO PRINCÍPIOS DO <i>LEAN THINKING</i>	7
TABELA 3 - OITO TIPOS DE DESPERDÍCIOS (ADAPTADO DE VIJAYA SUNDER, 2013)	9
TABELA 4 DESCRIÇÃO DOS 5S (ADAPTADO DE JIMÉNEZ ET AL., 2015)	10
TABELA 5 - ESTADO DA ARTE DE ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS	13
TABELA 6- DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES POR POSTO DE TRABALHO	23
TABELA 7 - PROBLEMAS IDENTIFICADOS NA LINHA DE PRODUÇÃO	31
TABELA 8 - PRÉ-MONTAGENS E TEMPO GASTO NA PRODUÇÃO DAS PRÉ-MONTAGENS SEM VALOR ACRESCENTADO (EM DIAS), POR POSTO DE TRABALHO	35
TABELA 9 - RESUMO DAS PROPOSTAS DE MELHORIA ASSOCIADAS A CADA PROBLEMA	36
TABELA 10 - EVIDÊNCIA FOTOGRÁFICA DO ANTES E DEPOIS DA ESTANHAGEM DOS COMPONENTES	41
TABELA 11 - EVIDÊNCIA FOTOGRÁFICA DO ANTES E DEPOIS DE COLOCAR A BASE	42
TABELA 12 - QUANTIDADES PRODUZIDAS EM 2020	43
TABELA 13 - RESUMO DA MELHORIA OBTIDA PARA CADA PROPOSTA	48
TABELA 14 - ALTERAÇÕES AO PROCESSO DE MONTAGEM	49
TABELA 15 - ESTADO DE IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS	54

ÍNDICE

RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XIII
GLOSSÁRIO DE TERMOS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Enquadramento do trabalho	1
1.2 Objetivos do trabalho	1
1.3 Metodologia de investigação.....	2
1.4 Apresentação da empresa	3
1.5 Conteúdo e organização da dissertação	4
2 REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
2.1 Origem do Lean Manufacturing.....	7
2.2 Princípios do <i>Lean Thinking</i>	7
2.3 Tipos de desperdícios	8
2.4 Ferramentas <i>Lean</i>	9
2.4.1 VSM	9
2.4.2 5S.....	10
2.4.3 Standard Work	11
2.4.4 Gestão Visual.....	11
2.4.5 Poka-Yoke.....	12
2.4.6 Heijunka.....	12

2.5	Análise e melhoria de processos.....	13
3	ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO	21
3.1	Análise e mapeamento dos processos em estudo.....	22
3.1.1	Programação da produção e abastecimento de material	22
3.1.2	Montagem e testes	22
3.1.2.1	Atividades por posto de trabalho	23
3.1.2.2	<i>Layout</i> , área ocupada e fluxos da linha de montagem	24
3.1.2.3	Disposição dos componentes por posto de trabalho	26
3.1.2.4	Balanceamento	29
3.1.2.5	Análise do fluxo de materiais no processo produtivo (VSM)	30
3.2	Identificação de problemas	30
3.2.1	Plano de produção e fluxo de informação pouco flexível	31
3.2.2	Elevada quantidade de componentes na estante e nos postos de trabalho	31
3.2.3	Postos não balanceados	32
3.2.4	Falta de normalização das tarefas	32
3.2.5	Elevada distância percorrida pelos colaboradores.....	33
3.2.6	Fluxos não contínuos.....	34
3.2.7	Elevada quantidade de pré-montagens e dispositivos auxiliares à montagem	34
3.2.8	Processos de montagem inapropriados ou sem valor	35
3.3	Propostas de melhorias	35
3.3.1	Criação de EIL (planeamento diário)	36
3.3.2	Implementação de abastecimento de componentes por sistema de kanban	37
3.3.3	Disposição dos componentes nos postos de trabalho	38
3.3.4	Reduzir pré-montagens em WIP entre postos	40
3.3.5	Alterações ao processamento dos aparelhos.....	41
3.3.6	Novo balanceamento dos postos de trabalho	43
3.3.7	<i>Layout</i> adequado às necessidades e fluxos.....	44
3.3.8	Implementação de 5S.....	46
3.3.9	Normalização das atividades em cada posto	47
3.4	Análise de resultados.....	47
4	CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	53
4.1	CONCLUSÕES.....	53
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	54
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	59

APÊNDICE A - MEDIDA DE TEMPO DAS TAREFAS.....	67
APÊNDICE B - VSM DO RMTOP	68
APÊNDICE C - TABELA PARA DEFINIR CONTENTORES A UTILIZAR.....	69
APÊNDICE D - DISTÂNCIA PERCORRIDA PARA MUDAR DE POSTO DE TRABALHO	70

1. INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

1.5 CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo irá ser abordado o enquadramento do trabalho, os objetivos, a metodologia de investigação, a apresentação da empresa onde foi realizado o projeto da dissertação de mestrado e também o conteúdo e organização da dissertação.

1.1 Enquadramento do trabalho

Com um mercado cada vez mais caracterizado pela globalização, pela forte concorrência e clientes mais exigentes (Ghobadian et al., 2020; Knol et al., 2018), é essencial que as empresas consigam adotar processos que resultem no mínimo desperdício possível e consigam servir os clientes no tempo desejado.

A filosofia *Lean* tem sido uma das estratégias mais amplamente aceites pelas empresas de todo o mundo, para melhorar o seu desempenho e aumentar a sua produtividade (Abreu-Ledón et al., 2018). A eficácia desta metodologia tem sido demonstrada em vários estudos científicos, como por exemplo no trabalho desenvolvido por (Laureani & Antony, 2018), que acompanharam a implementação da metodologia *Lean* e *Six Sigma*, em 700 empresas internacionais e multissetoriais. Estes autores concluíram que, após a sua implementação, 66% dessas empresas apresentaram melhores resultados, 31% mantiveram os resultados e apenas 3% verificaram piores resultados.

Para se conseguir atingir os resultados pretendidos, é importante o entendimento da filosofia e das ferramentas *Lean* pelos colaboradores em todos os níveis da empresa (Trakulsunti et al., 2020), uma vez que o comprometimento para com os procedimentos associados à metodologia pode resultar numa implementação mal sucedida e numa falha no tratamento dos problemas identificados (Antony et al., 2019).

No âmbito da dissertação do curso de mestrado de Engenharia e Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto, surgiu a oportunidade de realizar um projeto na empresa Gewiss Portugal, com o intuito de melhorar o processo produtivo da linha do RMTOP, através da aplicação de conceitos *Lean*.

1.2 Objetivos do trabalho

O objetivo principal deste projeto é a análise e melhoria de uma linha de produção de uma empresa industrial através da aplicação das ferramentas da metodologia *Lean Manufacturing*, de forma a eliminar desperdícios, melhorar o balanceamento da linha e o tempo de montagem dos aparelhos.

Assim, para se alcançar o objetivo principal, forem estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e avaliar os principais problemas da linha de produção (eliminar desperdícios e tarefas que não acrescentam valor);
- Desenvolver proposta de *layout* (reduzir *stock* intermédio);
- Equilibrar o tempo dos postos de trabalho;
- Normalizar o trabalho;
- Organizar os postos de trabalho (reduzir tempo de procura e de identificação de itens);

1.3 Metodologia de investigação

Para a elaboração deste projeto a metodologia de investigação foi baseada na metodologia *Action-Research* (Mourato et al., 2020; Rodrigues et al., 2019; Monteiro et al., 2019; Dias et al., 2019). Atualmente, a metodologia de investigação *Action-Research* tem sido largamente utilizada em contextos sociais, em áreas como o desenvolvimento organizacional, educação, saúde e assistência social, sendo associada à resolução de problemas coletivos (French, 2009; Gaspar & Leal, 2020; Trakulsunti et al., 2020). Esta metodologia de investigação, utilizada neste trabalho, é baseada no modelo de O'Leary (Figura 1) que retrata o *Action-Research* como um processo cíclico que passa pelos seguintes passos (Koshy, 2005):

- Observar: identificação de problemas e recolha de dados;
- Refletir: avaliação crítica dos problemas identificados;
- Planear: desenvolvimento de um plano de ações com vista à resolução dos problemas;
- Agir: implementação das ações previstas no planeamento.

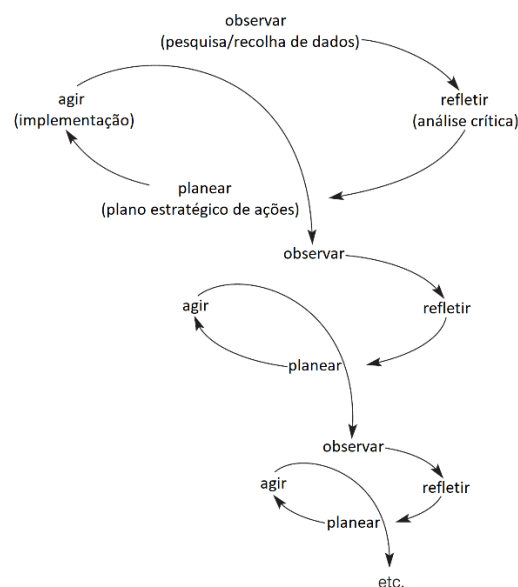


Figura 1 - Ciclo de O'Leary (Koshy, 2005)

Com este modelo, o autor considera que utilizando os ciclos enunciados consegue-se uma melhor compreensão dos problemas identificados e uma implementação das ações planeadas (O’Leary, 2004).

1.4 Apresentação da empresa

A Gewiss Portugal (Figura 2), empresa onde foi desenvolvido o projeto para a dissertação de mestrado, está situada em Penafiel, na Zona Industrial (2ª Fase) em Bustelo, é uma unidade de produção subsidiária do Grupo Gewiss, um grupo internacional cuja casa-mãe é a Gewiss S.p.A. (Gewiss, 2021), e dedica-se à produção de disjuntores, diferenciais e variados aparelhos de rearmamento.






Figura 2 - Instalações da Gewiss Portugal



Atualmente, a Gewiss Portugal encontra-se envolvida num projeto interno de melhoria continua designado “Gewiss ON – Ligados ao futuro” que tem como objetivo a aplicação de metodologias e ferramentas *Lean*.

A Gewiss Portugal tem como visão “ser uma empresa líder no nosso setor, disponibilizando inovação com propósito para a sociedade”, e a missão de “criar valor para os nossos clientes e para a nossa equipa oferecendo soluções inovadoras e escaláveis para edifícios, indústrias e infraestruturas, capazes de ligar pessoas e coisas, melhorando a segurança e a qualidade de vida, sempre orientados pelos valores da integridade, da cultura de excelência e da sustentabilidade”.

A Gewiss Portugal produz disjuntores, diferenciais e aparelhos de rearmamento automático. Os produtos e propósito destes estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Produtos e respetiva função produzidos na Gewiss Portugal

Produto	Função	Imagem do produto
Interrutores diferenciais	Proteger pessoas, bens e animais de choques elétricos	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>IDP</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>BD</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>S2</p>  </div> </div>

Disjuntores	Proteção de instalações	
Rearme automático	Verificação do sistema antes do rearme automático	

1.5 Conteúdo e organização da dissertação

Esta dissertação apresenta-se estruturada em quatro capítulos. Para além do presente capítulo, onde é feita a introdução desta dissertação de mestrado (capítulo 1), será realizada uma revisão de literatura (capítulo 2) sobre a origem do *Lean Manufacturing*, os seus princípios, desperdícios e ferramentas, nomeadamente VSM, 5S, *Standard Work*, Gestão Visual, *Poka-Yoke* e *Heijunka* e também, uma análise e melhoria dos processos relacionados com o *Lean*. No capítulo 3 será apresentada uma análise e melhoria do processo produtivo, nomeadamente uma análise e mapeamento dos processos produtivos em estudo, seguido da identificação de problemas evidenciados e das propostas de melhorias e, por fim, uma análise de resultados obtidos. No capítulo 4 serão apresentadas as conclusões desta dissertação, assim como as propostas de trabalho futuro. No final, são apresentadas as referências bibliográficas e os apêndices desta dissertação

2. REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ORIGEM DO *LEAN MANUFACTURING*

2.2 PRINCÍPIOS DO *LEAN THINKING*

2.3 TIPOS DE DESPERDÍCIOS

2.4 FERRAMENTAS *LEAN*

2.5 ANÁLISE E MELHORIA DE PROCESSOS

2 REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Origem do Lean Manufacturing

A metodologia *Lean Manufacturing*, denominada frequentemente por *Lean*, surgiu no Japão na década de 1940 na Toyota, e resultou do trabalho de Taichii Ohno e Shigeo Shingo que desenvolveram o *Toyota Production System*, com a intensão de produzir em um fluxo contínuo, sem depender de produção em grande escala para ser eficiente e reconhecendo que apenas uma pequena porção do tempo total de produção acrescenta valor ao produto (Melton, 2005).

O termo *Lean Production* apareceu pela primeira vez no livro “*The Machine That Changed The World*” para caracterizar o sistema de produção da Toyota, o TPS (Dahlggaard & Dahlggaard-Park, 2006) e é uma metodologia de produção que tem como propósito formular uma filosofia de melhoria contínua que visa reduzir os custos e melhorar o processo produtivo através da eliminação de desperdícios e atividade que não acrescentam valor ao produto, produzindo apenas o que o cliente está disposto a pagar (Womack et al., 1990).

2.2 Princípios do *Lean Thinking*

Por forma a melhorar os processos através da eliminação de desperdício, (J. P. Womack & Jones, 2003) definiram uma metodologia de cinco princípios que pode ser aplicada a todo o tipo de problemas industriais, na Tabela 2 estão descritos os princípios.

Tabela 2 - Cinco princípios do *Lean Thinking*

Princípios	Descrição
Especificação do valor	Valor só pode ser definido pelo cliente final e só é significativo quando como um produto final específico que cumpre com os requisitos do cliente a um preço adequado no tempo certo.
Cadeia de Valor	Conjunto de operações necessárias para transformar matérias-primas e informação num produto ou serviço. Durante a cadeia de valor podem ocorrer ações de três tipos: atividades que agregam valor; atividades que não agregam valor, mas que são necessárias ao processo; atividades que não agregam valor.

Fluxo	Fluxo contínuo na produção de pequenos lotes. Deve ser produzido apenas o que é necessário e quando é necessário, a fim de eliminar tempos de inatividade ou espera.
Implementar sistema <i>Pull</i>	o O início da produção deve ser impulsionado pelo cliente. Só deve ser produzido a quantidade pretendida pelo cliente quando o cliente deseja.
Perfeição	Pressupõe uma melhoria constante dos processos anteriores, procurando alcançar a perfeição.

Para se destacar num mercado cada vez mais global, as empresas precisam de se transformar em organizações que aprendem. A resposta a esta prática profissional requer a interiorização de uma cultura industrial pragmática e disciplinada, tornando os seus colaboradores capazes e responsáveis por aprender estas práticas e, desta forma, trabalharem com um único objetivo e cultivarem o conhecimento organizacional (Yadav et al., 2010).

2.3 Tipos de desperdícios

O principal propósito do *Lean* é reduzir desperdício, quer este seja no esforço humano, material armazenado, tempo de comercialização e espaço de produção para se tornar altamente adequado à procura do cliente enquanto produz produtos de classe mundial do modelo mais eficiente e económico (Dennis, 2015; Seth & Gupta, 2005). Por forma a eliminar o desperdício dos processos produtivos, Taiichi Ohno e Shigeo Shingo classificaram o desperdício em três categorias, os três *Mus* (*Muri*, *Mura* e *Muda*) (J. K. Liker, 2004; Sayer & Williams, 2007):

- *Muri* (exagero) – Sobrecarga desnecessária de pessoas, equipamentos ou sistemas para além da capacidade máxima dos mesmos. São realizadas avaliações ergonómicas e análises das operações por forma a identificar movimentos prejudiciais ou desnecessários.
- *Mura* (irregularidade) – Desperdício causado pela variação na qualidade, custo ou entrega, isto é, todos os recursos que são desperdiçados quando a qualidade do produto não é garantida, como custo de testes, inspeções, retrabalho, devoluções e horas extra.
- *Muda* (desperdício) – atividade que consome recursos sem criar valor para o cliente. Estas atividades podem ser diferenciadas de duas formas:
 - Tipo 1: Atividades que não agregam valor, mas que por algum outro motivo são consideradas necessárias para a empresa;
 - Tipo 2: Atividades que não agregam valor e que são desnecessárias para a empresa;

Os tipos de desperdícios (*muda*) mais comuns nas organizações foram identificados por Taichii Ohno (Ohno, 1988), identificados e descritos na Tabela 3.

Tabela 3 - Oito tipos de desperdícios (adaptado de Vijaya Sunder, 2013)

Desperdício	Definição
Processo inapropriado	Adicionar valor ao processo ou produto que o cliente não vai ter de pagar
Transportes	Deslocações desnecessárias de material, produtos ou informação
<i>Stock</i> desnecessário	Trabalho em curso que não está diretamente relacionado com uma necessidade do cliente
Tempo de espera	Duração do trabalho em curso que não está diretamente relacionado com uma necessidade do cliente
Defeitos	Falhas no trabalho em curso, produto final ou serviços que não garantam as especificações do cliente
Produção excessiva	Produtos e serviços que excedam os requisitos atuais do cliente
Movimentações	Movimentos desnecessários das pessoas
Não utilização de recursos Humanos	Excesso de mão de obra para o processo

2.4 Ferramentas *Lean*

Seguidamente são apresentadas as ferramentas *Lean* usadas nesta dissertação de mestrado.

2.4.1 VSM

O VSM é uma ferramenta de lápis e papel que auxilia a ver e perceber o fluxo de materiais e informação à medida que o produto passa pela cadeia de valor (Rother & Shook, 2003). O foco principal desta ferramenta é a identificação de diferentes tipos de desperdícios, tendo em vista a sua eliminação (Rohani & Zahraee, 2015).

Para se construir um VSM são necessárias quatro etapas:

- Escolher o produto ou família de produtos para foco de mapeamento, esta escolha deve basear-se, por exemplo, na similaridade de processos ou na sua importância para o cliente;
- Representação do estado atual do fluxo de valor, para serem analisadas as possíveis fontes de desperdícios existentes;

- Representação do estado futuro pretendido. Este ponto visa ultrapassar problemas detetados no estado atual e eliminar desperdícios existentes por forma a otimizar o processo produtivo.
- Após idealizar o estado futuro é fundamental elaborar um plano de trabalhos a ser implementado e discutidas as etapas necessárias para conseguir o estado futuro pretendido (Rother & Shook, 2003).

2.4.2 5S

A ferramenta *Lean 5S* é a mais orientada para a organização do ambiente de trabalho. A aplicação desta ferramenta traz vários benefícios para as empresas e clientes, visto que existe um aumento da produtividade, através da redução de deslocações e do tempo despendido na procura de materiais, assim como, da redução de interrupções no processo produtivo, criando um ambiente de trabalho mais limpo e seguro (J. K. Liker, 2004).

A utilização dos 5S também proporciona melhorias para os colaboradores, uma vez que tendo tudo o que precisam próximo de si podem adotar posturas mais corretas e seguras evitando acidentes de trabalho, assim como aumenta a moral e o orgulho no seu local de trabalho o que contribuiu para o seu bem estar (Costa et al., 2018).

A denominação 5S tem origem em cinco palavras japonesas começadas por “S” que definem as cinco etapas necessárias para cumprimento desta ferramenta, listadas e descritas na Tabela 4.

Tabela 4 Descrição dos 5S (adaptado de Jiménez et al., 2015)

Etapas dos 5S	Descrição
<i>Seiri</i> (Separar/Eliminar)	Esta etapa pretende manter apenas os itens que são essenciais, eliminando tudo o resto que não é necessário.
<i>Seiton</i> (Ordenar/Arrumar)	Nesta etapa propõe-se organizar e identificar tudo, por forma a facilitar o trabalho e reduzir tempos de procura.
<i>Seiso</i> (Limpar)	Esta etapa procura manter o ambiente de trabalho sempre limpo e arrumado.
<i>Seiketsu</i> (Normalizar)	Com esta etapa pretende-se desenvolver procedimentos para manter e monitorizar os passos anteriores.
<i>Shitsuke</i> (Respeitar/Rigor/Disciplina)	Nesta etapa espera-se manter as condições do local de trabalho, através da disciplina, de forma a garantir o cumprimento dos passos anteriores.

2.4.3 Standard Work

O *Standard Work* é a ferramenta *Lean* que tem como objetivo padronizar a sequência e execução das atividades em cada posto de trabalho, por forma a garantir que o processo definido é executado da mesma forma independentemente do colaborador que tiver de o executar (Antoniolli et al., 2017; Rosa et al., 2019).

O *Standard Work* surgiu na Toyota com a introdução nos seus métodos de trabalho do programa TWI (*Training Industry Program*), que visa treinar todos os colaboradores de igual forma para assim ser possível implementar um fluxo contínuo reduzindo os desperdícios das operações (J. Liker & Meier, 2007)

Esta ferramenta assenta em três elementos chave:

- Tempo de ciclo (*takt time*): Tempo necessário para que uma linha produza um produto ou uma parte
- Rotina normalizada de operações: Sequência de operações que deve ser realizada pelo colaborador em cada posto de trabalho
- Quantidade normalizada de WIP (*Work In Process*): Quantidade mínima de material dentro da linha de produção (Monden, 2011).

De acordo com Martin & Bell (2017) existem quatro pré-requisitos para se conseguir suportar o *Standard Work*:

- Trabalho que o colaborador seja capaz de fazer;
- Sequências de trabalho repetíveis;
- Equipamentos e local de trabalho fiáveis;
- Materiais de alta qualidade.

2.4.4 Gestão Visual

A ferramenta Gestão Visual foi desenvolvida por praticantes *Lean* como auxiliar de comunicação com o objetivo de conduzir operações e processos em tempo real (Parry & Turner, 2006).

O uso desta ferramenta apresenta diversas vantagens, destacando-se a fácil comunicação e exposição de informação e dados, o que facilita o trabalho dos colaboradores, pois cria uma comunicação mais transparente e facilita a deteção de desperdícios, cria também uma maior organização do local de trabalho e estimula o pensamento criativo (Williamson, 2014). Segundo o mesmo autor, os *Visual Management Boards* foram implementados no *Kangan Institute* apresentando benefícios como:

- Incitar o espírito de equipa, através da partilha e confiança entre todos os colaboradores (diretos e indiretos) da organização;
- Dar a conhecer à equipa de trabalho o estado atual da sua área;
- Partilha dos problemas da linha, pois ficam visíveis para todos os departamentos e gestores;
- É mais fácil identificar padrões quando os resultados são apresentados sobre a forma de diagramas ou gráficos em vez de números ou relatórios.

2.4.5 Poka-Yoke

Um dispositivo *Poka-Yoke* é qualquer mecanismo que evita ou que torna perceptível à primeira vista a ocorrência de um erro ou defeito (Fisher, 1999).

Esta ferramenta tem duas funções básicas: a primeira está relacionada com a inspeção a 100% dos processos e a segunda com a transmissão de informação quando ocorre uma anomalia para, desta forma ser possível tomar ações rápidas e assim contrariar o erro, e podem ser divididos em duas formas (Shingo, 1986):

- Função reguladora: pode ser usada como um método de controlo (o sistema interrompe depois de identificar erros) ou método de aviso (indicação visual quando ocorre o erro, mas o sistema continua).
- Função de configuração: está relacionada com métodos de contacto (contacto do material com determinados sensores), métodos de valor fixo (tem em conta um número pré-determinado de movimentos repetidos) e métodos de movimento (verifica se os movimentos padrão são realizados de acordo com as instruções de trabalho).

Para implementar os mecanismos *Poka-Yoke* podem ser usadas diferentes metodologias e etapas que, segundo Parikshit et al. (2013) e Stamatis (2015) podem ser resumidas em:

- Identificação do problema;
- Observação do posto de trabalho;
- Identificação dos erros mais frequentes;
- Identificar as fontes dos erros;
- Propor mecanismos *Poka-Yoke*;
- Avaliar os mecanismos *Poka-Yoke*;
- Escolher o mecanismo mais adequado;
- Executar e posteriormente implementar o *Poka-Yoke*;
- Testar;
- Monitorizar;
- Manutenção e melhoria continua.

Atualmente, a implementação dos mecanismos *Poka-Yoke* nos processos produtivos apresenta excelentes resultados e tornou-se sinónimo de prevenção de erros (Lazarevic et al., 2019).

2.4.6 Heijunka

Heijunka é um elemento fundamental do Sistema de Produção Toyota que visa equilibrar o volume de produção, bem como o mix de produção e aumentar a eficiência desta através da redução de desperdícios, irregularidades e sobrecarga das pessoas ou equipamentos (Bohnen et al., 2011).

O primeiro objetivo do *Heijunka* é fornecer um ou mais processos com um fluxo constante de pequenos lotes de diferentes peças e ao mesmo tempo gerar uma procura constante de peças a montante, reduzindo ou eliminando a necessidade de criar *stock* intermédio para satisfazer os picos de procura. O segundo objetivo é reduzir o efeito

chicote. Esta ferramenta também tenta combinar as cargas de trabalho em cada processo e a entreaajuda entre colaboradores. Desta forma, as pessoas podem fazer a mesma quantidade de trabalho ao mesmo tempo e com isto conseguir uma melhoria continua e flexibilidade na linha de montagem (Matzka et al., 2012).

2.5 Análise e melhoria de processos

Num mercado cada vez mais global e dinâmico, para uma empresa ter sucesso deve procurar melhorar os seus processos produtivos com o objetivo de maximizar a eficácia e eficiência dos mesmos. A melhoria dos processos foca-se em identificar, analisar e melhorar os processos produtivos. Isso implica melhorar a qualidade, remover desperdícios e manter as melhorias alcançadas (Aqlan & Al-Fandi, 2018). Assim, na Tabela 5 são descritos diversos trabalhos sobre a análise e melhoria de alguns processos produtivos.

Tabela 5 - Estado da arte de análise e melhoria de processos

Referências	Descrição do Trabalho
(Pereira et al., 2019)	Este trabalho foi desenvolvido numa empresa dedicada à fabricação de cabos de travão para o setor automóvel, em Portugal, com o objetivo de melhorar o nível de produtividade por hora e eficiência geral do equipamento da linha de montagem, através da identificação dos principais desperdícios e das estações de trabalho que mais prejudicam o balanceamento da linha. Com a aplicação do método <i>A3 Methodology</i> , conseguiram alcançar um aumento da produtividade de 49%, uma redução do ciclo de 33% e um aumento da eficiência do balanceamento da linha de montagem em 11%.
(Ferreira et al., 2019)	Este trabalho foi desenvolvido numa organização que atua na produção de produtos em madeira, em Portugal, com o objetivo de desenvolver um modelo que integre as ferramentas <i>Lean</i> com DMAIC. Para tal, foram usadas as ferramentas 5S, <i>Standard Work</i> e SMED, tendo com esta última conseguido atingir um ganho de 44% no posto identificado como <i>bottleneck</i> .
(Ribeiro et al., 2019)	Este trabalho foi desenvolvido numa de produção de produtos de plástico, em Portugal, e teve como principal objetivo implementar as ferramentas <i>Lean</i> nos dois principais produtos da empresa, por forma a reduzir os tempos de ciclo, aumentar a produção e reduzir reclamações de cliente. Com o uso das ferramentas <i>Lean</i> , 5S, Gestão Visual, SMED, <i>Standard Work</i> e OEE, conseguiram uma redução do tempo de transporte na linha de pintura de 70%, assim como um aumento do OEE de 18% no processo de injeção, 16% na pintura dos tampões de roda e 17% na pintura de para-choques dianteiro.

(Mourato et al., 2020)	Este trabalho foi desenvolvido numa empresa de produção de autocarros em Vila Nova de Gaia (Portugal) e teve como propósito melhorar a receção e armazenamento de material no armazém, assim como o abastecimento do material à linha de produção. Com recurso à metodologia <i>kanban</i> e à ferramenta <i>Lean</i> 5S, conseguiram reduzir o <i>stock</i> de material armazenado junto da linha de produção, melhorar o fluxo do abastecimento à linha e reorganizar o <i>stock</i> de material no posto de trabalho.
(Pombal et al., 2019)	Este trabalho foi desenvolvido numa oficina de manutenção de uma empresa industrial portuguesa, e teve como intuito melhorar a gestão de consumíveis na oficina. Este objetivo foi atingido com a implementação de ferramentas como 5S e Gestão Visual, que quando aplicados na oficina permitiu reduzir o tempo necessário para localizar o item em aproximadamente 70%, reformulação do <i>kanban</i> que possibilitou melhorar o controlo de <i>stock</i> de materiais em aproximadamente 30% e, através do <i>mizusumashi</i> , reduzir o tempo necessário para repor os consumíveis em 50%.
(Correia et al., 2018)	Este trabalho foi desenvolvido na Bosch Security Systems, em Ovar (Portugal), com o objetivo de demonstrar que através de ferramentas <i>Lean</i> como VSM, LLB, SMED e 5S é possível melhorar o desempenho de uma linha de montagem complexa, assim como reduzir desperdícios. Através da análise VSM e LLB, conseguiram reduzir as movimentações (passos) dadas pelo colaborador dentro da linha em 54,5%, assim como a área desta em 25% e um aumento de produtividade de aproximadamente 10%.
(Dias et al., 2019)	Este trabalho foi desenvolvido numa empresa, em Portugal, dedicada á produção de componentes para automóveis, tendo como foco principal a otimização da linha, por forma a aumentar a capacidade produtiva. Através do recurso às ferramentas <i>Lean</i> (LLB, <i>Standard Work</i> , Gestão Visual e 5S) obtiveram como resultados o aumento da capacidade produtiva da linha em 37% e o aumento do OEE em 22%.
(Neves et al., 2018)	Este trabalho foi desenvolvido numa empresa que atua na indústria têxtil, em Portugal, com o intuito de identificar problemas e encontrar soluções utilizando uma combinação de ferramentas <i>Lean</i> (PDCA, 5S e 5W2H). Com a aplicação destas ferramentas conseguiram resolver alguns problemas identificados, tais como a seleção e controlo de fornecedores, o balanceamento da carga de trabalho entre sectores e uma melhor adequação da área de produção da fábrica, verificando-se um ganho correspondente a 10% do tempo disponível por semana por operador.

(Santos et al., 2019)	<p>Este trabalho foi desenvolvido em quatro fábricas de um grupo, líder em Portugal, que atua na indústria alimentar, com o propósito de classificar todos os equipamentos quanto à sua importância para a produção de acordo com um método semelhante ao ciclo PDCA em que os equipamentos foram divididos em três categorias. Estas categorias foram divididas de acordo com critérios de qualidade, disponibilidade, segurança e meio ambiente, custos e complexidade tecnológica. Após implementação das metodologias RCM, PMP e CMMS conseguiram reduzir o número de colaboradores em 201,6 homens por hora e por ano dedicados à manutenção preventiva dos equipamentos e, também, diminuir em 0,73% a taxa de indisponibilidade global devido à falha.</p>
(Silva et al., 2018)	<p>Este trabalho foi realizado numa empresa de venda de roupa a retalho, em Portugal, e teve como propósito melhorar o processo de distribuição por forma a atender os requisitos dos clientes no menor prazo possível e com o menor custo, recorrendo para isso a ferramentas e metodologias <i>Lean</i>. A aplicação destas ferramentas e metodologias permitiram aumentar o número de artigos distribuídos no período de 8h em 11,2%, reduzir o tempo de ciclo em 13,3%, reduzir o espaço médio ocupado por coleção em 1,4%, reduzir a distância média percorrida por coleção em 23,3%, assim como reduzir o número de colaboradores por coleção em 12,8% e aumentar a capacidade de armazenamento em 11,3%.</p>
(Sivaraman et al., 2019)	<p>Este trabalho foi realizado na Renault Nissan Automotive, na Índia, e teve como objetivo aumentar a produtividade através da utilização de ferramentas e metodologias <i>Lean</i> e DMAIC. Com a adoção desta metodologia, conseguiram aumentar a eficiência em 7% e melhorar o <i>layout</i> de forma a reduzir a fadiga dos colaboradores.</p>
(Barot et al., 2020)	<p>Este trabalho foi desenvolvido numa empresa de produção de aquecedores de água, na Índia, com o intuito de mostrar as melhorias que podemos obter através da aplicação de ferramentas <i>Lean</i>. Com a utilização das ferramentas VSM e <i>String Diagram</i>, alcançaram uma redução do tempo de espera de 69%, uma redução nas tarefas que não acrescentam valor de 34,2%, uma redução no tempo de ciclo de 8,7%, uma redução do <i>lead time</i> de 28,4% e uma redução nas movimentações de materiais de 45,6%.</p>
(Realyvásquez-Vargas et al., 2019)	<p>Este trabalho foi realizado numa editora, no México, com o objetivo de aumentar a eficiência e produtividade. Através da implementação das ferramentas <i>Lean</i>, <i>Standard Work</i> e LLB,</p>

	atingiram uma diminuição de movimentos desnecessários dos colaboradores de 66%, uma redução do ciclo de 18,4% e um aumento da produção de 63,2%.
(Swarna & Sayid Mia, 2018)	Este estudo foi desenvolvido numa empresa de produção de produtos em couro, no Bangladesh, e teve como objetivo melhorar a eficiência e aumentar a produtividade utilizando ferramentas <i>Lean</i> como VSM e Diagrama de Pareto. Os resultados obtidos foram o aumento da produtividade em 85,4%, o aumento da eficiência em 39,3% e a redução do <i>lead time</i> em 46,7%.
(Nasution et al., 2018)	Este trabalho foi desenvolvido numa empresa da indústria têxtil, no Equador, e teve como principal objetivo reduzir desperdícios utilizando ferramentas <i>Lean</i> . Através da análise VSM e da aplicação da ferramenta 5S, melhoraram o tempo de ciclo em 41% e aumentaram a produção em 81,9%.
(Belhadi et al., 2018)	Este estudo foi desenvolvido numa empresa de produção de diferentes tipos de bombas, em Marrocos, e teve como principal objetivo demonstrar a relação entre as práticas <i>Lean</i> e o desempenho sustentável. Com recurso a ferramentas como 5S, VSM (sustentável), SMED, <i>Kanban</i> , manutenção autónoma e controlo de qualidade conseguiram alcançar melhorias tanto operacionais como ambientais, nomeadamente o aumento da produtividade em 13%, a redução de peças defeituosas em 0,72% e o aumento da disponibilidade de equipamentos em 2%. Estas medidas operacionais proporcionaram, a nível de desempenho sustentável, uma redução de 0,27m ³ no consumo de água, uma redução de 336Wh no consumo de energia e uma redução de 18,79 kg/produto de matéria-prima.
(Nallusamy & Adil Ahamed, 2017)	Este estudo foi desenvolvido numa empresa de produção de componentes de transmissão, nomeadamente de caixas de diferencial para a indústria automóvel, em Chennai (India), com o propósito de reduzir e simplificar o número de operações tornando o processo mais eficiente e eficaz. Com a aplicação das ferramentas 5S, VSM, <i>Standard Work</i> e LLB o objetivo foi atingido, reduzindo em 40% o <i>lead time</i> e em 15% o tempo que não acrescenta valor, e aumentando a eficiência em 9,94%.
(Jeong & Yoon, 2016)	Este trabalho foi desenvolvido numa empresa líder em serviços de tecnologia da informação, nos Estados Unidos, e descreve a implementação da ferramenta VSM com o propósito de melhorar a eficiência e reduzir o tempo de entrega dos produtos. Após uma análise detalhada do VSM conseguiram reduzir o <i>lead time</i> em 92,2%.
(Nallusamy, 2016)	Este trabalho foi desenvolvido numa empresa de produção de caixas de engrenagens para automóveis, localizada em Chennai

	<p>(Índia), e teve como objetivo remover atividades que não acrescentem valor aos produtos produzidos e reduzir o <i>lead time</i> dos equipamentos CNC. Com a utilização das ferramentas <i>Standard Work</i> e LLB conseguiram reduzir o tempo sem valor acrescentado em 17% e aumentar a produção em dois componentes por dia. Foi também utilizada a ferramenta Arena com o objetivo de reduzir atividades sem valor, contribuindo para melhorar a produção geral.</p>
(Swarnakar & Vinodh, 2016)	<p>Este trabalho visa implementar a metodologia <i>Six Sigma</i> numa empresa de componentes automóvel, na Índia, por forma a reduzir defeitos e eliminar atividades sem valor acrescentado através da ferramenta DMAIC. Com aplicação desta ferramenta foram atingidos os seguintes resultados: um aumento do OEE em 42,18%, uma redução do <i>lead time</i> em 40,35%, uma redução da mão-de-obra em 9,52% e um aumento da produção diária de componentes automóvel em 50%.</p>
(Costa et al., 2018)	<p>Este trabalho foi realizado na empresa Manitowoc Crane Group Portugal e teve como principal objetivo implementar a ferramenta <i>Lean 5S</i> numa máquina utilizada no processo de soldadura de guindastes, de forma a tornar o posto de trabalho mais eficiente e seguro. Com a aplicação da ferramenta 5S conseguiram manter o posto de trabalho mais limpo e organizado, encontrando mais fácil e rapidamente os objetos utilizados, sem errar e de forma mais ergonómica e segura. Também foram observadas melhorias ao nível da moral e orgulho dos colaboradores, o que gerou melhorias no ambiente de trabalho e na comunicação interna.</p>
(Vieira et al., 2019)	<p>Este trabalho foi desenvolvido numa empresa que atua na indústria metalúrgica, em Portugal, com o propósito de reduzir o desperdício em cinco máquinas de perfilagem a frio. Com a aplicação da ferramenta <i>Lean SMED</i> obtiveram uma melhoria média do OEE de 10,8%.</p>
(Monteiro et al., 2019)	<p>Este trabalho foi desenvolvido numa empresa metalomecânica, em Portugal, com o intuito de eliminar desperdícios e aumentar a produtividade no setor da maquinaria. Através da utilização das ferramentas <i>Lean VSM</i> e SMED alcançaram uma redução do tempo de <i>setup</i> em 40% na fresadora vertical e em 57% na fresadora horizontal.</p>

Após leitura dos trabalhos apresentados na Tabela 5, pode-se concluir que a utilização das ferramentas *Lean* é útil para eliminar desperdícios dos processos produtivos, como por exemplo: tarefas que não acrescentam valor, movimentações desnecessárias, procura de componentes e produtos defeituosos.

3. ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO

3.1 ANÁLISE E MAPEAMENTO DOS PROCESSOS EM ESTUDO

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

3.3 PROPOSTAS DE MELHORIAS

3.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

3 ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO PRODUTIVO

Para o desenvolvimento desta dissertação, foi acompanhado o planeamento e o processo produtivo de vários produtos da gama de aparelhos de rearmamento.

Nesta linha de produção são produzidos sete códigos de produto final, que se podem agrupar em três gamas:

- **RMTOP**: módulo de rearme que após ocorrer um curto-circuito realiza uma verificação da rede e rearma automaticamente. Permite várias configurações tais como número de rearmes, intervalo de tempo entre rearmes e intervalo de corrente diferencial a detetar. O RMTOP inclui um CM e um CTO. Na Figura 3, está apresentado o aparelho RMTOP;



Figura 3 - Aparelho RMTOP

- **CM**: quando ligado a um disjuntor, permite ligar ou desligar o disjuntor à distância e sinaliza se o disjuntor está ligado ou desligado (o comando e o conjunto CM mais disjuntor têm de estar ligados fisicamente). Na Figura 4 está apresentado o aparelho CM;



Figura 4 - Aparelho CM

• **CTO**: sensor que deteta a ocorrência de um curto-circuito. Na Figura 5 está apresentado o CTO.



Figura 5 - Aparelho CTO

3.1 Análise e mapeamento dos processos em estudo

O fluxo de produção desta linha de montagem utiliza a estratégia *Make To Order*, regida pelo sistema *Pull*, visto que o planeamento e a produção apenas são iniciados quando o cliente confirma a encomenda.

3.1.1 Programação da produção e abastecimento de material

A programação desta linha de produção é feita uma vez por semana, sendo que o programador verifica, através do sistema MRP, se tem disponibilidade de componentes e a quantidade que necessita para cumprir com as encomendas. Posteriormente, procede-se ao pedido ao armazém da totalidade das peças necessárias para cumprir as ordens de produção, sendo que estas são colocadas na estante da linha pelo comboio logístico. Na Figura 6, um exemplo de um plano de produção.

Linha: RMTOP/CM												
Tipologia	Código	Descrição	Inserido	A Produz	0°	2°	3°	4°	5°	A inseri	Notas	
CM	GW90808	RESTART CM COMANDO 12VDC		20								
RMTOP	GW90803	RIARMO AUTOMATICO PER MDC E MT		20								
RMTOP	GW90803	RIARMO AUTOMATICO PER MDC E MT		40								
CM	GW90808	RESTART CM COMANDO 12VDC		52								
RMTOP	GW90803	RIARMO AUTOMATICO PER MDC E MT		40								
Total Geral				172								

Figura 6 - Exemplo de plano de produção

Após a entrega do plano de produção, é da competência do responsável de linha gerir a produção do plano.

3.1.2 Montagem e testes

De forma a compreender melhor o processo produtivo da linha em análise, nesta secção, foram analisadas as atividades por posto de trabalho, o *layout* da linha assim como a área ocupada e fluxos, a disposição dos componentes nos postos de trabalho, o balanceamento das atividades nos postos de trabalho e, foi também elaborado o VSM da linha de produção.

3.1.2.1 Atividades por posto de trabalho

A linha de produção em estudo está estruturada conforme a Tabela 6.

Tabela 6- Descrição das atividades por posto de trabalho

Posto	Descrição das atividades por posto de trabalho
P0	Neste posto é feita a reparação de aparelhos que não tenham resultado OK no teste final.
P1	No primeiro posto são feitas várias pré-montagens de componentes que são usadas nos postos dois e três. Estas pré-montagens são usadas nas gamas RMTOP e CM.
P2	No segundo posto é montado na interbase a pré-montagem do motor (feita no posto anterior), as engrenagens e os componentes que constituem o botão.
P3	No terceiro posto, são montadas as restantes pré-montagens do posto 1 no conjunto resultante do posto 2 e adicionados novos componentes, de forma a finalizar a montagem. No caso de se tratar do CM o aparelho está finalizado e pode seguir para o posto dos testes. Quando se trata do RMTOP é necessário montar um módulo auxiliar para ser acoplado.
P4	No quarto posto, é feita a montagem do CTO.
P5	No quinto posto é feita a cravação de componentes para serem usados na montagem do CTO no posto quatro.
Teste final	Neste posto, são feitos os testes finais aos produtos, de forma a validar os requisitos funcionais de cada produto e estes poderem ser enviados para cliente.
Embalagem	Neste posto, os aparelhos são embalados e é colada uma etiqueta com o código de produto final correspondente.

Adicionalmente, de forma a ser possível montar e testar o CTO, existem, para além das atividades descritas na tabela anterior, as seguintes atividades que são executadas fora da linha de produção em análise:

- Utilizar uma máquina de soldar de outra linha de produção para soldar a bobina, sendo que esta operação só pode ser feita se a linha estiver parada para almoço ou não estiver a produzir de forma a não interromper o fluxo normal;
- Utilizar o equipamento de teste de alta tensão de outra linha de produção para testar o CTO;

- Utilizar o equipamento de teste final do CTO que está anexado a uma linha de produção e encontra-se numa nave de produção diferente da linha em análise.

3.1.2.2 *Layout, área ocupada e fluxos da linha de montagem*

Na Figura 7 é apresentado o *layout* atual dos diversos postos de trabalho, descritos na secção 3.1.2.1, a área total que a linha de produção atual ocupa e as deslocações realizados pelos colaboradores, durante um dia de trabalho, para efetuar as suas tarefas nomeadamente:

- Trocar de posto de trabalho;
- Utilizar a estante para repor os componentes do posto de trabalho;
- Deslocações para tarefas do processo que são realizadas fora da linha de produção em análise.

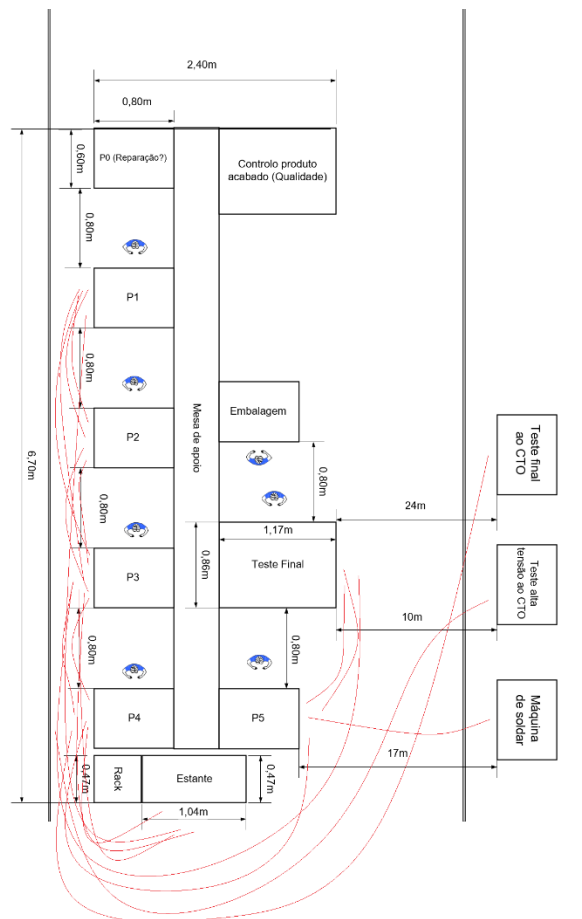


Figura 7 - *Layout* da linha com movimentações

As deslocações dos colaboradores são sempre feitas pela parte exterior da linha de produção, havendo assim necessidade de utilizar os corredores dedicados ao comboio logístico que abastece as linhas de produção.

Para realizar as atividades fora da linha de montagem em análise, os colaboradores têm a necessidade de se deslocar, levando consigo os componentes necessários à atividade. No caso do uso da máquina de soldar estes percorrem 17m. Para utilizar o equipamento

de teste de alta tensão são percorridos 10m. E, para utilizar o equipamento de teste final do CTO são percorridos 24m.

Na Figura 8 apresenta-se o esquema das entradas e saídas da linha de produção, por parte dos colaboradores, para realizarem as atividades fora da linha de produção em análise.

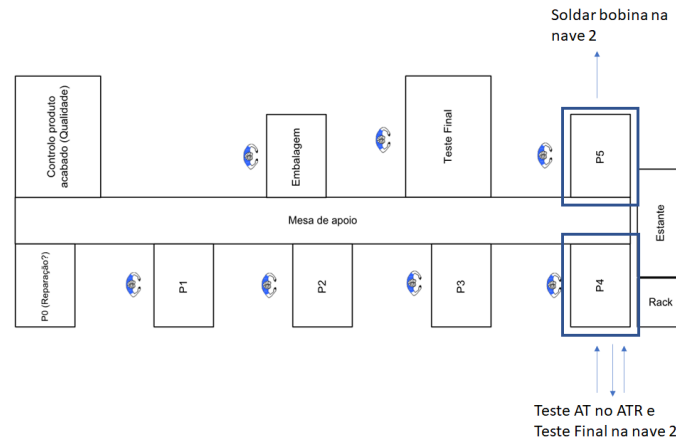


Figura 8 - Layout das movimentações fora da linha

Verificou-se que a estante da linha de produção (Figura 9) não apresenta qualquer identificação de componentes. Assim, existe falta de organização da estante, visto que os colaboradores responsáveis pelo abastecimento, da área da logística, colocam os componentes em qualquer local da estante. Desta forma, podem colocar o mesmo componente em dois ou mais sítios diferentes, o que poderá dificultar o abastecimento do contentor da linha quando os colaboradores têm a necessidade de o abastecer, assim como podem não cumprir com o FIFO.



Figura 9 - Estante da linha de produção

Quanto às caixas de componentes utilizadas em cada posto de trabalho, estas encontram-se junto a cada um destes, como se pode verificar na Figura 10.



Figura 10 - Disposição das caixas de componentes

Adicionalmente, verificou-se que o fluxo da linha de produção não é contínuo, ou seja, nos vários postos de trabalho, quando há a necessidade de produzir uma pré-montagem, os colaboradores executam esta tarefa de forma repetida, acumulando várias pré-montagens nos postos de trabalho, até que estas sejam necessárias para utilizar nos aparelhos seguintes. Na Figura 11 é possível verificar alguns exemplos deste excesso de *stock*.

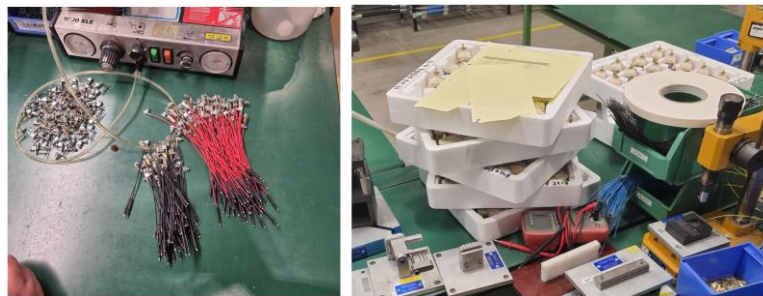


Figura 11 - Exemplos de acumulação de pré-montagens

3.1.2.3 Disposição dos componentes por posto de trabalho

Nesta secção será apresentada uma explicação da disposição dos componentes de cada posto de trabalho da linha de produção atual.

No posto P1 existem 15 contentores pequenos, três contentores grandes e três caixas de fornecedor, como demonstra a Figura 12. Neste posto de trabalho, são utilizados nove dispositivos de auxílio à soldadura e à montagem (Figura 13) e é também utilizado um equipamento de teste para verificar o funcionamento de uma pré-montagem, sendo que estes equipamentos estão pousados no posto P0 por falta de espaço no posto P1. Adicionalmente, existe ainda uma estação de soldadura.



Figura 12 - Posto de trabalho P1

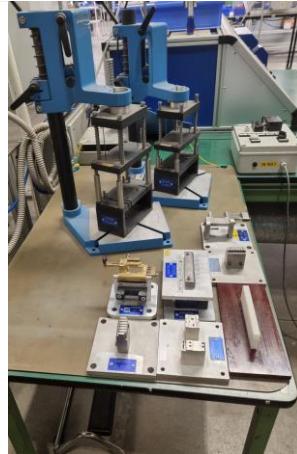


Figura 13 - Dispositivos auxiliares de montagem

No posto P2 existem 21 contentores pequenos, duas caixas grandes de fornecedor e uma caixa grande onde são colocadas as pré-montagens da tampa com a chapa. Adicionalmente, existe um dispositivo de auxílio à montagem, uma prensa para realizar a pré-montagem da base com a chapa, uma chave pneumática usada para apertar vários parafusos e um equipamento (doseador) para colocar massa no veio. Todos os itens existentes no P2 estão expostos na Figura 14.



Figura 14 - Posto de trabalho P2

O posto P3 é constituído por 23 contentores pequenos, cinco caixas grandes de fornecedor, um dispositivo de auxílio à montagem, duas prensas para rebitar os aparelhos, uma estação de soldadura e uma chave pneumática, como podemos verificar na Figura 15.



Figura 15 - Posto de trabalho P3

No posto P4 existem 15 contentores pequenos, cinco contentores médios, cinco caixas de fornecedor, um dispositivo de auxílio à montagem, três prensas e uma estação de soldadura, como podemos verificar na Figura 16.



Figura 16 - Posto de trabalho P4

O posto P5 é constituído por um contentor pequeno, três contentores médios e uma prensa, este posto de trabalho está exposto na Figura 17.



Figura 17 - Posto de trabalho P5

O posto teste final é composto apenas pelo equipamento onde são testados os aparelhos CM e RMTOP, como podemos verificar na Figura 18.



Figura 18 - Equipamento de teste final

O posto da Embalagem é composto por dois contentores pequenos e um carimbo, como se pode verificar na Figura 19.



Figura 19 - Posto de trabalho embalagem

3.1.2.4 Balanceamento

Nesta secção foi analisado o tempo de ciclo por posto de trabalho, com o intuito de verificar o tempo utilizado em cada posto de trabalho e o tempo necessário para a realização de cada tarefa. Para isso, foram feitas várias observações das atividades realizadas e registadas as medições destas. No apêndice A, estão apresentadas as medições de algumas das atividades.

Na Figura 20, pode verificar-se o tempo de ciclo do estado atual de todos os postos de trabalho. O posto mais lento é o P1, com um tempo de 675,70s, seguido do P3 e TF, com tempo igual a 556,69s e 549,17s, respetivamente. O posto mais rápido é o posto de embalagem com um tempo de 61,75s.

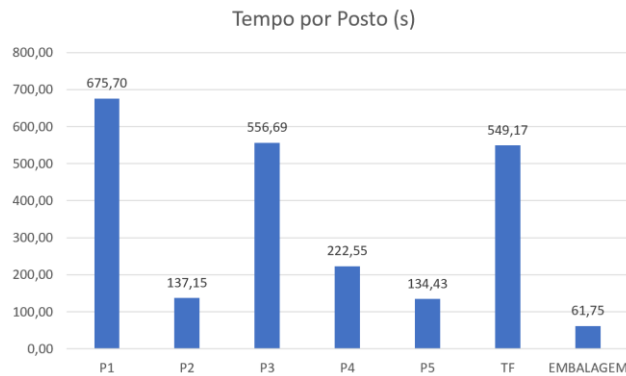


Figura 20 - Tempo por posto de trabalho do estado atual

O tempo útil de trabalho, por dia, definido pela empresa, é de 28380s. A capacidade da linha pode ser calculada dividindo o tempo útil de trabalho pelo ciclo do posto mais lento, obtendo assim uma capacidade da linha de 42 aparelhos, por dia.

3.1.2.5 Análise do fluxo de materiais no processo produtivo (VSM)

Com o intuito de analisar o fluxo de materiais no processo produtivo, foi elaborado o VSM do produto RMTOP, por este ser de maior importância para o cliente.

A ferramenta *Lean* VSM ajuda a perceber o funcionamento do processo produtivo, uma vez que o representa de uma forma clara e visual.

No apêndice B, estão representados os postos de trabalho da linha de produção com a informação do ciclo, o número de *setups*, o número de turnos, o tempo de valor acrescentado (VA) e o *lead time*.

Através da análise ao VSM, verificou-se que a grande quantidade de pré-montagens existente entre os postos de trabalho contribui em grande parte para que o *lead time* da linha seja elevado, uma vez que são produzidas de uma só vez as pré-montagens suficientes para cumprir a totalidade do plano de produção.

Da análise da tabela do apêndice B, pode verificar-se a diferença entre o *lead time* e as atividades que acrescentam valor, obtendo assim um rácio de valor acrescentado (RVA) de 0,4%.

3.2 Identificação de problemas

No decorrer da verificação do estado atual da linha de produção, explicado nas secções anteriores, foram evidenciados alguns problemas associados a esta e, conseqüentemente, foram identificadas algumas oportunidades de melhoria no processo produtivo. Desta forma, na Tabela 7, são apresentadas, de forma sucinta, as oportunidades de melhoria identificadas, sendo que as mesmas serão descritas mais em detalhe nas secções seguintes.

Tabela 7 - Problemas identificados na linha de produção

Processo	Problema
Programação da produção e abastecimento de material	Plano de produção e fluxo de informação pouco flexível
	Elevada quantidade de componentes na estante e nos postos de trabalho
	Postos não balanceados
Montagem e testes	Falta de normalização das tarefas
	Elevada distância percorrida pelos colaboradores
	Fluxos não contínuos
	Elevada quantidade de pré-montagens e dispositivos auxiliares à montagem
	Processos de montagem inapropriados ou sem valor

3.2.1 Plano de produção e fluxo de informação pouco flexível

Verificou-se que o facto de o plano de produção ser semanal causa os seguintes problemas:

- Sendo a disponibilidade de materiais só verificada uma vez por semana, caso haja componentes necessários, que não estejam disponíveis em *stock*, para satisfazer as encomendas existentes que cheguem durante a semana já não serão produzidas até que seja realizado um novo plano, ou seja, apenas na semana seguinte;
- Não é possível satisfazer urgências de cliente, quando estas ocorrem após o plano de produção ser entregue à produção.

3.2.2 Elevada quantidade de componentes na estante e nos postos de trabalho

O facto de o abastecimento de componentes à linha de produção, por parte dos colaboradores responsáveis pelo abastecimento, ser semanal, resulta num constante excesso de componentes na estante da linha e junto dos postos de trabalho, como se pode verificar na Figura 9 e na Figura 11.

Associados a este excesso, identificaram-se os seguintes problemas:

- Existência de erros de *stock*, devido ao facto de haver falhas no cumprimento do plano de produção e acumulação de componentes na linha de produção;
- Ineficiente gestão da revisão de componentes, uma vez que é mais difícil de cumprir o FIFO;
- Grande desperdício, no caso de componentes não conformes, uma vez que se perde a rastreabilidade e pode levar à escolha de uma maior quantidade de peças;

- Ocupação de muito espaço nos postos de trabalho, o que leva a que os colaboradores demorem mais tempo a procurar os componentes que vão utilizar.

3.2.3 Postos não balanceados

Como podemos verificar na Figura 20, o tempo por posto de trabalho do estado atual está demasiado desnivelado, visto que os postos de trabalho têm tempos muito díspares. Identificou-se esta disparidade como sendo um problema visto que, se a linha estiver cheia, vamos ter colaboradores parados à espera de que o posto mais lento termine a sua tarefa, para continuar a produzir. Verificou-se que, na pior situação, podemos ter um colaborador parado durante 613,95s, por aparelho.

Assim, este problema derivado dos postos de trabalho não balanceados reduz a capacidade produtiva da linha de produção.

3.2.4 Falta de normalização das tarefas

O facto de a documentação existente não estar atualizada, visto que esta contém componentes que já não são utilizados, que faltam novos componentes, que não está traduzida para português e que existem atividades da linha que não têm qualquer tipo de documentação de apoio à montagem, pois o conhecimento da montagem está centralizado, nesses casos, apenas em poucos colaboradores, que possuem mais experiência nesta linha de produção, contribuem para a falta de normalização da linha de produção.

A desorganização do posto de trabalho também contribui para a falta de normalização do posto de trabalho uma vez que a localização das peças no posto de trabalho varia com a utilização das mesmas obrigando os colaboradores a ter de procurar as peças sempre que precisam de as utilizar. Na Figura 21 o posto P4 onde se pode verificar que não existe local definido para colocar os contentores da linha.



Figura 21 - Posto P4

Foi ainda verificado que os colaboradores passam muitas horas no mesmo posto de trabalho a fazer as mesmas atividades, o que torna o trabalho repetitivo, e ainda que

estes não seguem sempre a mesma ordem de montagem, o que pode originar erros de montagem que levam à produção de material não conforme.

3.2.5 Elevada distância percorrida pelos colaboradores

Um dos sete desperdícios da filosofia *Lean* corresponde às deslocações, este desperdício também foi evidenciado na linha de produção em análise nomeadamente:

- Com a disposição atual da linha de trabalho os colaboradores andam por fora da linha, o que traduz um maior desperdício de tempo para mudar de posto de trabalho;
- Sempre que acaba um componente no contentor do posto de trabalho os colaboradores têm de parar a atividade que estão a executar para ir à estante abastecer o contentor;
- Sempre que existe a necessidade de realizar as tarefas soldar a bobina, teste de alta tensão ao CTO ou teste final ao CTO, os colaboradores saem da linha de montagem e deslocam-se 17m, 10m e 24m respetivamente, conforme se pode verificar na Figura 22.



Figura 22 - Layout da linha com deslocações fora da linha

3.2.6 Fluxos não contínuos

Outro problema identificado durante a análise da linha de produção foram os fluxos não contínuos, como é o caso da pré-montagem do P5 que depois é usada no P4, como descrito na Tabela 6 e o fluxo do CM para RMTOP que é montado no P1 e P2 e posteriormente passa para o teste final, voltando de seguida para o P3 para acabar de ser montado, conforme ilustrado na Figura 23, não existindo um fluxo contínuo.

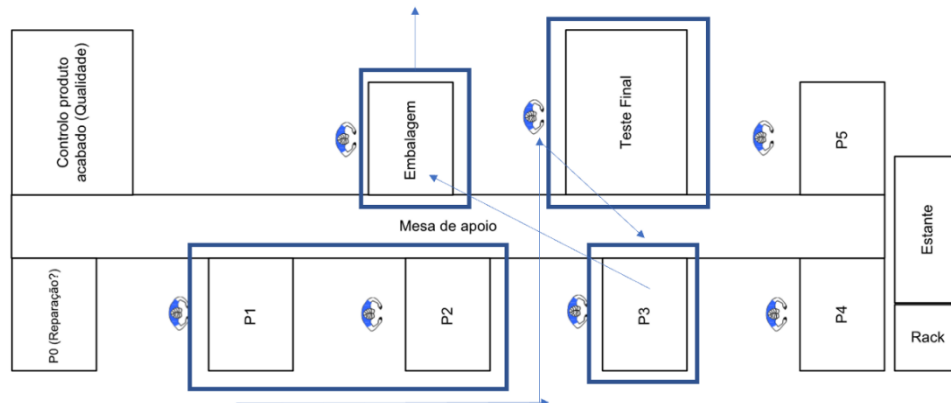


Figura 23 - Fluxo de montagem do RMTOP

Também foi verificado que o P1 não tinha chave pneumática, tendo de recorrer à existente no P2 sempre que existia a necessidade de a utilizar, nomeadamente para apertar o parafuso ao terminal e contacto.

3.2.7 Elevada quantidade de pré-montagens e dispositivos auxiliares à montagem

Em todos os postos de trabalho verificou-se a existência de um elevado número de pré-montagens, conforme evidenciado na Figura 11, o que faz com que exista consecutivamente um *stock* excessivo na linha de produção. A existência desta quantidade elevada de pré-montagens deve-se ao facto de não estar definida a quantidade de peças a produzir em cada posto de trabalho, o que faz com que cada colaborador possa produzir diversas pré-montagens consecutivamente. Este tipo de trabalho faz com que os colaboradores passem muito tempo a executar as mesmas operações no mesmo posto de trabalho, demorando muito tempo a terminar o produto final.

Adicionalmente, a troca frequente de dispositivos auxiliares à montagem contribui para um maior tempo de processamento dos aparelhos, devido à necessidade de realizar diversos *setups*, o que se traduz em tempo improdutivo excessivo.

Na Tabela 8 estão descritas as quantidades de pré-montagens e o tempo gasto na produção das pré-montagens sem valor acrescentado, por posto de trabalho.

Tabela 8 - Pré-montagens e tempo gasto na produção das pré-montagens sem valor acrescentado (em dias), por posto de trabalho

Posto	Quantidade de pré-montagens	Tempo gasto na produção das pré-montagens sem valor acrescentado (em dias)
P1	60	3
P2	35	2,9
P3	25	2,1
P4	48	3
P5	48	3

3.2.8 Processos de montagem inapropriados ou sem valor

Durante o processo de montagem dos aparelhos foi evidenciado que os colaboradores executam as seguintes atividades que não acrescentam valor ao processo:

- Estanhar fios pretos pequenos, contactos e placa eletrónica: uma vez que posteriormente os colaboradores têm de voltar a pegar nestas peças para realizar a soldadura do fio preto pequeno ao contacto e à placa eletrónica;
- Verificar resistência interna da pré-montagem do motor e testar outra pré-montagem em equipamento dedicado: uma vez que historicamente não existe registo de falhas devido a estes erros;
- No posto P2, embora exista uma chave pneumática, o aperto do parafuso das engrenagens é feito com uma chave manual o que torna esta atividade mais lenta e sem qualquer controlo sobre a força de aperto uma vez que depende dos colaboradores;
- Retrabalhar o componente denominado armadura;
- Quando é produzido o CM para RMTOP, após concluir o CM este é testado no equipamento de teste final e depois volta para o posto de montagem para ser acoplado ao módulo do RMTOP e de seguida volta a ser testado no equipamento de teste final;
- Durante todo o teste final o colaborador está parado a aguardar que o teste termine para colocar um novo aparelho;
- O CTO é embalado em um saco plástico e fechado com um agrafo, este processo obriga a duas operações e a gerir dois códigos (saco e agrafo).

3.3 Propostas de melhorias

Após identificar os problemas no processo produtivo da linha de produção, propuseram-se as melhorias, apresentadas na Tabela 9 e descritas nas secções seguintes.

Tabela 9 - Resumo das propostas de melhoria associadas a cada problema



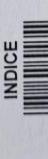
Problema	Proposta de melhoria
Plano de produção e fluxo de informação pouco flexível	<ul style="list-style-type: none"> • Criação de EIL (planeamento diário)
Elevada quantidade de componentes na estante e nos postos de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de abastecimento de componentes por sistema de <i>kanban</i> • Disposição dos componentes nos postos de trabalho
Postos não balanceados	<ul style="list-style-type: none"> • Novo balanceamento dos postos de trabalho • Layout adequado às necessidades e fluxos
Falta de normalização das tarefas	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação de 5S • Normalização das atividades em cada posto
Elevada distância percorrida pelos colaboradores	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Layout</i> adequado às necessidades e fluxos
Fluxos não contínuos	<ul style="list-style-type: none"> • Novo balanceamento dos postos de trabalho • <i>Layout</i> adequado às necessidades e fluxos
Elevada quantidade de pré-montagens e dispositivos auxiliares à montagem	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir pré-montagens em WIP entre postos • Alterações ao processamento dos aparelhos
Processos de montagem inapropriados	<ul style="list-style-type: none"> • Alterações ao processamento dos aparelhos • <i>Layout</i> adequado às necessidades e fluxos

3.3.1 Criação de EIL (planeamento diário)

Com a proposta de criação de uma etiqueta para dar início à ordem de produção (EIL) pretende-se alcançar uma maior flexibilidade do plano de produção, uma vez que o programador da linha de produção passa a verificar e a poder introduzir na linha de produção novas ordens de produção diariamente.

A quantidade de lote da EIL foi definida como sendo quatro aparelhos, a definição desta quantidade será explicada na secção 3.3.4. Com este método de iniciar a ordem de produção é possível alterar a tipologia de aparelhos a produzir de uma forma rápida e simplificada, conseguindo assim satisfazer as urgências de cliente e alterar a prioridade dos aparelhos a produzir a qualquer altura.

Na EIL, para além da quantidade de lote, foi ainda colocada a informação dos componentes que diferem de tipologia para tipologia de aparelhos, desta forma os colaboradores sabem que componentes usar em cada tipologia. A EIL acompanha o lote durante todo o processo de montagem, assim também serve para identificar os aparelhos durante toda a montagem e conseguir ter várias tipologias de aparelhos ao mesmo tempo na linha de montagem. Na Figura 24 apresenta-se a EIL criada para o produto RMTOP.

GEWISS		
INICIO DE LOTE		
CTO	<input type="checkbox"/>	Sim
Placa	<input type="checkbox"/>	64329923
Fio Laranja	<input type="checkbox"/>	2 X
Micro	<input type="checkbox"/>	-
Interbase	<input type="checkbox"/>	64293483
Tampa	<input type="checkbox"/>	54233887
Rebites	<input type="checkbox"/>	54234190
Cx Exterior	<input type="checkbox"/>	78032968
Cx Interior	<input type="checkbox"/>	74327230
Manual	<input type="checkbox"/>	74291881
Manual 2	<input type="checkbox"/>	78033123
Etiqueta N. 		
137.445	<input type="checkbox"/>	10-09-2021
PRODUTO	QUANTIDADE	
RMTOP	4	
INDICE G4 <input type="checkbox"/> LINHA		
TF	-	-
PRODUTO FINAL	INDICE	RESTART RM TOPARCBOJMT+BDJMT ADJ. 4M
		
0115641 254701		
Observações		

Aparelho a produzir

Componentes que diferem nas diferentes tipologias

Quantidade a produzir

Figura 24 - Etiqueta de início de lote do RMTOP

3.3.2 Implementação de abastecimento de componentes por sistema de kanban

Com a proposta de implementação de abastecimento de componentes por sistema *kanban*, conseguiu-se eliminar a estante de componentes da linha de produção e desta forma as deslocações dos colaboradores à estante e consequente procura pelo componente a abastecer.

O abastecimento à linha de produção passa a ser gerido por comboio logístico já existente na empresa que verifica hora a hora se existem contentores vazios para abastecer. Na Figura 25 é possível verificar as zonas dedicadas à colocação dos contentores vazios para serem abastecidos.



Figura 25 - Exemplo de posto de trabalho com dois pontos de recolha

Para que o abastecimento fosse possível desta forma teve de se gerar códigos DMC e identificar os contentores de acordo com o sistema existente na empresa. Na Figura 26 está apresentado um exemplo de um contentor identificado com o código DMC correspondente ao código do componente.



Figura 26 - Contentor identificado com código DMC

A quantidade de componentes por contentor foi definida pela empresa tendo em conta o consumo da linha de produção e a disponibilidade do comboio logístico.

3.3.3 Disposição dos componentes nos postos de trabalho

De modo a conseguir colocar todos os componentes nos postos de trabalho teve de se avaliar quais os contentores a utilizar, dentro dos disponibilizados pela empresa, tendo em conta o tamanho das peças e o espaço disponível em cada posto de trabalho. No apêndice C, está um exemplo da tabela criada para distribuir os contentores, e o tamanho destes, por posto de trabalho.

Os postos de trabalho utilizados são postos com medidas *standard* já definidas pela empresa, como para os postos P1 e P4 a quantidade de componentes a colocar no posto era superior ao número máximo de contentores dos postos *standard*, houve necessidade de dividir estes postos de trabalho. Na Figura 27 está apresentado o posto P1 completo.



Figura 27 - Posto P1

Depois de distribuídos os componentes pelos postos de trabalho definiu-se a localização de cada componente tendo em conta a forma como as tarefas são executadas, nomeadamente a utilização de uma das mãos ou as duas em simultâneo, o tamanho dos componentes e o número de utilizações dos mesmos. Na Figura 28 apresenta-se um exemplo da distribuição de componentes num posto de trabalho. Como se pode verificar, foram também colocados fundos falsos nos contentores em que as peças eram mais pequenas de forma a facilitar o alcance dos componentes.



Figura 28 - Exemplo da disposição dos componentes num posto de trabalho

Também foi definido o local dos dispositivos necessários ao posto de trabalho, conforme se pode verificar pela Figura 29.



Figura 29 - Posto P2

Na Figura 30, está apresentado o esquema de todos os componentes e ferramentas por posto de trabalho, assim como as localizações dos componentes, do ponto de vista do abastecedor e do colaborador.



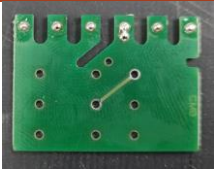
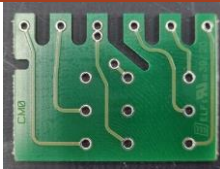
3.3.5 Alterações ao processamento dos aparelhos

Da análise ao processamento dos aparelhos foram verificadas atividades que não acrescentam valor ao processo e, desta forma, foram propostas as seguintes alterações:

- Deixar de estanhar fios pretos pequenos e eliminar dispositivo dedicado a essa tarefa;
- Deixar de estanhar furos dos contactos e eliminar dispositivo dedicado a essa tarefa;
- Deixar de estanhar furos da placa eletrónica.

Estas atividades não acrescentam qualquer valor ao processo uma vez que, se deixarem de as realizar, a qualidade da soldadura final não sofre alteração quando se estanha o fio preto pequeno ao contacto e à placa eletrónica. Na Tabela 10 estão alguns exemplos das atividades antes e depois de implementar.

Tabela 10 - Evidência fotográfica do antes e depois da estanhagem dos componentes

Antes	Depois
	
<p>Figura 32 - Fio e contacto com estanho</p>	<p>Figura 33 - Fio e contacto sem estanho</p>
	
<p>Figura 34 - Placa eletrónica com estanho</p>	<p>Figura 35 - Placa eletrónica sem estanho</p>

Na Figura 36 encontram-se os dispositivos que foram possíveis de eliminar com estas alterações.

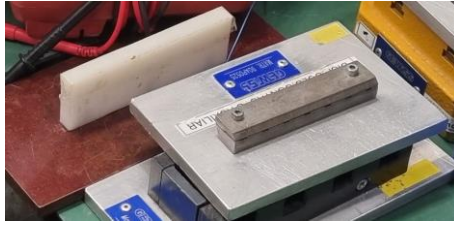


Figura 36 - Dispositivos eliminados do posto P1

Para facilitar o posicionamento dos componentes e as soldaduras anteriores foi introduzida uma base para colocar o dispositivo de auxílio à soldadura. Na Tabela 11 encontra-se o dispositivo antes e depois de colocar a base.

Tabela 11 - Evidência fotográfica do antes e depois de colocar a base

Antes	Depois

Figura 37 - Dispositivo de auxílio à soldadura sem base

Figura 38 - Dispositivo de auxílio à soldadura com base

Também foi proposto eliminar um teste de verificação da resistência, que era feito ao motor após soldar dois cabos, e um teste de verificação da funcionalidade dos micro-switch soldados à placa eletrônica, uma vez que não existia histórico de rejeição destes defeitos quer no posto onde estas verificações eram feitas quer no teste final do aparelho. Com esta alteração removeu-se o multímetro usado para verificar a continuidade do motor (Figura 39) e o equipamento de teste (Figura 40) dedicado à verificação da funcionalidade dos micro-switch após soldadura à placa eletrônica.



Figura 39 - Verificação da resistência



Figura 40 - Equipamento de verificação dos micro-switch

Na montagem do CTO foi proposto eliminar o retrabalho feito ao componente denominado armadura (Figura 41) uma vez que após verificação dimensional do mesmo, este estava dentro das cotas de desenho antes e depois de retrabalhar. Com esta alteração, eliminou-se da linha a prensa (Figura 42) utilizada para fazer o retrabalho.



Figura 41 - Armadura



Figura 42 - Prensa da armadura

Foi ainda proposto utilizar uma chave pneumática para apertar o parafuso das engrenagens e assim garantir sempre o mesmo aperto.

De forma a eliminar um fluxo inverso, foi proposto que o teste final ao CM quando produzido CM para RMTOP apenas fosse feito depois de acoplar o CM ao módulo do RMTOP.

De forma a reduzir o tempo de espera do colaborador durante a execução do teste final, foi proposto que se utilizasse esse tempo para embalar os aparelhos. Foi ainda proposto adicionar um aparelho auxiliar de teste no posto do teste final para preparar o aparelho a colocar no equipamento enquanto o anterior estava a ser testado.

Foi proposto utilizar uma caixa de cartão em substituição do saco plástico e agrafos para embalar o CTO e assim reduzir uma operação a esta tarefa.

De forma a eliminar uma prensa do posto P4 foi proposto que o CM e o RMTOP fossem cravados na mesma prensa.

3.3.6 Novo balanceamento dos postos de trabalho

Inicialmente analisaram-se as quantidades produzidas de cada tipologia da linha, tendo-se obtido os valores da Tabela 12 para a produção do ano de 2020.

Tabela 12 - Quantidades produzidas em 2020

Produto	Quantidade (ano 2020)
RMTOP	1109
CM	983
CTO	586

Uma vez que o aparelho mais produzido nesta linha de montagem é o RMTOP, procedeu-se ao balanceamento da linha de montagem para os tempos do RMTOP.

Pela atividade mais lenta das medições efetuadas na análise do balanceamento do estado atual, secção 3.1.2.4, que não é possível dividir em atividades mais pequenas e tendo em conta que não se pode duplicar o equipamento, uma vez que da análise do histórico da produção o investimento não justifica, tirou-se a capacidade máxima teórica da linha de produção para um dia de trabalho.

Tendo em conta que o tempo total de um dia de trabalho, considerado pela empresa, é de 28380 s e que o tempo da operação mais lenta, já descontando o ganho obtido com a introdução de um aparelho auxiliar de teste de acordo com a alteração proposta na secção 3.3.5, é de 463s.

Com o tempo do posto mais lento e o tempo total de processamento do aparelho obteve-se que o número de postos de trabalho ideal seria de cinco postos de trabalho. De seguida, calculou-se o valor de tempo ideal por posto de trabalho para cinco postos de trabalho, tendo obtido um tempo ideal de 467s por posto de trabalho.

Com o tempo de 467s por posto de trabalho e tendo em conta as precedências das operações que também ajudam a eliminar fluxos inversos, tentou-se balancear a linha de montagem. Na Figura 43 o tempo por posto de trabalho do estado futuro alcançado com o novo balanceamento. Uma vez que com esta proposta o posto mais lento passou a ter 485s, a capacidade, tendo em conta um tempo total por dia de 28380s, é de 58 aparelhos.

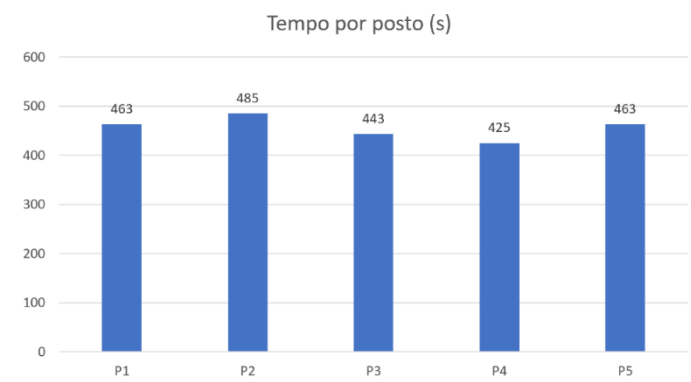


Figura 43 - Tempo por posto de trabalho do estado futuro

3.3.7 *Layout* adequado às necessidades e fluxos

Relativamente ao *layout* da linha de produção, a proposta de melhoria está representada na Figura 44.

o abastecimento de componentes que pelo seu tamanho teve de ser abastecido em caixa de fornecedor e desta forma teve de se usar postos em pé e também o tipo de tarefa executada pelo colaborador, tentando colocar sempre as tarefas mais minuciosas nos postos sentados e as menos minuciosas nos postos de pé.

3.3.8 Implementação de 5S

Com a proposta de implementação dos 5S, eliminou-se dos postos de trabalho os dispositivos e ferramentas não necessários à execução das atividades em cada posto, deixando apenas os itens necessários.

Definiu-se um local para cada item necessário ao posto e identificou-se esse local (Figura 46), assim como uma rotina de limpeza dos postos de trabalho nos últimos três minutos do dia laboral de forma a garantir que no início do dia seguintes todos os colaboradores encontrem o seu posto de trabalho limpo.



Figura 46 - Equipamentos e ferramentas com local dedicado

Todos os contentores dos postos de trabalho foram identificados em concordância com as localizações definidas na secção 3.3.3. Esta identificação torna mais fácil identificar a localização dos contentores por parte do colaborador responsável pelo abastecimento. Na Figura 47 um posto de trabalho visto pelo lado do abastecedor onde se pode ver a identificação das posições do posto de trabalho e no contentor a indicação do local onde colocar o mesmo.



Figura 47 - Posto de trabalho pelo lado do abastecedor

3.3.9 Normalização das atividades em cada posto

Com o intuito de todos os colaboradores fazerem as mesmas atividades da mesma forma e de auxiliar na formação aquando da introdução de novos colaboradores na linha de produção foram elaborados, para todos os postos de trabalho, documentos para detalhar a forma de executar as tarefas em cada posto de trabalho utilizando um formato já existente na empresa denominado JBS.

Neste documento para cada operação é descrito o que fazer, como fazer, os pontos chave para realizar a operação e são colocadas imagens para auxílio visual. Na Figura 48 apresenta-se um estrato de uma folha do documento JBS com a descrição de duas atividades do posto P2.

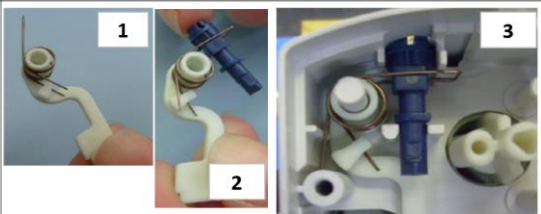

JBS - Job Breakdown Sheet				JBS - RMTOP - P2 - 01 - 00	
PRODUTO / TIPOLOGIA APLICÁVEL: _____		CM e CM para RMTOP		CICLO (s/pp): _____	
FERRAMENTAS: _____		EPI's: _____			
O QUÊ?	COMO?	PORQUÊ?	AUXILIAR DE FORMAÇÃO E EXECUÇÃO		
Nr	Sequência lógica das operações	Passos importantes Incluir frequência (quando aplicável) e pontos-chave	Razões para os pontos-chave	Inclua esboços, diagramas, peças ou layouts. Insira imagens digitais se disponíveis	
5	Inserir leva, mola e parafuso de ajuste	Com as duas mãos em simultâneo, alcançar uma leva e uma mola. Encaixar a mola na leva (1) e segurar no conjunto com uma mão. Com a outra mão, alcançar o parafuso de ajuste e encaixar na mola (2). Encaixar o conjunto na parte superior esquerda do aparelho conforme imagem 3.			
6	Inserir leva de comando e mola motriz	Com as duas mãos em simultâneo, alcançar uma leva de comando e uma mola motriz. Encaixar a leva no pino da base (1) e a mola de forma a que esta encaixe na leva anterior (2).			
Legenda: PC Plano de Controlo PP Parâmetro de Processo AC Auto Controlo + EPI Alteração face à última revisão					
ELABORADO POR: _____, EM _____			REVISTO POR: _____, EM _____		

Figura 48 - Estrato de uma folha do documento JBS

3.4 Análise de resultados

Este subcapítulo tem como propósito apresentar o resumo da análise dos resultados obtidos, pelas ações de melhoria adotadas e implementadas, presentes na Tabela 13.

Tabela 13 - Resumo da melhoria obtida para cada proposta

Proposta de melhoria	Melhoria obtida
Criação de EIL (planeamento diário)	Verificou-se que o colaborador não se engana nos componentes a utilizar nas diferentes tipologias e não tem de contabilizar a quantidade já produzida de cada ordem, uma vez que a EIL já tem a quantidade a produzir e são colocadas na linha apenas as EIL necessárias. Adicionalmente, o facto de o lote estar identificado, quando se está a produzir tipologias diferentes, elimina o risco de identificar mal os aparelhos.
Implementação de abastecimento de componentes por sistema de <i>kanban</i>	Verificou-se que o colaborador não tem de procurar os componentes na estante e que o contentor vazio é substituído diretamente por um cheio que se encontra no bordo de linha e o contentor vazio segue para o armazém. Adicionalmente, eliminou-se a lista de pedido de material.
Disposição dos componentes nos postos de trabalho	Eliminou-se a necessidade de procurar os componentes.
Reduzir pré-montagens em WIP entre postos	A redução das pré-montagens levou a uma redução do <i>lead time</i> e, no caso de existência de defeitos nas montagens, deixou de haver a necessidade de as pré-montagens serem retrabalhadas.
Alterações ao processamento dos aparelhos	Verificou-se a eliminação de 5 dispositivos e a redução do tempo de montagem dos aparelhos, em 264s (valores apresentados na Tabela 14).
Novo balanceamento dos postos de trabalho	Diminuiu-se as esperas entre postos de trabalho e aumentou-se a capacidade em 38%, sendo que se passou de uma produção máxima de 42 para 58 aparelhos por dia.
<i>Layout</i> adequado às necessidades e fluxos	Com esta proposta conseguiram-se as seguintes melhorias: <ul style="list-style-type: none"> • Eliminação do fluxo inverso no CTO; • Eliminação de uma saída da linha para fazer teste final ao CTO (ganho de 24m); • Eliminação de uma saída da linha para soldar bobinas (ganho de 17m); • Redução da distância percorrida para troca de posto em 20,25m (65%). As movimentações referidas estão apresentadas no apêndice D; • Inclusão de postos sentados e de pé para evitar a mesma posição durante todo o dia.
Implementação de 5S	Conseguiu-se uma melhoria na organização dos postos de trabalho, a eliminação dos elementos não necessários ao posto de trabalho e a identificação dos contentores, que

	permite saber a qualquer pessoa a localização dos mesmos nos postos de trabalho.
Normalização das atividades em cada posto	A criação de um documento que explica detalhadamente o processo de montagem ajudará a formar os futuros novos colaboradores e fez com que todos os colaboradores passassem a executar a montagem dos aparelhos de igual forma.

Na Tabela 14 descrevem-se as alterações propostas ao processo de montagem dos aparelhos, apresentando-se o tempo antes e depois da proposta e o respetivo ganho.

Tabela 14 - Alterações ao processo de montagem

Operação	Antes [s/aparelho]	Depois [s/aparelho]	Ganho [s/aparelho]
Deixar de estancar fios pretos pequenos e eliminar dispositivo dedicado a essa tarefa	117	71	46
Deixar de estancar furos dos contactos e eliminar dispositivo dedicado a essa tarefa	124	95	29
Deixar de verificar resistência do motor e eliminar multímetro	5	0	5
Deixar de fazer teste ao subconjunto com equipamento dedicado	16	0	16
Deixar de fazer retrabalho da armadura e eliminar prensa dedicada a isso	3	0	3
Aproveita tempo de teste para fazer embalagem	77	0	77
Incluir aparelho auxiliar de teste para acoplar aparelho durante o outro teste	43	0	43
Deixar de tapar furos das placas	15	11	4
Deixar de apertar parafuso das engrenagens à mão e passar a usar chave pneumática	14	3	11
Embarcar CTO com caixa em vez de usar saco plástico, processo atual (não implementada)	15	13	2

Testar CM do RMTOP só depois de acoplar (não implementada)	30	0	30
Cravar CM e RMTOP na mesma prensa (não implementada)	-	-	-
TOTAL			266

Adicionalmente, além dos ganhos quantitativos e qualitativos, houve ganhos ao nível dos próprios colaboradores, uma vez que se envolveu toda a equipa de trabalho, o que fez com que os colaboradores se sentissem mais integrados e valorizados.

4. CONCLUSÕES E TRABALHO

FUTURO

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

4 CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

4.1 CONCLUSÕES

O projeto de dissertação de mestrado desenvolvido na Gewiss Portugal tinha como finalidade melhorar o balanceamento da linha e o tempo de montagem dos aparelhos, bem como eliminar desperdícios inerentes ao processo produtivo da linha de produção. A oportunidade de desenvolver este projeto surgiu com a necessidade de a empresa melhorar o processo produtivo da linha do RMTOP, através da aplicação de conceitos *Lean*. Estas melhorias são, muitas vezes, implementadas recorrendo a projetos como os realizados por Leite (2011) e Oliveira (2018).

O trabalho iniciou com uma análise do processo produtivo da linha de produção, tendo-se realizado primeiramente uma observação de cada posto de trabalho. De seguida, retiraram-se leituras do tempo de cada tarefa, de forma a compreender se os postos de trabalho estavam balanceados. Esta análise permitiu perceber que a diferença de tempo do posto P2 e o posto da embalagem era muito elevada. Neste seguimento realizou-se um estudo de balanceamento da linha, de modo a ajustar as atividades em cada posto e, com isto, aumentar a capacidade da linha.

Para dar resposta às tarefas que não acrescentam valor, foram sugeridas ações de melhoria, através da aplicação de ferramentas da filosofia *Lean Manufacturing*, nomeadamente *Heijunka*, *5S*, *Standard Work* e *Gestão Visual*.

Foram ainda estudadas soluções para reduzir as movimentações dos colaboradores na passagem de posto de trabalho, no abastecimento de componentes à linha e na execução de tarefas fora da linha de montagem.

Como resultado obteve-se um tempo de tarefas semelhante em todos os postos de trabalho, um *layout* onde foi possível inserir o equipamento de teste final do CTO e, uma redução das deslocações, traduzida na eliminação das deslocações à estante e na redução em 65% das deslocações para trocar de posto de trabalho. Adicionalmente, foram eliminadas duas saídas da linha de montagem, cujas deslocações eliminadas traduziram-se em 24 e 17m, e conseguiu-se organizar e normalizar as tarefas e os postos de trabalho.

Desta forma, pode-se concluir que os objetivos do trabalho foram conseguidos, nomeadamente com a redução do tempo de montagem dos aparelhos em 234s, com o novo balanceamento da linha, que se traduz num aumento de capacidade de 38% e com a eliminação de desperdícios, como a redução ou eliminação de movimentações, *WIP*, transportes e sobreprodução.

Na Tabela 15 descreve-se o estado de implementação das melhorias previamente apresentadas.

Tabela 15 - Estado de implementação das melhorias

Proposta de melhoria implementada	Estado de implementação
Criação de EIL (planeamento diário)	Proposta implementada a 100%.
Implementação de abastecimento de componentes por sistema de <i>kanban</i>	Proposta implementada a 100%, sendo o abastecimento de componentes à linha todo feito pelo comboio logístico.
Disposição dos componentes nos postos de trabalho	Proposta implementada a 100%, tendo todos os componentes a sua localização definida no posto de trabalho.
Reduzir pré-montagens em WIP entre postos	Proposta implementada a 100%, sendo só produzido o necessário para cumprir com a quantidade de lote definida na EIL.
Alterações ao processamento dos aparelhos	Proposta implementada a 75%, sendo que, até ao momento, não foi autorizada a alteração da embalagem do CTO, não foi implementado o teste do CM para RMTOP só depois de acoplar, uma vez que não foi possível alterar o programa de teste final e, não foi aceite a proposta de usar a mesma prensa para cravar CM e RMTOP porque era necessário criar uma base para compensar a diferença de altura.
Novo balanceamento dos postos de trabalho	Proposta implementada, no entanto, não foi feita a validação do balanceamento.
<i>Layout</i> adequado às necessidades e fluxos	Proposta implementada a 100%.
Implementação de 5S	Proposta implementada a 100%, tendo ficado todos os itens necessários aos postos de trabalho identificados.
Normalização das atividades em cada posto	Proposta implementada a 100%, sendo que todos os postos de trabalho têm o JBS dedicado a cada posto e contêm a informação necessária para realizar as atividades do posto.

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Como trabalho futuro, sugere-se que sejam implementadas as propostas de melhoria que não foram possíveis implementar até à conclusão do projeto, assim como a validação dos tempos das tarefas e ajuste ao balanceamento teórico, se necessário.

De forma a eliminar todas as saídas da linha, é ainda necessário avaliar a criação de um novo equipamento de teste de alta tensão ao CTO para incorporar na linha de montagem e, desta forma eliminar todas as saídas da linha. Durante a realização deste trabalho não foi possível realizar uma análise ergonómica aos postos de trabalho, pelo que se sugere que a mesma seja feita. Ao nível de controlo qualitativo ainda falta muita informação, pelo que se sugere a criação de uma lista dos defeitos mais comuns encontrados no teste final, que pode posteriormente ser usada para auxiliar na reparação dos aparelhos. Por fim, sugere-se a criação de um ficheiro de monitorização da rejeição da linha, através de diagrama de Pareto, continuando assim com a aplicação de conceitos *Lean*, na melhoria continua da linha de produção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu-Ledón, R., Luján-García, D. E., Garrido-Vega, P., & Escobar-Pérez, B. (2018). A meta-analytic study of the impact of Lean Production on business performance. *International Journal of Production Economics*, 200(March), 83–102. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.03.015>.
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>.
- Antony, J., Sony, M., Dempsey, M., Brennan, A., Farrington, T., & Cudney, E. A. (2019). An evaluation into the limitations and emerging trends of Six Sigma: an empirical study. *TQM Journal*, 31(2), 205–221. <https://doi.org/10.1108/TQM-12-2018-0191>.
- Aqlan, F., & Al-Fandi, L. (2018). Prioritizing process improvement initiatives in manufacturing environments. *International Journal of Production Economics*, 196(December 2017), 261–268. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.12.004>.
- Barot, R. S., Raval, K., Berawala, H., & Patel, A. (2020). Implementation of lean practices in water heater manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.06.304>.
- Belhadi, A., Touriki, F. E., & El Fezazi, S. (2018). Benefits of adopting lean production on green performance of SMEs: a case study. *Production Planning and Control*, 29(11), 873–894. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1490971>.
- Bohnen, F., Maschek, T., & Deuse, J. (2011). Leveling of low volume and high mix production based on a Group Technology approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(3), 247–251. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2011.06.003>.
- Correia, D., Silva, F. J. G., Gouveia, R. M., Pereira, T., & Ferreira, L. P. (2018). Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 17, 663–671. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.115>.
- Costa, C., Ferreira, L.P., C. Sá, J., & Silva, F. J. G. (2018). *Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company*, Chapter 01 in DAAAM International Scientific Book, pp.001-012, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-902734-19-8, ISSN 1726-9687, Vienna, Austria.
- Dahlgaard, J. J., & Dahlgaard-Park, S. M. (2006). Lean production, six sigma quality, TQM and company culture. *TQM Magazine*, 18(3), 263–281. <https://doi.org/10.1108/09544780610659998>.

- Dennis, P. (2015). *Dennis, Pascal-Lean Production Simplified, Third Edition a Plain-Language Guide to the World's Most Powerful Production System-CRC Press (2016)*. ISBN: 9781498708883.
- Dias, J. A., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Ribeiro, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Improving the order fulfilment process at A metalwork company. *Procedia Manufacturing*, 41, 1031-1038.
- Dias, P., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Ferreira, L. P., & Santos, T. (2019). Analysis and improvement of an assembly line in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 1444–1452. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.143>.
- Ferreira, C., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Lopes, M. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2019). ILeanDMAIC - A methodology for implementing the lean tools. *Procedia Manufacturing*, 41, 1095–1102. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.038>.
- Fisher, M. (1999). Process improvement by poka-yoke. *Work Study*, 48(7), 264–266. <https://doi.org/10.1108/00438029910294153>.
- French, S. (2009). Action research for practising managers. *Journal of Management Development*, 28(3), 187–204. <https://doi.org/10.1108/02621710910939596>.
- Gaspar, F., & Leal, F. (2020). A methodology for applying the shop floor management method for sustaining lean manufacturing tools and philosophies: a study of an automotive company in Brazil. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(6), 1233–1252. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-09-2019-0098>.
- Gewiss. (2021). <https://www.gewiss.com/es/pt>, consultado em 13 julho 2021.
- Ghobadian, A., Talavera, I., Bhattacharya, A., Kumar, V., Garza-Reyes, J. A., & O'Regan, N. (2020). Examining legitimatisation of additive manufacturing in the interplay between innovation, lean manufacturing and sustainability. *International Journal of Production Economics*, 219, 457–468. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.06.001>.
- Jeong, B. K., & Yoon, T. E. (2016). Improving IT process management through value stream mapping approach: A case study. *Journal of Information Systems and Technology Management*, 13(3), 389–404. <https://doi.org/10.4301/s1807-17752016000300002>.
- Jiménez, M., Romero, L., Domínguez, M., & Espinosa, M. del M. (2015). 5S methodology implementation in the laboratories of an industrial engineering university school. *Safety Science*, 78, 163–172. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2015.04.022>.
- Knol, W. H., Slomp, J., Schouteten, R. L. J., & Lauche, K. (2018). Implementing lean practices in manufacturing SMEs: testing 'critical success factors' using Necessary Condition Analysis. *International Journal of Production Research*, 56(11), 3955–3973. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1419583>.
- Koshy, V. (2005). Action research for improving practice. In *A SAGE Publication Company* (Vol. 36, Issue 6). ISBN: 0007-1013.
- Laureani, A., & Antony, J. (2018). Leadership—a critical success factor for the effective

- implementation of Lean Six Sigma. *Total Quality Management and Business Excellence*, 29(5–6), 502–523. <https://doi.org/10.1080/14783363.2016.1211480>.
- Lazarevic, M., Mandic, J., Sremcevic, N., Vukelic, D., & Debevec, M. (2019). A systematic literature review of poka-yoke and novel approach to theoretical aspects. *Strojniski Vestnik/Journal of Mechanical Engineering*, 65(7–8), 454–467. <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2019.6056>.
- Leite, T. S. M. (2011). *Implementar conceitos de produção Lean numa linha de montagem de componentes eléctricos*. <http://hdl.handle.net/1822/17550>. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, apresentado à Escola de Engenharia da Universidade do Minho.
- Liker, J. K. (2004). *Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill Education. ISBN: 0071392319.
- Liker, J., & Meier, D. (2007). Toyota Talent, Developing your people the Toyota Way. In *American Media International*. <http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>.
- Martin, T. D., & Bell, J. T. (2017). New Horizons in Standardized Work. In *New Horizons in Standardized Work*. <https://doi.org/10.1201/b10507>. ISBN: 9781439840801.
- Matzka, J., Di Mascolo, M., & Furmans, K. (2012). Buffer sizing of a Heijunka Kanban system. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 23(1), 49–60. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0317-3>.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>.
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. CRC Press. ISBN: 978-1-4665-0451-6.
- Monteiro, C., Ferreira, L. P., Fernandes, N. O., Sá, J. C., Ribeiro, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Improving the machining process of the metalworking industry using the lean tool SMED. *Procedia Manufacturing*, 41, 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.043>.
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J. C., Silva, F. J. G., Dieguez, T., & Tjahjono, B. (2020). Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques. *International Journal of Productivity and Performance Management*. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2020-0327>.
- Nallusamy, S. (2016). Enhancement of productivity and efficiency of CNC machines in a small scale industry using total productive maintenance. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 25(August), 119–126. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.25.119>.
- Nallusamy, S., & Adil Ahamed, M. A. (2017). Implementation of lean tools in an automotive industry for productivity enhancement - A case study. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 29, 175–185. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/JERA.29.175>.

- Nasution, A. A., Siregar, I., Anizar, Nasution, T. H., Syahputri, K., & Tarigan, I. R. (2018). Lean Manufacturing Applications in the Manufacturing Industry. *MATEC Web of Conferences*, 220, 1–5. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201822002005>.
- Neves, P., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., Gouveia, A., & Pimentel, C. (2018). Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>.
- O’Leary, Z. (2004). *The Essential Guide to Doing Research*. London: Sage. ISBN: 0761941991.
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large-scale production*. crc Press. ISBN: 0915299143.
- Oliveira, I. (2018). *Melhorias no sistema de abastecimento interno aplicando princípios Lean Thinking numa empresa de material elétrico*. <http://hdl.handle.net/1822/56566>. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, apresentado à Escola de Engenharia da Universidade do Minho.
- Parikshit, M., Patil, S., Sangappa, M., Parit, P., & Burali, M. Y. N. (2013). Review Paper On “Poka Yoke: The Revolutionary Idea In Total Productive Management.” *Research Inventy: International Journal Of Engineering And Science, Issn(4)*, 19–24.
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Production Planning and Control*, 17(1), 77–86. <https://doi.org/10.1080/09537280500414991>.
- Pereira, J., Silva, F. J. G., Bastos, J. A., Ferreira, L. P., & Matias, J. C. O. (2019). Application of the A3 methodology for the improvement of an assembly line. *Procedia Manufacturing*, 38, 745–754. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.101>.
- Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Implementation of lean methodologies in the management of consumable materials in the maintenance workshops of an industrial company. *Procedia Manufacturing*, 38, 975–982. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.181>.
- Realyvásquez-Vargas, A., Flor-Moltalvo, F. J., Blanco-Fernández, J., Sandoval-Quintanilla, J. D., Jiménez-Macías, E., & García-Alcaraz, J. L. (2019). Implementation of production process standardization-A case study of a publishing company from the SMEs sector. *Processes*, 7(10). <https://doi.org/10.3390/pr7100646>.
- Ribeiro, P., Sá, J. C., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., Pereira, M. T., & Santos, G. (2019). The impact of the application of lean tools for improvement of process in a plastic company: A case study. *Procedia Manufacturing*, 38, 765–775. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.104>.
- Rodrigues, J., Sá, J. C. V. D., Ferreira, L. P., Silva, F., & Santos, G. (2019). Lean management “quick-wins”: Results of implementation. A case study. *Quality Innovation Prosperity*, 23(3), 3.
- Rohani, J. M., & Zahraee, S. M. (2015). Production Line Analysis via Value Stream

- Mapping: A Lean Manufacturing Process of Color Industry. *Procedia Manufacturing*, 2(February), 6–10. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.002>.
- Rosa, Conceição, Silva, Francisco J. G., Ferreira, Luís Pinto, Sá J. C., Chapter 9: Lean Manufacturing Applied to the Production and Assembly Lines of Complex Automotive Parts, in: *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*, F. J. G. Silva, Luís Pinto Ferreira (Eds.), Nova Science Publisher, NY, U.S.A., 2019. ISBN: 978-1-53615-725-3.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda*. Lean Enterprise Institute. ISBN: 0966784308.
- Santos, T., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2019). Asset priority setting for maintenance management in the food industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 1623–1633. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.122>.
- Sayer & Williams. (2007). *Sayer, N.J. and Williams, B. (2007), Lean for Dummies, Wiley Publishing Inc., Hoboken, NJ*. ISBN: 9780470099315.
- Seth, D., & Gupta, V. (2005). Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: An Indian case study. *Production Planning and Control*, 16(1), 44–59. <https://doi.org/10.1080/09537280512331325281>.
- Shingo, S. (1986). *Zero quality control: Source inspection and the poka-yoke system*. CRC Press. ISBN: 0915299070.
- Silva, T., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2018). Improving the Multi-Brand Channel Distribution of a Fashion Retailer. *Procedia Manufacturing*, 17, 655–662. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.114>.
- Sivaraman, P., Nithyanandhan, T., Lakshminarasimhan, S., Manikandan, S., & Saifudheen, M. (2019). Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. *Materials Today: Proceedings*, 33, 201–207. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.010>.
- Stamatis, D. H. (2015). *Quality assurance: applying methodologies for launching new products, services, and customer satisfaction*. CRC Press. ISBN: 1498728707.
- Swarna, N. A., & Sayid Mia, M. A. S. (2018). Productivity improvement of leather products industry in Bangladesh using lean tools: A case study. *Leather and Footwear Journal*, 18(3), 219–230. <https://doi.org/10.24264/lfj.18.3.7>.
- Swarnakar, V., & Vinodh, S. (2016). Deploying Lean Six Sigma framework in an automotive component manufacturing organization. *International Journal of Lean Six Sigma*, 7(3), 267–293. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2015-0023>.
- Trakulsunti, Y., Antony, J., Dempsey, M., & Brennan, A. (2020). Reducing medication errors using lean six sigma methodology in a Thai hospital: an action research study. *International Journal of Quality and Reliability Management*. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2019-0334>.
- Vieira, T., Sá, J. C., Lopes, M. P., Santos, G., Félix, M. J., Ferreira, L. P., Silva, F. J. G., & Pereira, M. T. (2019). Optimization of the cold profiling process through SMED.

Procedia Manufacturing, 38(Faim 2019), 892–899.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.171>.

Williamson, G. (2014). Case Study – Implementing visual management, Kangan Institute.

Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation, Revised and Updated*. No Title. ISBN: 0743249275.

Womack, James P., Jones, D. T., & Roos., D. (1990). *The machine that changed the world*. Macmillan Publishing Company. 323. ISBN: 0-89256-350-8.

Yadav, O. P., Nepal, B., Goel, P. S., Jain, R., & Mohanty, R. P. (2010). Insights and learnings from lean manufacturing implementation practices. *International Journal of Services and Operations Management*, 6(4), 398–422.
<https://doi.org/10.1504/IJSOM.2010.032916>.

APÊNDICES

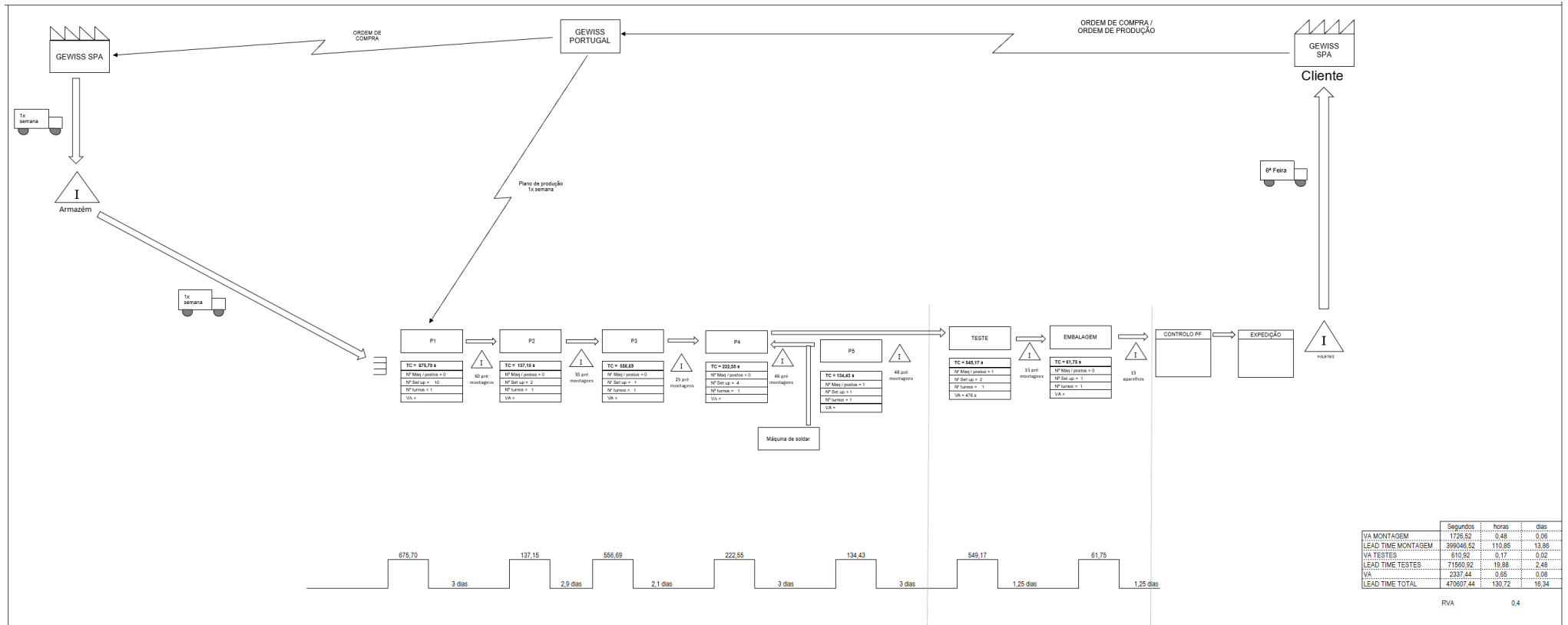
APÊNDICE A - MEDIDA DE TEMPO DAS TAREFAS

APÊNDICE B - VSM DO RMTOP

APÊNDICE C - TABELA PARA DEFINIR CONTENTORES A UTILIZAR

APÊNDICE D - DISTÂNCIA PERCORRIDA PARA MUDAR DE POSTO
DE TRABALHO

APÊNDICE B - VSM do RMTOP



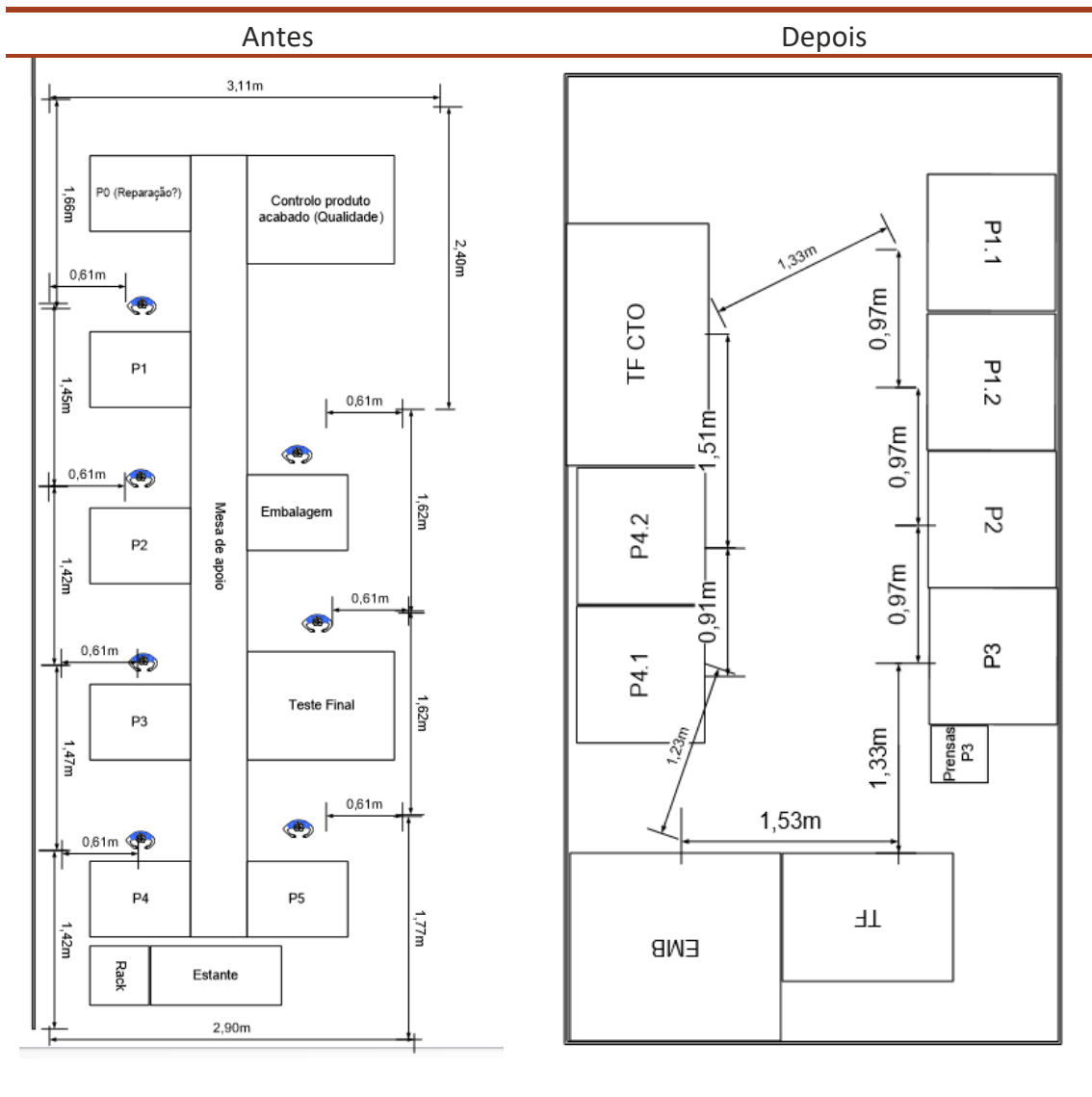
Apêndice B - VSM do RMTOP

APÊNDICE C - Tabela para definir contentores a utilizar

Código	Material Description	QTD	Posto	Ctn	QTD	PESO	Posto	Nº componentes
54210...	MOBILE C...	3	P4	L61	250pçs	301g	P1	32
54210...	MAGNETIC...	3	P4	L61	250pçs	11,2g	P2	23
54212...	CLOSING ...	3	P4	L61	250pçs	13,1g	P3	24
54214...	MT/MT-HP...	3	P4	L61	250pçs	23g	P4	27
54215...	MAGNETIC...	3	P4	L61	250pçs	59,1g	EMB	7
54217...	CLIP DIN...	1	P3	L61	120pçs	184,5g		
54222...	FIXED CO...	3	P4	L61	300pçs	204,6g		
54225...	RDELTA-R...	6	P1	L61	400pçs	180g		
54225...	RDELTA-R...	4	P3	L61	400pçs	180g		
54226...	TERMINAL...	5	P2	L61	240pçs	210,8g		
54226...	TERMINAL...	5	P3	L61	240pçs	210,8g		
54226...	CONTACT-...	6	P1	L61	250pçs	98g		
54226...	CONTACT-...	4	P3	L61	250pçs	98g		
54226...	BARRA MA...	1	P4	L61	250pçs	305g		
54226...	BARRA MA...	1	P4	L61	250pçs	803,6g		
54228...	AUTOTEST...	1	P3	L61	250pçs	21g		
54229...	(AV 4044...	1	P4	L60	200pçs	4 blisters		
54231...	WHEEL 1 ...	1	P1	L61	100pçs	238,2g		
54231...	WHEEL 2 ...	1	P1	L61	150pçs	259,0g		
54231...	WHEEL 3 ...	1	P1	L61	150pçs	311,5g		
54231...	ELECTRIC...	1	P1	Blister	20pçs	1 blister		
54231...	SCREW FO...	1	P1	L61	100pçs	199,6g		
54231...	WHEEL PI...	2	P1	L61	300pçs	118,8g		
54231...	THRUST B...	1	P1	L61	200pçs	225,9g		
54233...	GENERAL ...	1	P3	L61	200pçs	38,8g		

Apêndice C - Tabela para definir contentores a utilizar

APÊNDICE D - Distância percorrida para mudar de posto de trabalho



Apêndice D - Distância percorrida para mudar de posto de trabalho