



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Rita Mergulho Salvado

**IMPLEMENTAÇÃO DE UMA LINHA DE
PRODUÇÃO COM BASE EM PRINCÍPIOS *LEAN***

Dissertação no âmbito de Engenharia e Gestão Industrial orientada pelo Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz e apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

setembro, 2023

1 2



9 0

FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Implementação de uma Linha de Produção com base em princípios *Lean*

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

Implementation of a Production Line based on Lean Principles

Autor

Ana Rita Mergulho Salvado

Orientadores

Professor Doutor Samuel de Oliveira Moniz

Engenheira Mariana Amaral

Júri

Presidente Professor Doutor **Telmo Miguel Pires Pinto**
Professor Auxiliar da Universidade de Coimbra

Vogais Professor Doutor **Diana Rita Ramos Jorge**
Professor Auxiliar da Universidade Lusófona

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

Colaboração Institucional



MECALBI ENGINEERING SOLUTIONS, LDA

Coimbra, setembro, 2023

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”

George Bernard Shaw

Agradecimentos

A realização deste trabalho aqui apresentado só foi possível, devido ao apoio de determinadas pessoas, às quais é necessário deixar o meu agradecimento.

Primeiramente, terei de agradecer aos meus pais, por me terem ensinado todos os valores, e por permitirem que fosse possível continuar os meus estudos no ensino superior. Sem o seu apoio, compreensão e dedicação seria impossível finalizar a escrita desta dissertação.

Ao meu irmão pela paciência e por me fazer acreditar que tudo é possível, apenas com a condição de acreditarmos nas nossas capacidades.

Aos meus avós, tios e primos pela motivação e por estarem sempre presentes sempre que precise.

Aos meus amigos, por se encontrarem, direta ou indiretamente, sempre presentes e por me terem apoiado sempre que foi preciso, pois sem a motivação deles, este caminho seria mais difícil.

Um agradecimento especial ao meu orientador: Samuel Moniz, por me ter acompanhado durante toda a realização do estágio curricular e no desenvolvimento da minha dissertação.

Para além disso, não posso deixar de agradecer a todas as pessoas que fazem parte da MECALBI, por me terem recebido de forma incrível e se encontrarem sempre disponíveis para o desenvolvimento deste projeto. Um especial agradecimento à Engenheira Mariana Amaral, por me ter acompanhado durante toda a realização do meu estágio e por estar sempre disponível para me ajudar em diversas questões e dúvidas que ocorreram ao longo destes meses.

Resumo

Atualmente, todas as organizações pretendem cada vez mais ser competitivas, pelo que o uso de novas tecnologias, associada à digitalização de processos parece ser inevitável. Contudo, uma produção com base em princípios *Lean*, que visa a melhoria contínua, permite obter melhorias ao nível da qualidade e produtividade, pelo que as empresas procuram métodos que visem a implementação de uma filosofia *Lean* adequada ao processo.

O objetivo desta dissertação foca-se na implementação de uma linha de produção, seguindo uma metodologia *Lean*, com o intuito de estabilizar tempos de montagem eletromecânica, através da introdução de células de trabalho, como ainda identificar e reduzir desperdícios, pelo que o foco deste projeto incide sob a área de montagem.

Posteriormente, através da aplicação de ferramentas *Lean*, com o objetivo de identificar e analisar ocorrências ao longo do processo, foram desencadeadas propostas de melhoria, como resposta de contornar determinadas situações. A análise efetuada ao estado atual da empresa, para além de identificar tarefas que não acrescentam valor ao processo, ainda permitiu concluir que, em determinados equipamentos, o balanceamento das células de trabalho não se encontrava bem nivelado.

Complementarmente, foi analisado o sistema produtivo *Pull*, juntamente com o desenvolvimento da produção em células, de forma a observar e avaliar as alterações desencadeadas pelas mesmas, comparativamente ao método produtivo anterior, onde se concluiu que a introdução de células de trabalho, juntamente com determinadas técnicas *Lean*, permitiu obter melhorias, particularmente, ao nível da produtividade e na variabilidade dos tempos de montagem.

De forma a dimensionar o buffer à saída das células de trabalho, observando a carga de trabalho para cada célula de trabalho foi aplicado o *Símio Software*, que possibilitou simular todo o processo.

Palavras-chave: Produção *Lean*, Desperdício, *Manufatura celular*, Melhoria Contínua, Estabilidade do processo

Abstract

Currently, all organizations aim to be increasingly competitive, making the use of new technologies associated with process digitalization seem inevitable. However, a production based on *Lean* principles, which focuses on continuous improvement, allows for quality and productivity improvements. As a result, companies seek methods to implement a *Lean* philosophy adequate for the process.

The objective of this dissertation focuses on the implementation of a production line following *Lean* methodology with the aim of stabilizing electromechanical assembly times through the introduction of work cells. It also aims to identify and reduce waste, with a particular focus on the assembly area.

Subsequently, through the application of *Lean* tools to identify and analyze occurrences throughout the process, improvement proposals were initiated as responses to certain situations. The analysis of the current state of the company not only identified tasks that don't add value to the process but also concluded that in certain equipment, the balancing of work cells was not well leveled.

Additionally, the *Pull* production system was analyzed along with the development of production in cells to observe and evaluate the changes triggered by them compared to the previous production method. It was concluded that the introduction of work cells, along with specific *Lean* techniques, led to improvements, particularly in terms of productivity and assembly time variability.

To size the buffer at the output of the work cells, observing the workload for each work cell, Simio Software was applied, which made it possible to simulate the whole process.

Keywords: *Lean* Production, waste, cellular manufacturing, Continuous Improvement, Process stability

ÍNDICE

Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiii
Siglas	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Contextualização e Motivação.....	1
1.2. Objetivos e Estrutura.....	1
2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	3
2.1. Pensamento <i>Lean</i>	3
2.1.1. Princípios <i>Lean</i>	5
2.2. Aplicação dos princípios <i>Lean</i> e desperdícios.....	6
2.2.1. Desperdícios <i>Lean</i>	6
2.2.2. <i>Value Stream Mapping</i>	7
2.2.3. Os 5S.....	8
2.2.4. Padronização.....	9
2.2.5. <i>Kaizen</i>	10
2.2.6. <i>Kanban</i>	13
2.2.7. Diagrama <i>Ishikawa</i>	14
3. ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	15
3.1. Caracterização do problema.....	16
3.2. Sistema de Produção <i>Pull</i>	16
3.3. <i>Cellular manufacturing</i>	17
3.3.1. Fluxo de produção.....	19
3.3.2. Características das células de trabalho.....	20
3.3.3. Dimensionamento do Layout (<i>Mizusumashi</i>).....	23
3.4. Simulação.....	24
4. APLICAÇÃO AO ESTUDO DE CASO.....	25
4.1. Apresentação da empresa.....	25
4.2. Processos MECALBI.....	26
4.2.1. SIPOC.....	27
4.2.2. Planeamento da Produção (<i>Heijunka</i>).....	27
4.3. Descrição da situação atual.....	28
4.3.1. Equipamentos em estudo.....	29
4.3.2. Distribuição dos kits.....	30
4.3.3. Medição dos Tempos.....	31
4.3.4. <i>Sistema Kanban</i>	33
4.3.5. Tarefas de valor não acrescentado.....	34
4.4. <i>Value Stream Mapping</i>	35
4.5. Situação futura.....	37
4.5.1. Introdução de pré-montagens.....	37
4.5.2. Linha de montagem e fluxo FIFO.....	38

5.	ANÁLISE DE RESULTADOS	40
5.1.	Propostas de melhoria	40
5.1.1.	Desenvolvimento das instruções de trabalho por Kit	40
5.1.2.	Introdução de parafusadora elétrica	42
5.1.3.	Sistema <i>Kanban</i>	44
5.1.4.	Preocupação pela Ergonomia	44
5.1.5.	Formação intensiva e introdução do <i>Rabbit Chase</i>	45
5.2.	Implementação do Quadro <i>Kaizen</i> Diário.....	46
5.2.1.	Funcionamento do Quadro <i>Kaizen</i> e observação de melhorias.....	48
5.3.	Comparação entre a montagem eletromecânica clássica e montagem em Kits...	49
5.3.1.	Tempos de Montagem.....	49
5.3.2.	Variabilidade nos tempos de montagem.....	50
5.4.	Comparação entre a carga de trabalho dos equipamentos do tipo A e do tipo B&C	53
5.4.1.	Alocação de recursos	55
5.5.	Simulação.....	57
5.5.1.	Parâmetros da Simulação	58
5.5.2.	Tempos Padrão de Simulação.....	60
6.	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	66
6.1.	Conclusões.....	66
6.2.	Limitações.....	67
6.3.	Trabalhos futuros.....	68
	ReFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
	ANEXO A- Fluxograma dos processos Mecalbi.....	74
	ANEXO B- Tempo médio de montagem para os equipamentos sujeitos ao assembly clássico	75
	APÊNDICE A- <i>Value stream mapping to be</i>	76
	APÊNDICE B - Cartões <i>Kasmishibai</i>	77
	APÊNDICE C- Ocorrências enunciadas nas reuniões <i>Kaizen</i>	78
	79
	APÊNDICE D- Cálculo do intervalo de chegadas para os equipamentos do tipo b&C.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Conceitos básicos <i>Lean</i> e métodos (Dennis, 2007).....	4
Figura 2.2: Perspetiva Inovação vs. <i>Kaizen</i> (Fonte: Massaki Imai).	12
Figura 3.1: Estrutura lógica seguida ao longo da dissertação.....	15
Figura 3.2: Método Produtivo <i>Lean</i> : Montagem dos kits.....	18
Figura 3.3: Método Produtivo <i>Lean</i> : Montagem final.....	19
Figura 3.4: Base Rotativa.....	19
Figura 3.5: Fluxo de produção na área de montagem.....	20
Figura 3.6: Ilustração de célula de trabalho.....	21
Figura 3.7: Caixas com a devida identificação do kit e célula.	21
Figura 3.8: Estante de fornecimento de material e estante <i>Kanban</i>	22
Figura 3.9: Carrinho logístico (carrinho número 2 da célula 1).	22
Figura 3.10: Caminho logístico predefinido.....	23
Figura 4.1: Análise ABC.....	29
Figura 4.2: Exemplo de cartão <i>Kanban</i> - MECALBI (DIN 912- M3x20).....	33
Figura 4.3: Caixa para fornecimento de material <i>Kanban</i>	34
Figura 4.4: Estante <i>Kanban</i>	34
Figura 4.5: Diagrama de <i>Ishikawa</i>	35
Figura 4.6: <i>Value Stream Mapping</i> para a produção de um lote STCS-RCM.....	36
Figura 4.7: Distribuição de tempos, em percentagem, referentes à situação atual da STCS-RCM.....	37
Figura 4.8: Representação da Linha de Montagem.....	38
Figura 4.9: Fluxo de materiais TO-BE.....	39
Figura 5.1: Exemplo de Instrução de trabalho (STCS-RCM-kit1).....	41
Figura 5.2: Exemplo parcial de instrução de trabalho de Produção de Cablagem (STCS-RCM).	42
Figura 5.3: Ilustração da parafusadora elétrica.	42
Figura 5.4: Evolução dos assentos destinados à área de montagem (antes e depois).....	45
Figura 5.5: Exemplo do princípio <i>Rabbit Chase</i> (Fonte: <i>AllAboutLean</i>).....	46
Figura 5.6: Protótipo do Quadro <i>Kaizen</i> diário.....	48
Figura 5.7: Comparação da evolução de tempos produção celular e montagem clássica para a máquina STCS-EVO500.....	51

Figura 5.8: Comparação da evolução de tempos produção celular e montagem clássica para as máquinas STCS-EVO500TS, STCS-VMIR, STCS-VMIRPLUS e STCS-RCM, respetivamente.	52
Figura 5.9: Horas de trabalho por mês relativamente ao tipo de equipamento.....	53
Figura 5.10: Comparação da carga de trabalho entre os equipamentos do tipo A e equipamentos do tipo B&C.....	54
Figura 5.11: Layout da área de montagem usando o <i>Símio Software</i>	58
Figura 5.12: Exemplo de criação do Processo no <i>Símio Software</i>	59
Figura 5.13: Taxa de utilização células de trabalho, em percentagem, referente à máquina STCS-EVO500.	64
Figura 5.14: Taxa de utilização das células de trabalho, em percentagem, referente à máquina STCS-EVO500TS.....	65
Figura 5.15: Taxa de utilização das células de trabalho, em percentagem, referente à máquina STCS-VMIR.	65

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 4.1: SIPOC.....	27
Tabela 4.2: Número de Células de trabalho e número de operadores na área de montagem	30
Tabela 4.3: Distribuição do número de Kits atribuídos aos equipamentos predefinidos para produção em células.	31
Tabela 4.4: Alocação dos kits às respectivas células de trabalho.....	31
Tabela 4.5: Representação dos tempos por Kit para as máquinas STCS-EVO500/EVO500TS.....	32
Tabela 4.6: Representação dos tempos por Kit para as máquinas STCS-VMIR/VMIRPLUS.	32
Tabela 4.7: Representação dos tempos por Kit para as máquinas STCS-RCM.....	32
Tabela 4.8: Matriz de Células as máquinas STCS-RCM (situação futura).	37
Tabela 5.1: Diferença de tempos, com a implementação de uma parafusadora elétrica (exemplo: STCS-EVO500).....	43
Tabela 5.2: Comparação de tempos entre montagem clássica e produção em kits.	50
Tabela 5.3: Número de Trabalhadores para equipamentos do tipo A e B&C baseado em tempos médios.	56
Tabela 5.4: Resultado do número de trabalhadores necessário para cada mês, segundo tempos médios.	57
Tabela 5.5: Dias de trabalho disponível por operador.	60
Tabela 5.6: Cálculo do intervalo de chegada dos equipamentos do Tipo A.....	61
Tabela 5.7: Resumo Estatístico da duração da montagem eletromecânica para a máquina STCS-EVO500.	62
Tabela 5.8: Valores mínimo, moda e máximo para os equipamentos produzidos em células.	63
Tabela 5.9: Valores mínimo, moda e máximo referentes à linha de montagem.	63

SIGLAS

FIFO- *First-In-First-Out*

JIT- *Just-in-time*

LCD- *Liquid Crystal Display*

NC- *Não Conformidades*

NVA- *Non-value-added*

PCB- *Printed Circuit Board*

PDCA- *Plan-Do-Check-Act*

SIPOC- *Suppliers-Inputs-Process-Outputs-Costumers*

STCS- *Shrinking Tube Control System*

TPS- *Toyota Production System*

VA- *Value-Added*

VSM- *Value Stream Mapping*

WIP- *Work-in-Process*

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação foi desenvolvida, no âmbito do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. No capítulo que se segue, encontra-se descrito a introdução e a contextualização acerca do trabalho realizado, descrevendo inicialmente, a motivação responsável pela escolha do tema desenvolvido, seguindo dos objetivos traçados e de uma descrição resumida da estrutura adotada.

1.1. Contextualização e Motivação

Atualmente, todas as empresas cada vez mais, pretendem criar vantagem competitiva, e por isso a inovação e a digitalização de processos são aspetos a ter em conta e que parecem ser inevitáveis. Deste modo, uma preocupação muitas vezes sentida por parte das organizações, incide na introdução de certas tecnologias e na maneira de como a sua utilização é feita.

Contudo, a produção *Lean*, que visa a melhoria contínua, juntamente com o uso da tecnologia, poderá melhorar a performance, gerando um aumento da eficiência para a produção. A motivação por este tema, prende-se nomeadamente por compreender como o conceito *Lean* se tem vindo a desenvolver na indústria e de que forma isto poderá melhorar os processos, metodologias e que adaptações terão de ser ajustadas para que uma empresa adquira vantagem competitiva e gere um aumento da produtividade.

Em contexto industrial, este tema constitui uma forma para desenvolver e implementar propostas de melhoria, que visem a redução de desperdícios e o uso mais eficiente de recursos, influenciando positivamente o processo produtivo, nomeadamente no que diz respeito à eficiência, eficácia e qualidade.

1.2. Objetivos e Estrutura

O objetivo principal desta dissertação centra-se na implementação e na avaliação do desempenho de uma linha de produção, que segue uma metodologia *Lean*, tendo como principais características a implementação de células de trabalho, pelo que a produção de

máquinas passará a ser realizada em kits, com o intuito de estabilizar os tempos de montagem, e conseqüentemente, o processo em questão. Deste modo, a avaliação desta linha de produção foca-se, particularmente, na standardização de processos, juntamente com a identificação, e conseqüentemente, na eliminação de desperdícios, de modo a gerar aumento da produtividade e qualidade.

Desta forma, pretende-se através da elaboração deste projeto, definir o layout do processo produtivo, otimizar a linha de montagem e ainda elaborar propostas de ações de melhoria, de modo a eliminar desperdícios e aumentar a eficiência dos processos.

Uma vez que, o objetivo mencionado anteriormente apresenta uma determinada complexidade, então considerou-se interessante dividir o mesmo em 3 objetivos:

- **Objetivo 1:** Melhorar a produtividade e eficiência do processo, através da identificação e redução de desperdícios;
- **Objetivo 2:** Melhorar o output do processo;
- **Objetivo 3:** Desenhar um sistema de produção *Pull* capaz de funcionar num contexto de elevado *mix* de produção.

No que diz respeito à estrutura do documento, este encontra-se dividido em seis capítulos. No primeiro, encontra-se descrito uma introdução, seguida de uma breve contextualização e motivação responsável pela escolha do tema, como ainda a definição dos objetivos pretendidos e qual a estrutura a seguir. Por outro lado, o capítulo 2 diz respeito à parte teórica, ou seja, ao enquadramento dos diversos temas, que serão abordados ao longo da dissertação, enquanto o capítulo 3 se refere à metodologia adotada para o desenvolvimento deste projeto, o capítulo 4 refere-se à aplicação do estudo de caso, onde se encontra uma breve apresentação da empresa, e ainda uma descrição da situação atual e futura. Por outro lado, o capítulo 5 diz respeito à análise de resultados, onde foram abordadas diversas propostas de melhorias, e por último, o capítulo 6 refere-se às principais conclusões relativamente ao desenvolvimento do projeto, às limitações sofridas com o mesmo, e ainda à menção de trabalhos futuros acerca do tema.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

A revisão da literatura apresentada de seguida, tem como principal objetivo resumir toda a informação importante, de modo a efetuar um enquadramento dos diversos temas abordados, ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

Tendo como base a implementação de uma linha de produção, focada em princípios *Lean*, onde a visão pela melhoria continua é algo sempre presente, então os aspetos relacionados com o pensamento *Lean*, os seus princípios e algumas das suas ferramentas são mencionadas neste capítulo.

2.1. Pensamento *Lean*

Atualmente, a competitividade é um aspeto essencial, e por isso, a capacidade das organizações se adaptarem ao contexto da mudança é bastante importante. Deste modo, as técnicas elaboradas e que fazem parte de uma filosofia *Lean* poderão originar uma série de aspetos positivos para a empresa, levando à otimização de processos.

A melhoria continua e o aumento da eficiência e produtividade é algo, que ultimamente, as empresas estão à procura, seguindo deste modo, estratégias *Lean*. Isto é fundamental para garantir a competitividade, pois a redução de custos e eliminação de desperdícios permitem às diversas empresas possuir uma melhor gestão dos recursos e um aumento da produtividade.

Assim sendo, o pensamento *Lean* tem como principal objetivo minimizar ao máximo os desperdícios, e através disto, agregar valor ao produto e na sua entrega ao cliente. A sua origem provém do *Toyota Production System* (TPS), que adotou esta filosofia, de modo, atender as necessidades dos clientes, tornando num sistema mais ágil, eficiente e flexível. Assim, a produção *Lean* permite a agregação de valor, que segundo a redução de desperdícios e a otimização de atividades que permitem acrescentar valor, se adquirem melhorias ao nível da qualidade (Correia et. al,2018). Através da Figura 1, é possível observar a metodologia *Lean* como uma casa, onde a mesma se inicia com a identificação dos setes desperdícios, seguindo do reconhecimento que a base da melhoria continua é a

estabilidade da padronização. Assim, esta abordagem é suportada, particularmente, por dois conceitos: *Just-in-Time* (JIT) e *Jidoka*. Estes pilares têm o intuito de fornecer produtos ou serviços de alta qualidade, a baixo custo, promovendo a redução do lead time.

- ***Just-in-Time* (JIT)**: significa que a produção apenas é efetuada, segundo os pedidos do cliente. Ou seja, consiste na produção da quantidade certa e no momento certo do produto, e através disto, originar alguns benefícios, como a redução de stock e lead time (Sugimori et. al,1977). Isto significa produzir o quê, quando e na quantidade que o cliente deseja, focando-se na eliminação de desperdícios e redução de prazos de entrega. Isto permite criar fluxo de produção, sincronizar o *takt time*, e ainda incorporar o sistema de produção *Pull*.
- ***Jidoka***: este termo significa que sempre que uma condição que não se encontre na sua normalidade, então os operadores podem proceder à paragem dos equipamentos ou das operações em causa, na linha de montagem. Através disto, é possível identificar a existência de defeitos, e conseqüentemente, eliminá-los. (Sugimori et. al,1977). Ou seja, isto consiste num sistema de produção, que tem como objetivo prevenir a ocorrência anormalidades e a sua repetição. Contudo, de modo que a implementação *Lean* seja efetuada na sua perfeição, é necessário incorporar uma série de elementos, não basta combinar dois ou três elementos (Sundar,2014).

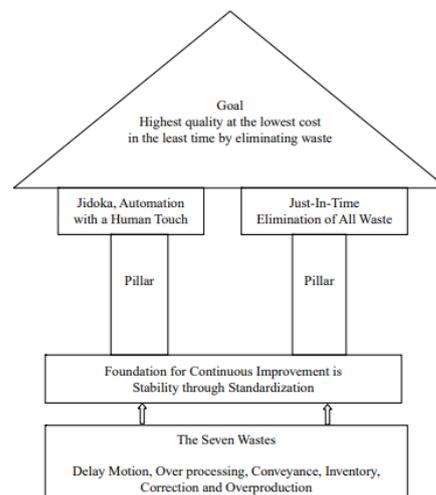


Figura 2.1: Conceitos básicos *Lean* e métodos (Dennis, 2007).

2.1.1. Princípios *Lean*

Para a implementação do conceito *Lean*, é necessário ter em mente um conjunto de princípios, de modo a orientar toda a organização, tendo como principal objetivo a redução de desperdícios e a criação de valor ao cliente. Assim, de acordo com Womack e Jones (2003), os cinco princípios são respetivamente:

1. Valor- é aqui que ocorre a definição de valor dada pelo cliente. Isto significa, que esta definição não é efetuada pela empresa, mas sim, pelo cliente. Assim sendo, é fundamental que as organizações compreendem exatamente quais as necessidades dos seus clientes, e como satisfazê-las.
2. Fluxo de valor- diz respeito à realização das atividades, que permite com que o produto chegue ao cliente. Estas podem ser classificadas de três formas: atividades de valor acrescentado (deverão ser otimizadas), atividades de valor não acrescentado (deverão ser eliminadas) e atividades de valor não acrescentado, mas que são necessárias (deverão ser reduzidas).
3. Fluxo contínuo- é fundamental que ocorra fluxo de valor, contudo, são necessárias um conjunto de etapas, que permitem a ocorrência da produção desse fluxo, e assim surge o terceiro princípio: fluxo contínuo. Para ocorrer fluidez de fluxo, subentende-se a ausência de *botlenecks*, uma vez que poderia resultar em ineficiências na produção.
4. Sistema Pull- significa que a produção é efetuada, em função dos pedidos do cliente. Isto permite a diminuição de desperdícios, e ainda a redução de stocks e tempos de inventário.
5. Perfeição- este corresponde ao último princípio, que consiste na busca pela perfeição. O seu objetivo foca-se na eliminação de desperdícios, como também na criação de valor ao cliente, originando uma constante procura pela satisfação dos clientes.

2.2. Aplicação dos princípios *Lean* e desperdícios

2.2.1. Desperdícios *Lean*

Tendo em conta que um dos objetivos abordados na Produção *Lean* consiste na eliminação de desperdícios (Thürer et al.,2016), então na implementação de uma linha de produção, este termo também deverá ser tido em conta. Deste modo, primeiramente, é necessário compreender os sete tipos de desperdícios que existem. Na literatura, existe uma série de formas de definir o desperdício, no entanto, Liker define-o como sendo uma atividade que não cria qualquer valor e que o cliente não se encontra disposto a pagar.

Por outro lado, Ohno (1997) considera que a verdadeira melhoria na eficiência surge quando se produz zero desperdício. De acordo com a compreensão japonesa de desperdício, esta junta 3 termos japoneses, que na literatura, estão interligados entre si:

- Muda- significa desperdício ou inutilidade, ou seja, tudo aquilo que não acrescenta valor;
- Mura- quando ocorre variação no volume de produção, contudo isto poderá ser eliminado, produzindo apenas aquilo que é necessário;
- Muri- significa sobrecarga, ou seja, quando ocorre trabalho que excede a sua capacidade, que pode ser reduzida, através da uniformização do trabalho;

Segundo Ohno (1988) e Shigeo Shingo (1989) os desperdícios de produção podem ser categorizados em 7 tipos: sobreprodução, espera, transporte, inventário, sobre processamento, movimentação e defeitos, respetivamente.

- **Sobreprodução:** Corresponde ao excesso de produção (Shingo,1989), ou seja, aquilo que se produz a mais, em relação ao que é realmente preciso. Este aspeto é uma consequência de previsões de procura inadequadas ou de tempos de *setup*. Produção em excesso resulta em custos e prazos de entrega mais elevados, dificultando a deteção de anormalidades, e assim, meter em causa a eficiência (Okpala, 2014). No entanto, *Just-in-time* (JIT) e o nivelamento da produção constituem duas abordagens que minimizam este desperdício.
- **Espera:** corresponde aos tempos de espera, que não geram produtividade, ou seja, ao período pelo qual pessoas, máquinas, ou materiais se encontram paradas, para a

realização das suas tarefas. Segundo Okpala (2014), os equipamentos que permitem com que ocorra um atraso na produção resultam em desperdícios de tempo, num aumento de custo de produção, e conseqüentemente, numa redução de lucro. Existe um conjunto de fatores que contribuem para esta ocorrência, como elevados tempos de *setup*, falta de material, ausência de comunicação, ou um mau funcionamento dos equipamentos, gerando assim, um menor fluxo produtivo.

- **Transporte:** representa a ineficiência no transporte de materiais ou produtos (Liker 2003), ou seja, qualquer movimento que não crie valor. Excesso de produção, produção em grandes lotes, ou até mesmo um layout inapropriado, segundo Okpala (2014) correspondem às principais causas deste desperdício.
- **Inventário:** representa as matérias-primas ou os produtos acabados que se encontram em excesso, podendo gerar maiores custos de armazenamento, e um aumento do lead time (Liker 2003).
- **Sobre Processamento:** este tipo, de acordo com Ohno (1988) representa passos realizados desnecessariamente, para realizar o processamento de peças ou algo que é produzido e que não é valorizado pelo cliente (Shingo 1989). Para além disto, Liker (2003) define este tipo de desperdício como algo que gera ineficiência ao processamento, causado por um mau uso da ferramenta ou mau design do produto, por exemplo.
- **Movimentação:** corresponde a todos os movimentos de equipamentos ou recursos não necessários e que não permitem a criação de valor ao produto (Ohno 1988).
- **Defeitos:** representa os defeitos apresentados no fabrico de peças, estando estes relacionados com a perda de qualidade (Shingo 1989), podendo resultar na insatisfação dos clientes. Este tipo de desperdício poderá originar perdas de tempo e de recursos, originando *rework*, ou até mesmo substituição de peças, pelo que isto está associado a um aumento do custo (Okpala, 2014).

2.2.2. **Value Stream Mapping**

O *Value Stream Mapping* (VSM) é uma ferramenta introduzida pela Toyota Motor Company, que tem como objetivo compreender e monitorizar fluxos de informação e de material, desde o fornecedor de matéria-prima até ao seu envio ao cliente, e assim tentar conseguir reduzir o lead time, o custo de fabricação e aumentar a qualidade. Permite ainda

discutir processos e identificar determinados problemas, dividindo as suas atividades em dois grupos: *Value Adding* (VA) e *Non-Value-Adding* (NVA). Através da representação do fluxo da organização, é possível identificar certos desperdícios, determinar o lead time total de fabricação, como ainda perceber quais as atividades que permitem criar valor ao processo, concentrando-se na redução do lead time do processo. De acordo com Rohac e Januska (2015), ao efetuar a análise do VSM, é possível a identificação de principais causas da ocorrência de problemas e *bottlenecks*, como também a apresentação de propostas de melhoria para evitar a sua repetição, originando deste modo, uma melhoria nos processos. Assim, esta ferramenta consiste numa representação visual, que descreve os diversos eventos que decorrem ao longo do processo, permitindo uma melhor compreensão relativamente à situação real, mostrando o tempo de ciclo de cada operação, o lead time total, e ainda a acumulação de inventário (Garza et al., 2012). Por outro lado, apesar do VSM ser considerado bastante eficiente na identificação de desperdícios no fluxo de produção, esta ferramenta, juntamente com outra ferramenta *Lean*, por exemplo, o *Kanban* influencia positivamente a organização, pois leva à redução do stock (Carvalho C.P et al., 2019). A representação do VSM é realizada através de símbolos específicos, cujos mesmos são intuitivos e de fácil compreensão, pelo que leva a um melhor entendimento da situação atual (Citeve, 2012).

2.2.3. Os 5S

A metodologia dos 5S deriva de cinco termos japoneses que se iniciam com a letra “S”: *Seiri* (seleção), *Seiton* (organização), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina). Esta corresponde a uma técnica que permite promover a limpeza do local de trabalho, podendo possuir um certo controlo no chão de fábrica (Melton, 2005), contudo, não é uma metodologia somente sobre a limpeza, é também uma técnica que permite obter organização, ordenação, limpeza, padronização e melhoria continua tornando assim, o local de trabalho mais eficiente (Agrahari R.S. et al., 2015), levando à redução de desperdícios, destacando os desperdícios de espera, movimentação desnecessária ou outros associados ao processo de fabricação.

- *Seiri* (seleção): consiste na seleção dos equipamentos necessários e aqueles que não são, descartá-los. Isto irá minimizar o tempo de procura e maximizar o uso do espaço;
- *Seiton* (organização): os objetos que são utilizados muito frequentemente, deverão ser colocados na melhor disposição para o utilizador, pelo que isto vai gerar o objeto correto, no lugar certo.
- *Seiso* (limpeza): consiste na limpeza do local de trabalho, podendo isto gerar uma maior produtividade, um ambiente de trabalho mais confortável e seguro, e uma maior visibilidade;
- *Seiketsu* (padronização): consiste na padronização de melhores práticas, provocando melhorias no fluxo de trabalho e no sistema de controlo visual;
- *Shitsuke* (disciplina): responsável pelo cumprimento das práticas anteriores, de forma a garantir consistência nos padrões de qualidade e segurança.

2.2.4. Padronização

Um dos problemas mais sentidos pelas diversas organizações corresponde à padronização de trabalho e à forma em como obter um aumento da eficiência de processos, juntamente com a redução de custos, lead time, obtendo níveis elevados de qualidade e produtividade (Garza et al.,2012).

Standardized Work corresponde a uma ferramenta de melhoria contínua, que tem como objetivo efetuar o trabalho com segurança e o mais eficaz possível, cuja mesma consiste em instruções de trabalho específicas para cada processo, de forma a realizar cada tarefa mais eficientemente. Esta técnica tem como objetivo reduzir a variabilidade dos processos de trabalho, não interferindo com a flexibilidade, e assim, poder corresponder às necessidades dos clientes, melhorando simultaneamente o desempenho dos processos (Lima & Martins, 2017). De acordo com Fenge Ballard (2008), o pilar do *Standardized Work* são as instruções de trabalho, pois através da especificação das mesmas para cada tarefa, irá permitir a identificação de determinados erros na realização das mesmas, como ainda estabelecer uma sequência exata e correta, e assim, entender mais facilmente onde é possível melhorar. Desta forma, a padronização de trabalho permite a redução de falhas, contribuindo para uma melhoria do fluxo de trabalho (Feng & Ballard, 2008). Contudo, é importante destacar que padronização não é sinónimo de rotinas monótonas (Lima & Martins, 2017). Ou seja, o

objetivo da padronização não passa por tornar as tarefas repetitivas, mas sim obter uma diminuição da variabilidade dos processos de trabalho, através da definição de melhores métodos de trabalho (Liker & Meier, 2007), pelo que esta ferramenta possui três elementos básicos: tempo de ciclo, sequência de produção e WIP (Citeve 2012). Para tal, de acordo com Liker e Meier, é necessário, primeiramente identificar etapas críticas no processo de trabalho, para posteriormente, obter uma melhoria na definição do método de trabalho, e assim, treinar todos os colaboradores, de acordo com o método implementado. Esta preparação corresponde a um aspeto fundamental, pois a resistência à mudança representa uma enorme dificuldade, que poderá comprometer o sucesso desta técnica.

De acordo com Michael Ballé (2016), as instruções de trabalho necessitam de ter em consideração determinados aspetos:

- O que realmente interessa ao cliente, ou seja, o que cria valor para o cliente;
- Sequência das tarefas;
- O que está certo ou errado na realização de cada tarefa;
- O uso correto das ferramentas e informação;
- A quem se deve recorrer, quando certa situação não corre nas suas conformidades;
- Como elaborar propostas de melhoria.

2.2.5. Kaizen

Kaizen corresponde a uma palavra de origem japonesa, que surgiu após a segunda Guerra Mundial, cujo seu termo significa melhoria contínua, pelo que *Kai* significa “mudar” e *Zen* “para melhor”, e por isso pode-se definir de uma forma bastante simples: “*Hoje melhor do que ontem, amanhã melhor do que hoje*”. Assim, esta metodologia corresponde a uma técnica bastante eficiente para reduzir anomalias que não originam agregação de valor, como ainda realizar propostas de melhoria, de forma a gerar um aumento da produtividade e uma das formas de melhorar a competitividade (Okpala et. al, 2020), sendo este um grande desafio para a maioria das empresas. Por outras palavras, tem como objetivo eliminar desperdícios presentes em todo o processo, obtendo melhorias e gerando um aumento da lucratividade da empresa como um todo. De acordo com Masaaki Imai (1996), a ferramenta *Kaizen* permite o envolvimento de todos os colaboradores que constituem uma empresa, pois afirma que o trabalho em equipa poderá ser a chave do sucesso. Isto significa que todas as

peessoas envolvidas no processo poderão fornecer sugestões, e assim, originar pequenas melhorias, não se limitando a uma área específica (Khan I., 2011). Segundo Teian (1922), a filosofia *Kaizen* pode ser vista como uma luta diária presente em todo o local de trabalho, e não apenas como um meio para obter uma melhoria, pelo que as mudanças deverão ser efetuadas gradualmente. Contudo, para que esta abordagem seja bem-sucedida, é necessário a contribuição total do esforço de trabalho por parte da empresa (Okpala, 2014). No entanto, apesar da metodologia trazer uma série de benefícios para qualquer organização, segundo a literatura, existem diversos desafios associados à sua implementação, como a enorme dificuldade em motivar os trabalhadores e a resistência à mudança por parte dos mesmos (Garcia-Saber J.J., & Marin-Garcia J.A., 2011), como também a dificuldade na gestão da melhoria contínua e a falta de compreensão do objetivo estratégico da empresa (Okpala et al, 2020). Este tipo de abordagem, segundo o *Kaizen Institute* (2015) é baseado em cinco princípios:

- **Criação de valor para o cliente;**
- **Envolvimento de todos trabalhadores-** desde a gestão de topo, até aos colaboradores do chão de fábrica;
- **Deslocação para o *Gemba*-** *Gemba* é um termo japonês, que significa “terreno”, mais particularmente, corresponde ao local onde ocorre agregação de valor, pelo que toda a entidade deverá trabalhar nessa direção. Deste modo, é fundamental que a gestão de topo se encontre presente nessa zona, de forma a identificar possíveis problemas, tal como diversas soluções (Imai, 2012).
- **Gestão visual;**
- **Eliminação dos desperdícios.**

Por outro lado, Imai (1994) considera que existem aspetos particulares, que permitem distinguir a filosofia *Kaizen* da inovação, pelo que *Kaizen* diferencia-se por apresentar técnicas mais fáceis de aplicar, com menor custo e num curto espaço de tempo, sem a necessidade de tecnologia avançada, destacando a presença do bom senso, atitude e o desejo de melhorar. Como tal, o gráfico que se encontra na Figura 2.2 explica exatamente o que foi referido e simboliza o que acontece em diversas empresas. O que o gráfico reflete é que quando uma empresa inova, obtém um crescimento, contudo a sua tendência é entrar em esquecimento, pelo que ocorre um decréscimo novamente. No entanto, sempre que uma

empresa inova e implemente posteriormente, uma filosofia *Kaizen*, o aumento da qualidade e produtividade é significativo.

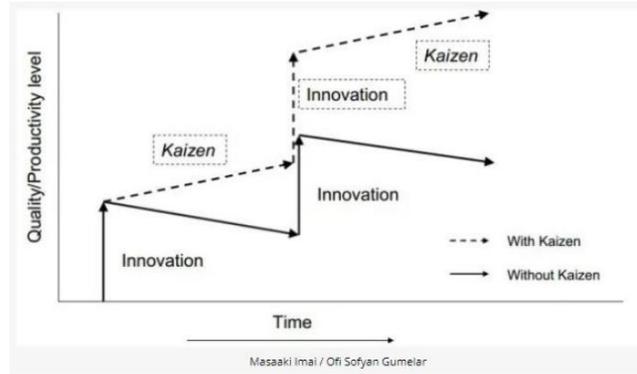


Figura 2.2: Perspetiva Inovação vs. *Kaizen* (Fonte: Massaki Imai).

2.2.5.1. Ciclo PDCA

Uma vez que a filosofia *Kaizen* pretende a implementação de uma cultura de melhoria contínua em toda a empresa, segundo Abhijit Chakraborty (2016), isto poderá ser realizado através da adoção do ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), cujo mesmo serve de acompanhamento das atividades *Kaizen*, para realizar uma avaliação da melhoria, relativamente ao problema (Okpala et. al, 2020). Este surgiu da reformulação do “ciclo de Shewhart”, por Edwards Deming, na década de 50. Deste modo, este ciclo é composto por quatro fases: planejar, fazer, verificar e agir. A primeira fase tem como principal objetivo identificar o problema, de acordo com a situação atual, tentando perceber a sua natureza, como ainda algumas das suas soluções (Abhijit Chakraborty, 2016). Para além disso, é ainda nesta fase que se efetua a identificação de oportunidades de melhoria, a coleta de dados referente ao processo atual, de forma a obter um melhor esclarecimento sobre todo o processo, possíveis causas do problema, como também o desenvolvimento de um plano de ação, baseado nas melhorias que se espera obter. A fase seguinte (“Do”) consiste na implementação do plano de ação, com o intuito de concretizar a melhoria esperada. (Abhijit Chakraborty, 2016). Por outro lado, enquanto a fase de verificar consiste em analisar o efeito da ação realizada na segunda fase, comparando os novos dados com os anteriores, de modo a compreender o alcance da melhoria e as diversas medidas efetuadas, a fase de agir consiste na padronização de ações, normalizando as mudanças implementadas que obtiveram sucesso, caso resultados sejam satisfatórios, caso contrário, é necessário corrigir e retomar planejar todo o ciclo novamente (Moen R. & Norman C., 2009).

2.2.6. *Kanban*

Kanban corresponde a umas das estratégias adotadas pela metodologia *Lean*, que visa o controlo de produção, de fornecimento de componentes e de matérias-primas, focando-se na eficiência, pelo que se traduz na redução de determinados desperdícios, como na redução de custos e de tempo, otimizando o processo. Este sistema serve como um mecanismo de controlo do fluxo de material, controlando a quantidade e o tempo certo de produção (Graves et.al, 1995), conseguindo nivelar a produção e a procura, através de cartões visuais. Segundo Sugimori (1977), este sistema permite a gestão do fluxo de materiais de um posto de trabalho para o outro. Esta ferramenta permite assim controlar os níveis de stock intermediários no sistema, onde a produção apenas é efetuada quando a procura de produtos se encontra disponível, pelo que apresenta diversas vantagens, destacando o aumento da produtividade e a eliminação de certos desperdícios (Rahmana et al.,2013). Para além disso, a implementação desta ferramenta não só permite a diminuição do WIP, o aumento da capacidade de resposta face às variações da procura, como também o aumento da flexibilidade no fornecimento (Lage Júnior, M., & Godinho Filho, M., 2010). Contudo, para que o sistema *Kanban* seja eficaz, é necessário ter em consideração uma série de aspetos, como gestão de stocks, a participação do vendedor e do fornecedor, o controlo e melhoria da qualidade e o empenho por parte dos colaboradores e da gestão de topo, pelo que a ausência dos mesmos compromete o sucesso do sistema *Kanban*, tornando-se ineficaz (Rahmana et al.,2013). No fundo, este sistema permite melhorar a produtividade, aumentar a eficiência do processo e a sua flexibilidade, como ainda verificar uma redução do inventário e do lead time (Wakode et al., 2015), no entanto, também existem diversas situações onde a sua implementação apresenta algumas dificuldades:

- Quando se verifica uma elevada instabilidade na procura;
- Quando os tempos de processamento são bastante instáveis;
- Operações não padronizadas;
- Tempos de *setup* muito elevados;
- Elevada variedade de itens e fornecimento de matéria-prima incerto.

Para além disso, existem dois aspetos fundamentais que são precisos ter em consideração no sistema *Kanban*: o tamanho do lote e o número de *Kanban* utilizados no processo (Wakode et al., 2015).

Os cartões *Kanban* correspondem a aspectos essenciais para o desenvolvimento do sistema *Kanban*, pois este indica se há esgotamento de algumas peças ou produto. Ou seja, através do sinal, é possível saber se é necessário repor algum tipo de produto. Este sistema permite o funcionamento do sistema *Pull* e representa um sistema de produção para pequenos lotes (Citeve, 2012).

2.2.7. Diagrama *Ishikawa*

Diagrama *Ishikawa* é uma ferramenta criada por *Kaoru Ishikawa*, cujo mesmo corresponde a um diagrama de causa e efeito, podendo também ser referido na literatura como “*Fisbone Diagram*” (Liliana L., 2016). O objetivo da construção deste diagrama incide no pensamento de possíveis causas responsáveis pela ocorrência de determinados problemas, constituindo uma técnica fundamental da qualidade. Deste modo, segundo Liliana L. (2016), de forma a utilizar corretamente esta técnica, é necessário seguir quatro fases: identificação do problema, descoberta dos principais fatores, identificação de possíveis causas, e por último, a análise do diagrama. Este permite então a identificação de possíveis causas que determinam a ocorrência de um evento menos desejado, prevenindo deste modo, defeitos na qualidade. Para além disto, é uma técnica de fácil compreensão, que fornece dicas visuais, tornando-se num método sistemático na identificação de causas, cujas mesmas são classificadas em categorias distintas, permitindo a sua exploração, dentro de cada categoria (Wong K. et al., 2016). Adicionalmente, incentiva o *brainstorming* em equipa e identifica possíveis áreas críticas responsáveis pela variação dessas causas (Liliana L., 2016). Assim, o diagrama *Ishikawa* encontra-se relacionado, de acordo com categorias agrupadas, responsáveis pela identificação de determinadas causas, todas iniciadas com a letra “M”, sendo estas:

- Método (como o processo está a ser realizado);
- Meio Ambiente (condições ambientais envolventes);
- Máquinas (equipamentos e tecnologia utilizada);
- Mão-de-obra direta (recursos humanos envolvidos);
- Materiais (os materiais que são usados para a produção do produto final, como matérias-primas, peças, consumíveis, etc.);
- Medição (dados usados para medir a qualidade).

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Este capítulo tem como principal objetivo descrever e estruturar a metodologia abordada ao longo do desenvolvimento desta dissertação, em concordância com aquilo que foi referido anteriormente no enquadramento teórico. Como já foi referido anteriormente, este estudo foi realizado em contexto empresarial, pelo que o seu objetivo se foca, principalmente, na implementação de um sistema de produção ágil e flexível, ou seja, um sistema de Produção *Pull* (produção “puxada”), juntamente com a implementação de uma linha de produção, com introdução de células de trabalho no chão-de-fábrica.

Relativamente à estrutura lógica seguida ao longo da dissertação, a mesma encontra-se mencionada na Figura 3.1, onde a metodologia adotada segundo os objetivos traçados envolve análises quantitativas, como também qualitativas. Assim, o desenvolvimento deste estudo de caso, inicia-se avaliando qualitativamente o estado atual dos processos da organização, com intuito de recolher o maior número de informações. Após os objetivos e processos a trabalhar estarem traçados, procedeu-se à recolha de dados quantitativos e à sua análise cuidada, de forma a identificar e implementar ações de melhoria dos processos atuais.

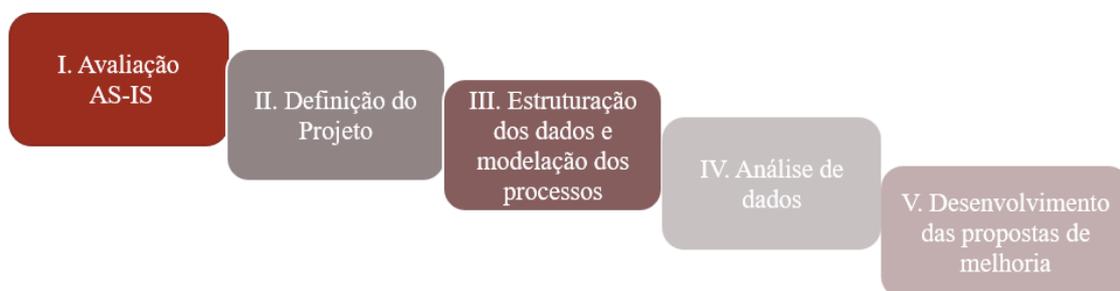


Figura 3.1: Estrutura lógica seguida ao longo da dissertação.

3.1. Caracterização do problema

A área de montagem é uma zona que possui uma mão-de-obra intensiva, e por isso, é expectável que apresente determinados desperdícios, que influenciam bastante o lead time e o processo produtivo, pelo que necessitam de ser reduzidos, ou até mesmo eliminados. Desses desperdícios, destacam-se principalmente, os desperdícios de transporte, tempos de espera e *rework*. Para além disso, verificou-se ainda que o trabalho por parte dos colaboradores, em diversificadas tarefas, gerava alguma desorganização, podendo colocar em causa, a sua produtividade.

Seguindo um sistema de produção *Pull*, a solução encontrada para reduzir os desperdícios mais notáveis, como ainda meter fim à desorganização sentida pelos colaboradores consiste na alteração do seu método produtivo, que este consiste numa produção em células, onde a cada célula está associada tarefas específicas, com o objetivo de aumentar o foco na realização das tarefas, a adaptação do trabalho, como ainda a normalização da produção.

3.2. Sistema de Produção *Pull*

Como já foi referido anteriormente, um dos principais objetivos seguidos por uma metodologia *Lean* consiste na eliminação de desperdícios e otimização de processos, e como tal, de forma a evitar a existência dos mesmos, como formação de stock, o método produtivo seguido pela MECALBI consiste num sistema *Pull*, que segundo Bonney (1999) apresenta uma perspetiva mais vasta, relativamente ao sistema *Push* (produção “empurrada”).

Este sistema de produção é caracterizado pelo facto da produção apenas se efetuar, consoante os requisitos do cliente, ou seja, a matéria-prima somente é inserida no processo, após ter havido um pedido do cliente. Isto permite associar a produção com a logística, produzindo precisamente o que o consumidor exige, ao ritmo que o mesmo pretende. Assim, é realizado um controlo de todo o fluxo de recursos, focando-se nas necessidades dos clientes, podendo reduzir lead times e obter um aumento da produtividade e qualidade.

Segundo Bonney (1999), é um sistema que é caracterizado pelo facto de o fluxo de materiais apresentar sentido contrário do fluxo de informações, contrariamente ao que acontece nos sistemas *Push*. Por outro lado, de acordo com as pesquisas encontradas na

literatura, é necessário implementar um sistema *Kanban*, que no caso da MECALBI este tipo de sistema, por enquanto, está destinado aos parafusos e componentes comuns.

3.3. Cellular manufacturing

Atualmente, a variedade de produtos e a sua personalização é cada vez mais exigida pelos vários consumidores, pois pretendem receber as quantidades certas, no prazo certo, e segundo a literatura, a disposição do layout é essencial para uma empresa criar vantagem competitiva (Júnior J. et al., 2012).

Layout corresponde à disposição física dos diversos recursos encontrados no processo de manufatura, e apesar de existirem diversos tipos de layout, como, o layout do tipo de processo, produto, celular, posição fixa e híbrido, segundo Shishir Bhat (2008), *cellular manufacturing* permite às diversas organizações garantir aos seus clientes, os produtos certos, no prazo certo, estando associada à redução do lead time e possíveis desperdícios, e por isso, esta corresponde à metodologia adotada pela empresa, e consequentemente, desenvolvida ao longo da dissertação. Esta é uma metodologia pertencente ao pilar JIT, tal como representado na Figura 1.1

Assim sendo, esta abordagem permite à empresa reduzir certos desperdícios, e em simultâneo, reduzir tempos de espera e custos de transporte, como ainda promover a melhoria contínua (Shishir, 2008). Para além disso, ainda permite reduzir mão-de-obra direta, tempo de processamento e área fabril, obtendo melhores níveis de produtividade (GADELHA et. al, 2015). De acordo com Slack *et al.* (2002), por menor que sejam as mudanças de um layout, estas podem afetar o fluxo dos produtos, de informações e dos trabalhadores. Este tipo de layout permite uma comunicação mais eficaz, uma vez que os colaboradores se encontram mais juntos, pelo que facilita a interação entre eles, provocando melhorias na qualidade e trabalho em equipa, pelo que segundo a literatura, postos de trabalho posicionados em forma de “U” trarão melhores resultados, pois irá permitir uma maior interação entre operadores, e assim obter sistemas de produção mais flexíveis.

Para além disso, esta metodologia ainda permite a redução de tempos de produção e de configuração e evita transportes desnecessários, que gera um aumento do *Work-in-Process* (WIP). Consequentemente, isto permite obter melhorias ao nível qualidade. No entanto, de forma que as diversas células sejam configuradas eficientemente, e por isso, com

taxas de utilização bastante elevadas, é essencial que haja uma boa interação Homem-máquina (Metternich,2013).

Assim sendo, o *cellular manufacturing* corresponde ao layout *Lean*, que consiste em dividir o sistema de produção em pequenos departamentos, denominados por “células”. Contudo, isto terá de ser realizado de forma sequencial (Wemmerlov, 1997).

Deste modo, o layout *Lean* da MECALBI é composto por diversas células de trabalho, onde a cada célula está atribuído um tipo e número específico de kits, representando as ordens de trabalho. Os processos responsáveis pela execução das ordens de trabalho, seguirão um fluxo contínuo, ao longo das células.

Concluindo, a implementação deste tipo de layout, permitirá reduzir significativamente desperdícios de transporte, como ainda aumentar a flexibilidade do processo. Adicionalmente, como cada célula se encontra atribuída a ordens de trabalho específicas, então isto vai permitir com que ocorra um aumento do foco na realização das tarefas, combatendo a desorganização observada anteriormente, em relação à realização de tarefas, por parte dos colaboradores.

Assim, em relação ao método produtivo *Lean* abordado, que este se encontra representado na figura 3.2, a implementação das células de trabalho destina-se à montagem dos diversos kits, onde a cada uma estará associada uma bancada para montagem dos kits, uma estante material, uma estante *Kanban* e carrinhos para *buffer* dos kits, cujos mesmos serão posteriormente transportados para a linha de montagem (Figura 3.3).

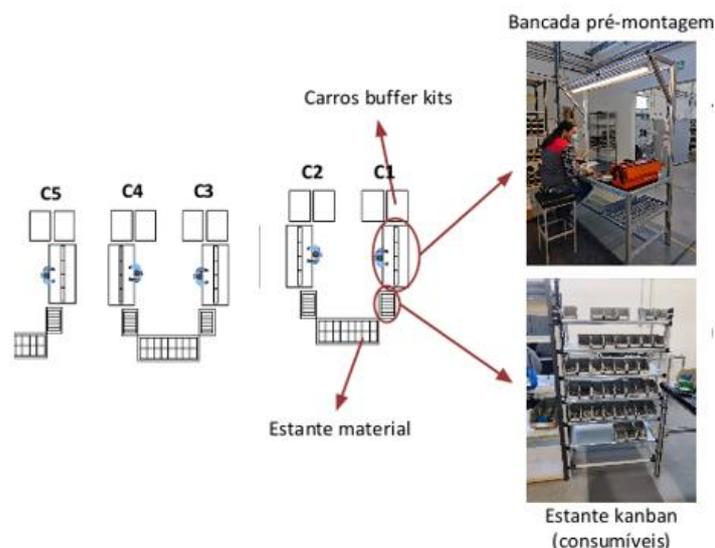


Figura 3.2: Método Produtivo *Lean*: Montagem dos kits.

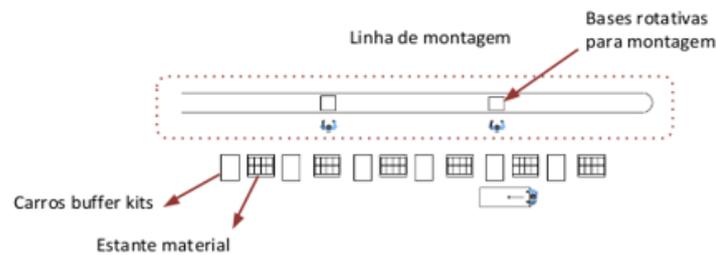


Figura 3.3: Método Produtivo *Lean*: Montagem final.

De maneira a dar suporte a esta metodologia, considerou-se algumas ferramentas, de modo a auxiliar a montagem final na linha de montagem. Um exemplo disso, diz respeito à implementação de bases rotativas na linha, como representado na Figura 3.4. Esta vai corresponder a uma etapa essencial na montagem, e adicionalmente, irá permitir uma melhor ergonomia. Estas serão colocadas ao longo da linha de montagem, em concordância com as células.

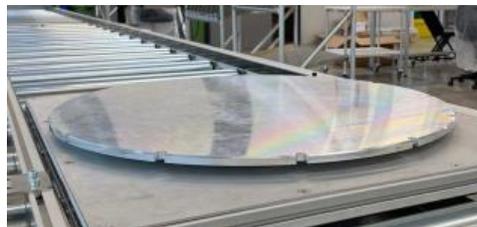


Figura 3.4: Base Rotativa.

3.3.1. Fluxo de produção

No caso da MECALBI, com a implementação de células de trabalho, na área de montagem, significa que os equipamentos destinados a este novo método de produção sofrerão um fluxo distinto, comparativamente aqueles equipamentos que apenas estão sujeitos ao método do *Assembly* clássico, conforme representado na Figura 3.5.

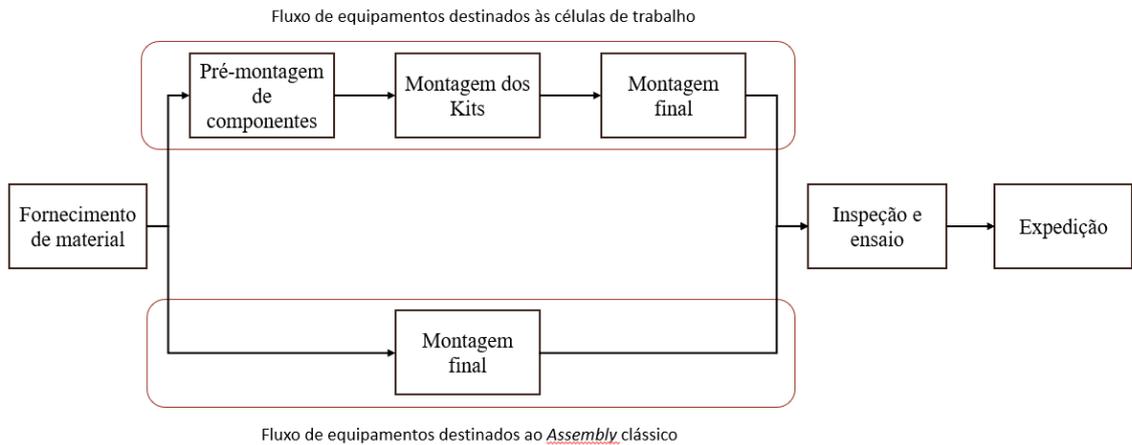


Figura 3.5: Fluxo de produção na área de montagem.

Conforme ilustrado na figura 3.5, a primeira etapa destinada à área de montagem, consiste no fornecimento de material ao chão-de-fábrica. Perante isto, de acordo com o tipo de equipamento e sua complexidade, as máquinas poderão seguir dois fluxos distintos. Os equipamentos destinados às células de trabalho, alguns deles, estão sujeitos a um processo de pré-montagem de componentes, que ocorrerá anteriormente ao início da produção nas células, com o objetivo de não ocorrer sobrecarga excessiva nas mesmas, principalmente naqueles kits, que são considerados mais complexos. Posteriormente, ocorrerá a montagem dos diversos kits, onde um kit ou um conjunto de kits está associado a cada célula. Após isto, os diversos kits são colocados na linha de montagem, onde ocorrerá a montagem final. Por outro lado, aqueles que são sujeitos à montagem eletromecânica clássica, estão apenas sujeitos à montagem final. Por último, a inspeção e ensaio, tal como a expedição são duas etapas comuns a ambos os fluxos.

3.3.2. Características das células de trabalho

Como já foi referido anteriormente, a montagem dos equipamentos referente nesta dissertação será efetuada em células, onde cada célula representa um posto de trabalho e está associada a um determinado tipo de kit, consoante o equipamento.

Para além de cada célula estar representada por uma bancada, uma estante *Kanban*, estante de material, e três carrinhos para buffer dos kits, como visualizado anteriormente, estas ainda apresentam outras características, incluindo:

- Iluminação;

- Painel de ferramentas;
- Suporte para tablet;
- Calha para parafusadora;

A bancada da célula de trabalho encontra-se exposta na Figura 3.6.

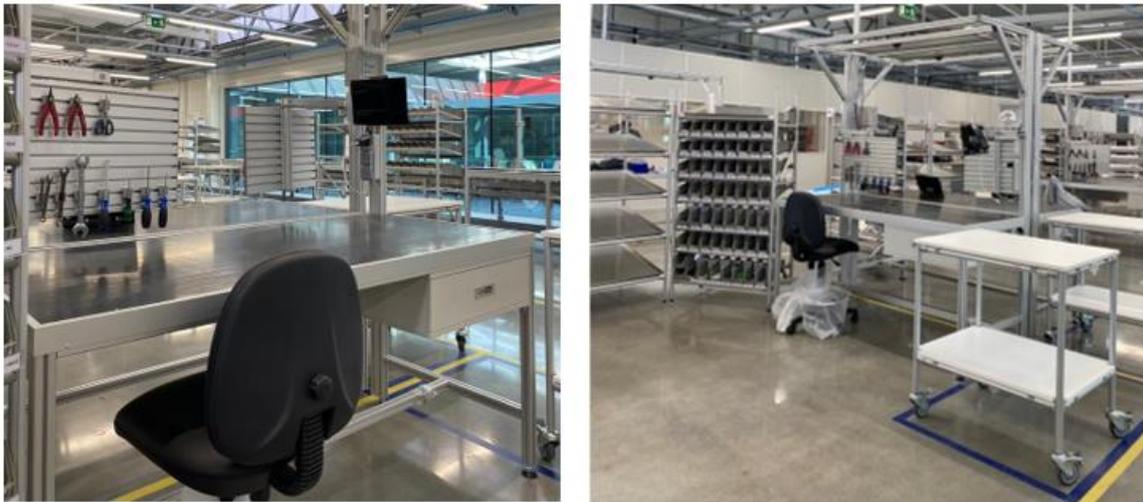


Figura 3.6: Ilustração de célula de trabalho.

3.3.2.1. Abastecimento das células

Para a montagem dos diversos equipamentos, são necessários uma série de elementos, que funcionam como inputs na área de montagem, sendo eles os *PCB's*, as peças maquinadas, a cablagem e os aprovisionamentos. Perante estes *buffers*, o pessoal do armazém é responsável por transportar o material necessário para a área de montagem, cujo transporte é efetuado através de carros manuais.

Relativamente à produção efetuada em células, cada componente encontra-se devidamente identificado em caixas, onde se encontra ilustrado a número célula e do kit a que encontra associado. Posteriormente, as mesmas são abastecidas em estantes de material que se encontram junto das respetivas células de trabalho (Figura 3.7).



Figura 3.7: Caixas com a devida identificação do kit e célula.

No que diz respeito ao abastecimento de parafusos e de pequenos componentes, este segue um sistema *Kanban*, como já foi referido anteriormente, e encontra-se ao lado da estante do material fornecido, também visível na Figura 3.8.



Figura 3.8: Estante de fornecimento de material e estante *Kanban*.

Após as estantes estarem completamente fornecidas com o material necessário, segue-se a montagem dos kits, que por sua vez, à medida que vão sendo finalizados são colocados em carrinhos logísticos e transportados até à linha de montagem, onde ocorrerá a montagem final (junção de todos os kits). Cada célula de trabalho encontra ao seu dispor 3 carrinhos idênticos, respetivamente identificados. Na Figura 3.9 encontra-se um exemplo de um carrinho logístico, cujo mesmo corresponde ao carrinho número 2 alocado na célula 1 (C1-2).



Figura 3.9: Carrinho logístico (carrinho número 2 da célula 1).

3.3.3. Dimensionamento do Layout (*Mizusumashi*)

Relativamente ao dimensionamento do Layout, existem três aspetos que são tidos em conta, de forma a gerar um bom funcionamento: o caminho logístico, a estante *Kanban* e a estante de materiais (Figura 3.8).

Por outro lado, existem três dimensões fundamentais e que necessitam de ser tidas em consideradas, entras as quais:

- Tempo de ciclo estimado;
- Qual stock de buffer que é necessário para um bom funcionamento;
- O caminho predefinido a seguir.

Deste modo, é bastante importante tentar adequar o máximo possível a capacidade de carga com aquilo que a área de montagem necessita. Em relação ao fluxo de produção seguido pela empresa, como já referido anteriormente, subentende-se que o layout pensado para o futuro seja o mais adequado, de forma a seguir uma filosofia *Lean*.

Assim sendo, o futuro layout da empresa apresentará quatro zonas distintas de armazenagem. Quanto ao caminho predefinido a seguir, este encontra-se na Figura 3.10, representando o fluxo logístico.

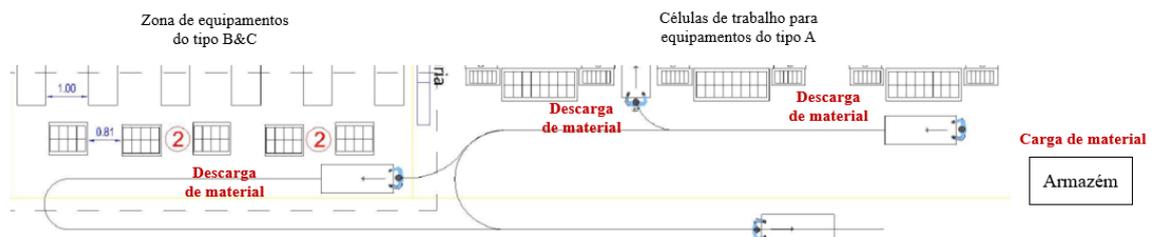


Figura 3.10: Caminho logístico predefinido.

Por outro lado, tarefas de carregamento e de descarga, como tarefas de *picking* e de descarga de cada célula para equipamentos do tipo A e da zona de montagem dos equipamentos do tipo B&C também necessitam de ser determinadas para o fluxo logístico, em concordância com as futuras alterações. Isto é fundamental para a predefinição de todo o caminho logístico, contudo, não será destacada ao longo da dissertação, uma vez que esta, focar-se-á, particularmente, na área de montagem e na produção em células.

3.4. Simulação

De forma a observar o comportamento de todo o sistema e possibilitar a criação e exploração sistemática de novos cenários, e conseqüentemente, a tomada de algumas decisões futuras, foi aplicada uma ferramenta de simulação, mais propriamente o *Símio Software*. Através desta ferramenta, é possível definir processos e objetos passo a passo, otimizando a utilização de recursos críticos, como ainda prever o impacto de certas mudanças propostas.

Contudo, para esta dissertação, o uso do software de simulação foca-se essencialmente no dimensionamento do buffer das células de trabalho, observando a carga de trabalho de cada uma delas.

4. APLICAÇÃO AO ESTUDO DE CASO

Esta dissertação foi desenvolvida, de acordo com a realização do trabalho desenvolvido na empresa MECALBI ENGINEERING SOLUTIONS, LDA, cuja mesma será mencionada como apenas MECALBI.

4.1. Apresentação da empresa

A MECALBI é uma empresa fundada em 2006, que desde então tem sofrido um crescimento ao longo do tempo, tornando-se numa referência mundial, no que diz respeito a equipamentos de retração. Apresenta sede em Castelo Branco, Portugal e destina-se essencialmente à produção de equipamentos de retração, pelo que opera maioritariamente na indústria automóvel. Das mais diversas máquinas existentes na empresa, os equipamentos da MECALBI têm o objetivo de retrainir as mangas dos cabos ou controlar o processo de retração, estando classificados em quatro categorias:

- Tecnologia de infravermelhos;
- Ar quente;
- Equipamentos de teste;
- Customizado.

Relativamente a cada categoria, a MECALBI oferece dezanove equipamentos associados à tecnologia de infravermelhos, quatro de ar quente, quatro de teste, representando os equipamentos standard. Relativamente aos equipamentos customizados, nove poderão ser visualizados no catálogo da empresa, contudo a empresa não tem interesse em publicitá-los a sua totalidade publicamente. Ou seja, o *mix* de produção da MECALBI ainda é mais variado, do que aquilo que esses valores indicam.

Esta organização difere-se das restantes, uma vez que possui a capacidade de criar desde raiz todas as etapas necessárias para a produção de uma máquina, de acordo com o pedido do cliente, ou seja, a MECALBI para além de produzir os seus produtos standard (produtos que se encontram no catálogo da empresa), também produz equipamentos consoante as especificações dos clientes.

4.2. Processos MECALBI

O início das operações realizadas na MECALBI provém do cliente, ou seja, o mesmo contacta a empresa através do departamento comercial, comunicando que equipamentos deseja e as especificações que pretendem que o mesmo possua, originando pedidos internos, de acordo com os requisitos do cliente. Posto isto, através da comunicação do departamento comercial para o de desenvolvimento, é realizado o design do equipamento adequado, de acordo com o pedido do cliente, cujo mesmo está associado a um pedido externo, que se encontra relacionado com os pedidos internos, possuindo toda a informação necessária para a produção de equipamentos. Assim, cada cliente origina um projeto externo. Após a chegada do projeto externo, e de acordo com o input do aprovisionamento e da capacidade de resposta, o responsável pelo departamento comercial estabelece um prazo de entrega previsto para cada cliente, seguindo da inserção dos dados e análise da aplicação *Heijunka*, que é realizada pelo departamento do planeamento, conduzindo à abertura do projeto interno. De seguida, realiza-se a compra de materiais em falta necessários para a produção dos equipamentos e inicia-se a maquinação e produção de *PCB's*. Para cada projeto, é desenvolvido o *Bill of materials* (BOM), sendo importante destacar que alguns componentes são elaborados internamente pela empresa, através da maquinação e corte de materiais e outros são subcontratados. Posteriormente, após tudo o que foi mencionado anteriormente se encontrar em ordem, será expectável que ocorra a montagem dos diversos componentes, onde as atividades realizadas e associadas à montagem por kits correspondem a um dos maiores focos desenvolvidos ao longo desta dissertação. Posteriormente, após tudo o que foi mencionado anteriormente se encontrar em ordem, caso a data de entrega prevista seja cumprida, então o equipamento é submetido à inspeção e testes de qualidade, de modo a garantir a conformidade e qualidade do equipamento, caso contrário, é necessário ocorrer um replaneamento da data de entrega, seguido novamente do processo de acompanhamento de montagem. Por último, a última operação do processo da MECALBI corresponde ao embalamento dos diversos equipamentos, que nessa fase, os mesmos encontram-se aptos para a expedição e entrega ao cliente. Para melhor visualização de todo o processo MECALBI, o mesmo encontra-se no Anexo 1.

Como já foi referido anteriormente, das mais diversas operações que a MECALBI efetua constantemente, esta dissertação apenas focar-se-á nas que se encontram associadas à montagem dos equipamentos, juntamente com uma abordagem *Lean*.

4.2.1. SIPOC

Após ter sido mencionado como funciona a empresa MECALBI e os processos que a constituem, e uma vez que o foco desta dissertação incide particularmente na área de montagem, então é importante compreender como funciona o processo nesta área. Como tal, recorreu-se a uma ferramenta de fácil compreensão e que permite visualizar todo o processo, o diagrama SIPOC, que se encontra ilustrado na Tabela 4.1. Este diagrama é constituído pelos *Suppliers* (fornecedores), *Inputs* (entradas), *Process* (processos), *Outputs* (saídas) e *Costumers* (clientes).

Tabela 4.1: SIPOC.

<i>Suppliers</i> (Fornecedores)	<i>Inputs</i> (Entradas)	<i>Process</i> (Processos)	<i>Outputs</i> (Saídas)	<i>Costumers</i> (Cliente)
-Carrinhos de abastecimento	- Peças maquinadas - PCB's - Cablagem - Peças terceirizadas	-Montagem	-Máquinas	-Expedição

4.2.2. Planeamento da Produção (*Heijunka*)

Após ter sido mencionado o funcionamento da MECALBI e os processos que assim constituem, e uma vez que o foco incide, essencialmente, sob a área de montagem, então é importante mencionar o planeamento da produção e como este é realizado. Sendo que o nivelamento da produção é um dos assuntos abordados, ao longo da dissertação, então é interessante destacar uma ferramenta já desenvolvida pela empresa, o *Heijunka*. Esta aplicação tem como principal objetivo oferecer apoio no planeamento de produção, permitindo tomar melhores condições, tendo em conta a procura no período pretendido, a capacidade existente e a disponibilidade de materiais para os equipamentos que se pretende produzir. Com base nisto, a ferramenta *Heijunka* fornece à produção dois aspetos fundamentais:

- *Mix* e volume de produção -realiza um planeamento, de acordo com as necessidades da MECALBI (não é necessário seguir à regra este planeamento);

- Balanceamento dos trabalhadores, de acordo com a quantidade de máquinas pretendida.

De maneira a ser possível o número de trabalhadores necessário à produção de máquinas, é necessário ter em conta o tempo total preciso para montar um equipamento. Uma vez que a MECALBI realiza, maioritariamente, uma produção por lotes, para realizar este cálculo é necessário separar os tempos de montagem por máquina, e conseqüentemente, por lote, obtendo o tempo de montagem por máquina. No caso dos equipamentos do tipo A, produzidos em células, as tarefas realizadas correspondem ao número de kits soma-se a duração de todos os kits (incluindo o kit da montagem final), e posteriormente, divide-se pelo número de máquinas efetuado naquele lote, obtendo a duração de montagem de cada equipamento. Este cálculo é fornecido através da seguinte equação:

$$\frac{\sum_{t=0}^n \sum_{i=0}^t (y)}{a} \quad (4.1)$$

n = número total de tarefas de montagem

t = número de operações de trabalho para cada tarefa realizada

y = duração do tempo de montagem associado a cada tarefa

a = tamanho do lote

De acordo com o valor do tempo de montagem para cada equipamento, através da equação 4.1, estabeleceu-se um tempo de montagem médio, segundo o qual corresponde ao valor que a *Heijunka* seguirá. A partir daqui e de acordo com a procura estabelecida mensalmente, é possível efetuar um planeamento de produção, fornecendo o número e o tipo de máquinas necessárias a produzir para cada dia, juntamente com o número de trabalhadores atribuído. Este é uma ferramenta fundamental, pois permite tomar melhores decisões relativamente ao planeamento da produção, com o objetivo de nivelar a mesma.

4.3. Descrição da situação atual

Neste tópico, é descrita a situação atual da empresa, relativamente aos postos de trabalho em estudo, onde se refere os equipamentos pelos quais já se encontram apropriados

para a realização do método produtivo seguido, a descrição de tarefas/kits associados a cada célula de trabalho, os tempos medidos, e ainda como o abastecimento das células é realizado.

4.3.1. Equipamentos em estudo

Uma vez que, a MECALBI possui uma diversa referência de equipamentos, então para entender melhor aqueles que possuem um maior impacto na empresa, realizou-se uma análise ABC. Uma análise ABC, tem como base o digrama de *Pareto* ou a regra do 80/20, pelo que permite à empresa categorizar os seus produtos, de acordo com a sua importância, e assim, constitui uma forma eficiente de controlo de stock, categorizando os diversos produtos em três classes distintas, de acordo com critérios adequados. Enquanto os itens da classe A são considerados os de maior importância, e por isso, deverão ser de fácil acesso, os itens da classe C, por oposição, são classificados como menos importantes, no sentido, em que são de menor valor, e por isso, é mais vantajoso para a empresa investir o seu tempo com produtos que apresentam maior valor, sendo a classe B, a classe intermédia. Os produtos classificados como classe A, são aqueles que são críticos para o bom funcionamento da empresa, pelo que é fundamental manter o stock para estes componentes, priorizando aqueles que trazem mais benefícios para a organização, a nível económico (Torabi et al., 2012), enquanto os da classe C representam os produtos com menor procura. Deste modo, a análise ABC encontra-se representado na Figura 4.1.

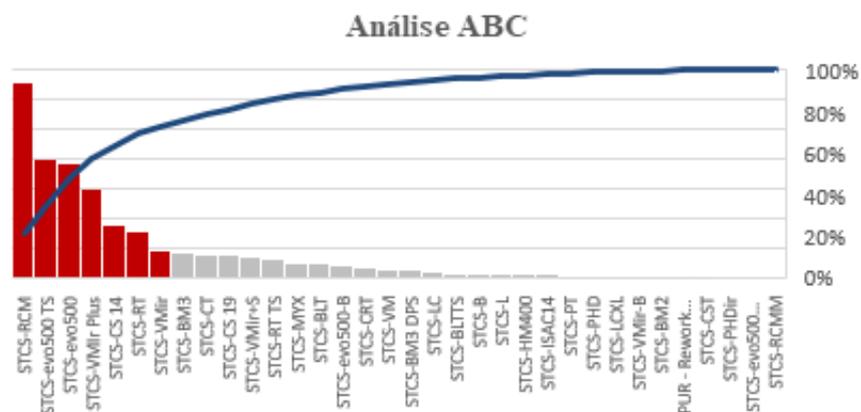


Figura 4.1: Análise ABC.

De acordo a análise ABC da MECALBI, é possível verificar que dos 35 equipamentos standard existentes na empresa, 7 são considerados do tipo A, pelo que isto representa aproximadamente a 20% do número de referências, e consequentemente, 73% do

volume de valor, sendo este o critério estabelecido. No entanto, o foco ao longo do desenvolvimento desta dissertação incidirá, particularmente, sob a produção das máquinas do Tipo A, pelo que os equipamentos do tipo B e C serão agrupados apenas em um grupo.

Contudo, apesar de se ter verificado que 7 dos equipamentos standard são considerados do tipo A, apenas 5, de momento, se encontram aptos e sujeitos à produção em células, cujos mesmos são:

- STCS-EVO500
- STCS-EVO500TS
- STCS-VMIR
- STCS-VMIRPLUS
- STCS-RCM

4.3.2. Distribuição dos kits

Antes de iniciar a medição dos tempos, realizou-se primeiramente, a observação o método da montagem dos equipamentos nas células de trabalho, com o objetivo de compreender qual sequência de tarefas no processo de montagem final, qual o número de kits associado a cada equipamento, e ainda a sua alocação às respectivas células de trabalho.

De momento, a MECALBI dispõe de 5 células de trabalho e 10 operadores destinados à área da montagem, podendo estes ser divididos em 2 grupos: operadores experientes e operadores não experientes, tal como representado na Tabela 4.2. Enquanto os operadores experientes poderão realizar tarefas de montagem de todos os tipos de equipamentos, os não experientes apenas estão sujeitos à montagem de máquinas do tipo A (produção em Kits).

Tabela 4.2: Número de Células de trabalho e número de operadores na área de montagem

Nº de Células	Nº total de Operadores	Operadores Experientes	Operadores não experientes
5	10	6	4

Na Tabela 4.3 encontra-se ilustrado o número de Kits e a sua descrição atribuída a cada equipamento do tipo A predefinido para a produção celular, enquanto na Tabela 4.4 está representado a alocação dos diversos kits a cada uma das células de trabalho.

Uma vez que se trata de um processo produtivo em células, é fundamental salientar a necessidade das mesmas se encontrarem balanceadas, de forma a criar estabilidade no processo. Desta forma, o balanceamento das células foi realizado, tendo em conta o tempo de montagem de cada kit, como também a sua precedência.

Tabela 4.3: Distribuição do número de Kits atribuídos aos equipamentos predefinidos para produção em células.

Máquina	Kit	Descrição	Máquina	Kit	Descrição	Máquina	Kit	Descrição
EVO500/ EVO 500TS	1	Chassis	RCM	1	Preparação Chassis	VMIR/ VMIR+	1	Base Superior
	2	Conjunto Forno		2	Montagem Platinas		2	Módulo de Controlo
	3	Pneumática		3	Forno		3	Forno
	4	Conjunto Traseira		4	Garras Expulsão		4	Suporte JIG
	6	Garras		5	Eléctrodo		5	COVER
	7	PCB's		6	STARTS			
	8	LCD		7	Montagem Tampas			
	9	STARTS		8	Centramento			
	10	COVER		9	Cooling+ LED			
				10	COVER			

Tabela 4.4: Alocação dos kits às respetivas células de trabalho.

Máquina	Célula 1	Célula 2	Célula 3	Célula 4	Célula 5
EVO500/ EVO500TS	Kit2	Kit1	Kit6	Kit8	
		Kit3	Kit7	Kit9	
		Kit4		Kit10	
VMIR/ VMIR PLUS	Kit1	Kit2	Kit3	Kit4	Kit_CP
				Kit5	Kit_DF
RCM	Kit1	Kit3	Kit5	Kit8	
			Kit6		
			Kit7		
	Kit2	Kit4	Kit9		
			Kit10		

4.3.3. Medição dos Tempos

De maneira a caracterizar a situação atual foram realizadas as medições dos tempos para todos os kits referidos anteriormente, associados a cada uma das máquinas do tipo A produzidas em células (STCS-EVO500, STCS-EVO500TS, STCS-VMIR, STCS-VMIRPLUS e STCS-RCM). Esta medição foi feita, recorrendo à cronometragem dos

tempos, ao minuto, onde os mesmos encontram-se ilustrados nas Tabelas 4.5, 4.6 e 4.7. Os tempos ilustrados representam os tempos médios de montagem por kit.

Tabela 4.5: Representação dos tempos por Kit para as máquinas STCS-EVO500/EVO500TS.

Kits	STCS-EVO500		STCS-EVO500TS	
	Projeto	Tempo Médio [min]	Projeto	Tempo Médio [min]
Kit 1- Chassis	Projeto 129823 [7 máquinas]	10,43	Projeto 063423 [6 máquinas]	22,00
Kit2-Oven		44,71		54,50
Kit3- Pneumática		19,00		54,33
Kit 4- <i>Black</i> Kit		14,86		30,00
Kit 6- <i>Claws</i>		56,71		33,83
Kit 7-PCB's		12,29		5,50
Kit 8- LCD		27,14		18,67
Kit 9- <i>Starts</i>		19,43		20,33
Kit 10-COVER		12,00		10,00
Kit Montagem		85,43		86,00
Total [minutos]		302,00		335,16

Tabela 4.6: Representação dos tempos por Kit para as máquinas STCS-VMIR/VMIRPLUS.

Kits	STCS-VMIR		STCS-VMIRPLUS	
	Projeto	Tempo Médio [min]	Projeto	Tempo Médio [min]
Kit 1- Base Superior	Projeto 041323 [15 máquinas]	138,33	Projeto 049123 [11 máquinas]	105,64
Kit2-Módulo de Controlo		163,60		222,91
Kit3- Forno		56,80		107,19
Kit 4- Suporte JIG		26,07		19,64
Kit 5- COVER		40,07		34,90
Kit Montagem		59,57		69,00
Total [minutos]				484,44

Tabela 4.7: Representação dos tempos por Kit para as máquinas STCS-RCM.

Kits	STCS-RCM		
	Projeto	Tempo Médio [min]	
Kit 1- Preparação Chassis	Projeto 061923 [6 máquinas]	28,17	
Kit2- Montagem Platinas		77,50	
Kit3- Forno		55,17	
Kit 4- Garras Expulsão		34,00	
Kit 5 - Eléctrodo		32,67	
Kit 6 - <i>Starts</i>		12,83	
Kit 7-Montagem Tampas		64,67	
Kit 8- Centramento		114,67	
Kit9- <i>Cooling+LED</i>		9,00	
Kit 10- COVER		18,00	
Kit Montagem		247,33	
Total [minutos]			694,01

4.3.4. Sistema Kanban

Como já foi referido no capítulo anterior, cada célula de trabalho possui uma estante para fornecimento e uma estante *Kanban*, ambas colocadas na melhor disposição para o operador. Numa fase inicial, nesta estante apenas se encontram os diversos tipos de parafusos associados à respetiva célula de trabalho. Futuramente, com a mudança de instalações, o objetivo passará por adicionar à estante, os componentes mais comuns à maioria dos equipamentos. Relativamente ao seu funcionamento, cada cartão é único, pelo que, não existem cartões iguais, permitindo assim, identificar o componente em questão. O modelo do cartão é igual para todos os componentes, estando representado em cada um deles uma série de elementos essenciais para a identificação do componente e a sua localização, incluindo a descrição do componente, acompanhada da sua referência MECALBI, a identificação do número da célula de trabalho, a sua localização na estante, o tipo de caixa, a quantidade aproximada, o número do cartão, e ainda a localização relativamente ao armazém. É de destacar que a estante *Kanban* é composta por diversas estantes, estando cada uma delas enumeradas por uma letra. Dando como exemplo o cartão *Kanban*, ilustrado na Figura 4.2, a localização (E1-E3) corresponde primeiramente ao número da estante (E1), e posteriormente à posição da caixa (E3), estando a prateleira representada por uma letra e a posição por um número

REFERÊNCIA		
02-01-0057		
DESCRIÇÃO		
DIN 912 - M3x20		
CÉLULA	LOCALIZAÇÃO	
3	E1 - E3	
TIPO DE CAIXA	QUANTIDADE APROXIMADA	CARTÃO
A	200	1 DE 2
LOCALIZAÇÃO ARMAZÉM		
PARAFUSARIA		

Figura 4.2: Exemplo de cartão *Kanban*- MECALBI (DIN 912- M3x20).

O cartão *Kanban* encontra-se anexado às diversas caixas destinadas à colocação de componentes, conforme a Figura 4.3, e posteriormente foi colocada na estante *Kanban*, segundo a lógica mencionada anteriormente (Figura 4.4). O abastecimento dos componentes *Kanban* será realizado através de um carrinho logístico, onde o responsável coleta os cartões *Kanban*.



Figura 4.3: Caixa para fornecimento de material *Kanban*.



Figura 4.4: Estante *Kanban*.

Contudo, uma desvantagem identificada foi o facto de o armazém apenas tomar conhecimento do que se encontra em cada célula e o que se encontra em falta quando os cartões *Kanban* comparecem no armazém. Por essa razão, na estante *Kanban* encontram-se sempre 2 caixas do mesmo componente, uma à frente da outra, e quando uma caixa acaba, os operadores retiram os componentes necessários para a realização das tarefas da caixa seguinte. Esta técnica permite fornecer tempo ao armazém de voltar a carregar os componentes em falta.

Para o caso estudado na Mecalbi, cada máquina tem especificações muito diferentes e possui uma Lista de Materiais (BOM) totalmente diferente. A abordagem é distribuir as peças específicas de cada máquina para a célula correspondente antes de iniciar a produção em cada célula.

4.3.5. Tarefas de valor não acrescentado

Após a realização da recolha de dados e da medição dos tempos, respetivamente, e tendo em conta a identificação e redução de desperdícios como um dos objetivos para o desenvolvimento desta dissertação, então procedeu-se à identificação através de *Gemba Walks*, de algumas tarefas de valor não acrescentado. Na teoria existem três tipos de atividades: as que acrescentam valor (duração da operação de montagem, por exemplo), as que não acrescentam valor, e por isso deverão ser eliminadas, e por último, as que não

acrescentam valor, mas que são necessárias (por exemplo, a verificação de algo que necessita de ser encaixado). Algumas atividades identificadas de valor não acrescentado são:

- Procura excessiva das instruções de trabalho;
- Abastecimento dos parafusos;
- Procura constante dos componentes pela estante *Kanban*;
- Dúvidas ao interpretar o manual de instrução;
- Colocar os Kits na linha de produção para montagem final;
- Separação dos cabos por kits que é realizado no chão-de-fábrica;
- Deslocação de bancadas até à zona de inspeção;

De modo a identificar algumas das razões que levaram a ineficiências, ou até mesmo paragens da montagem, procedeu-se à construção de um diagrama de *Ishikawa*, conforme ilustrado na Figura 4.5. A construção deste diagrama, teve como objetivo identificar possíveis causas, agrupando-as em categorias. A partir disto, foram tomadas medidas, de forma a contornar estas ocorrências.

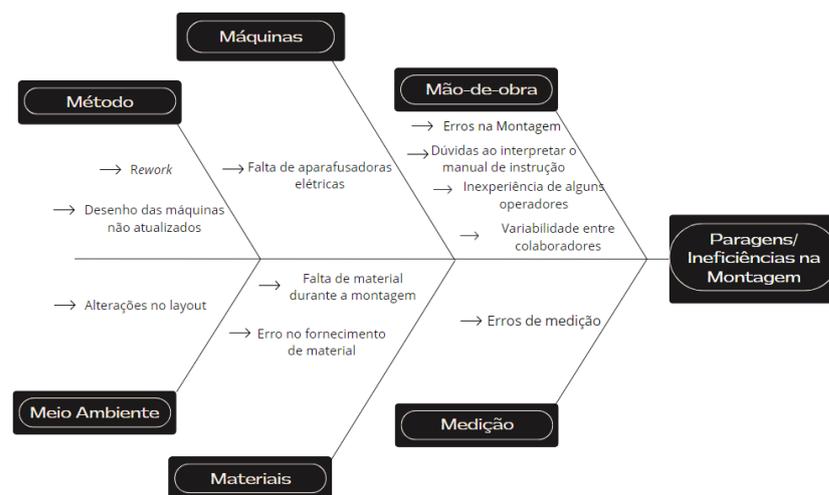


Figura 4.5: Diagrama de *Ishikawa*.

4.4. Value Stream Mapping

Após a realização da recolha de dados e da medição dos tempos, procedeu-se à construção de um Value Stream Mapping (VSM), exposto na Figura 4.6, de forma a visualizar mais facilmente o fluxo de produção, representando as diversas etapas que ocorrem ao longo do processo. Para além disto, permite ainda determinar o lead time total,

como ainda identificar determinadas ocorrências e diferenciar as atividades de valor acrescentadas, daquelas que não acrescentam valor ao processo.

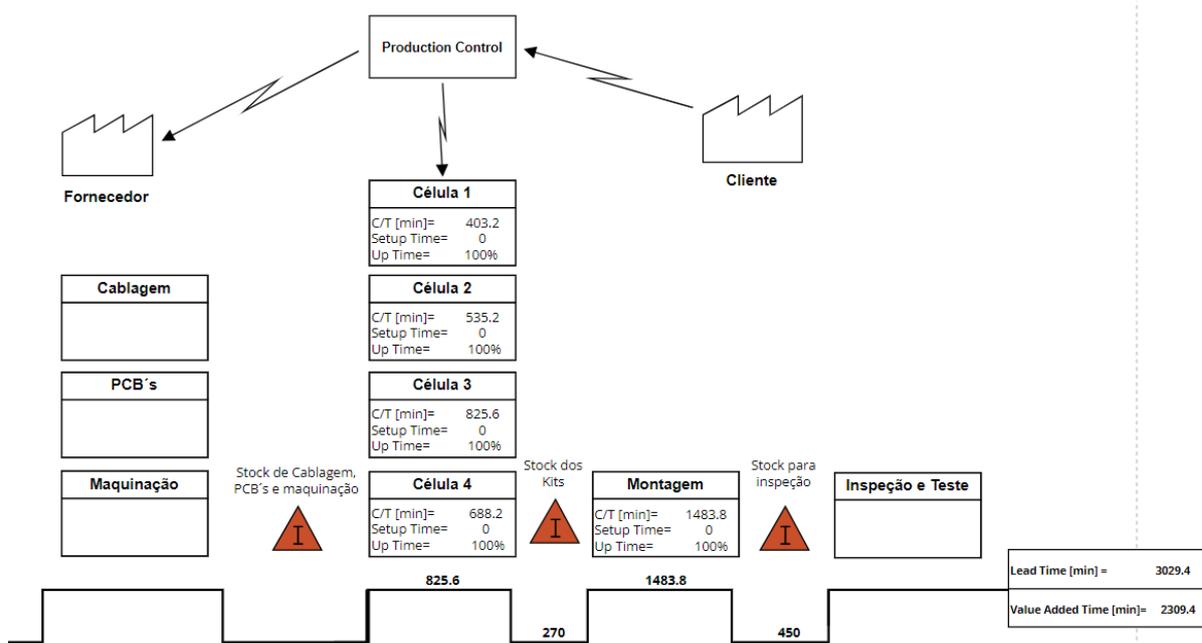


Figura 4.6: Value Stream Mapping para a produção de um lote STCS-RCM.

A representação ilustrada na Figura 4.6, diz respeito à produção de um lote de 6 equipamentos STCS-RCM (projeto interno 061923), e partir disto, foi possível identificar algumas ocorrências que colocam em causa a estabilidade do processo.

Um das dessas ocorrências diz respeito ao balanceamento das células de trabalho, pois é possível observar a diferença de tempos existente entre as várias células, dando principal destaque à célula 3, pois é aquela que apresenta uma carga de trabalho bastante elevada, sendo tomadas soluções, futuramente, de forma a contornar esta situação. Para além disso, ainda foi visível a identificação de atividades de valor não acrescentado e a compreensão, relativamente ao tempo correspondente de stock dos kits e para inspeção.

Posto isto, e a fim de detetar a ocorrência referida anteriormente, na Figura 4.7, encontra-se, ao nível da percentagem, a situação atual relativamente ao equipamento STCS-RCM. Através do gráfico seguinte, é possível verificar que a célula 3 representada aproximadamente 21% em relação ao tempo total de montagem eletromecânica.

Situação atual STCS-RCM

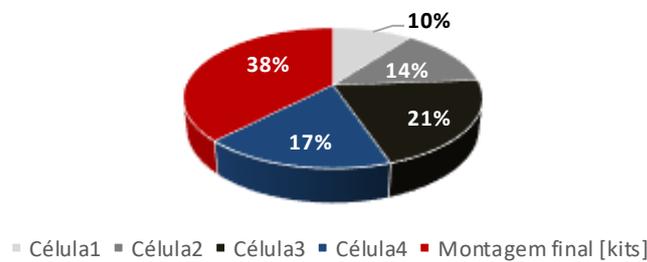


Figura 4.7: Distribuição de tempos, em porcentagem, referentes à situação atual da STCS-RCM.

4.5. Situação futura

4.5.1. Introdução de pré-montagens

Como já foi referido, um dos objetivos passa por desenhar um sistema pull capaz de funcionar em contexto de elevado *mix* produção, juntamente com o aumento da eficiência do processo, recorrendo à implementação de células de trabalho, contudo para isso, é essencial que estas se encontrem bem niveladas. Assim, uma solução encontrada e que faz parte da elaboração desta dissertação foi o desenvolvimento de pré-montagens, com o objetivo de tornar a montagem dos kits em algo menos complexo, o que permite reduzir a carga de trabalho, e consequentemente, reduzir o tempo de montagem na célula.

Relativamente aos 5 equipamentos em estudo, no que diz respeito à produção em células, foi introduzido o desenvolvimento de pré-montagens em algumas das máquinas. Para o exemplo das máquinas STCS-RCM, a introdução de pré-montagens incidiu sob os kits realizados na célula 3, pois era aquela que apresentava uma maior sobrecarga. Como tal, decidiu-se retirar o kit 9 (*Cooling+LED*) alocado na célula 3 e realizá-lo por completo na pré-montagem, como ainda realizar parcialmente o kit 5 (Eléctrodo), também na pré-montagem. Os restantes kits, ainda se encontram em fase de estudo, pelo que a célula 3 passará a possuir, até ao momento, 4 kits, em vez de 5, conforme ilustrado na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: Matriz de Células as máquinas STCS-RCM (situação futura).

STCS-RCM			
C1	C2	C3	C4
Kit1	Kit3	Kit5	Kit8
Kit2	Kit4	Kit6	
		Kit7	
		Ki10	

Adicionalmente, para as máquinas STCS-VMIR/VMIRPIUS, também se verifica a introdução de pré-montagem, de forma a reduzir a sobrecarga nas células. Para os equipamentos STCS-EVO 500/EVO500TS a pré-montagem não foi necessária, pois são máquinas mais simples, cujo nivelamento das células se encontrava adequado.

4.5.2. Linha de montagem e fluxo FIFO

Através da representação do VSM, exposto na Figura 4.6, é possível observar um buffer à saída da montagem final, representando um tipo de desperdício, pelo que isto não segue uma filosofia *Lean*. Perante isto, juntamente com o facto de as máquinas serem transportadas manualmente, através da deslocação de bancadas, para a zona de inspeção e teste, representa uma situação, que para além de estar constantemente dependente de recursos humanos durante o transporte, ainda provoca desperdícios de tempo. Por esse motivo, decidiu-se implementar uma linha de montagem, que para além de possuir bases rotativas, permite deslocar as máquinas até à zona de inspeção e ensaio, através de um tapete rolante. Com isto, desperdícios associados a esta tarefa serão reduzidos. A linha de montagem implementada pela MECALBI está ilustrada na Figura 4.8.



Figura 4.8: Representação da Linha de Montagem.

Apesar da linha de montagem já ter sido implementada na empresa, esta ainda não se encontra em funcionamento, pelo que não se apresentará resultados concretos acerca disto.

Para além disso, ainda se verifica desperdícios de espera, no que diz respeito à transição entre a área de montagem e a zona de inspeção e ensaio, ou seja, o *buffer* à saída

desta zona ainda é elevado. Deste modo, futuramente, de forma a contornar esta ocorrência consiste no fluxo FIFO (*First-In-First-Out*), ou seja, o primeiro a entrar é o primeiro a sair. Esta metodologia vai permitir uma melhor organização de stock e reduzir o *buffer*, pois à medida que as máquinas finalizam a montagem são submetidas à inspeção e ensaio, em vez do lote ser testado todo ao mesmo tempo. Para além disso, os materiais à saída da cablagem até à zona de pré-montagem também funcionará através do fluxo FIFO. O fluxograma representado na Figura 4.9, ilustra o que foi referido.

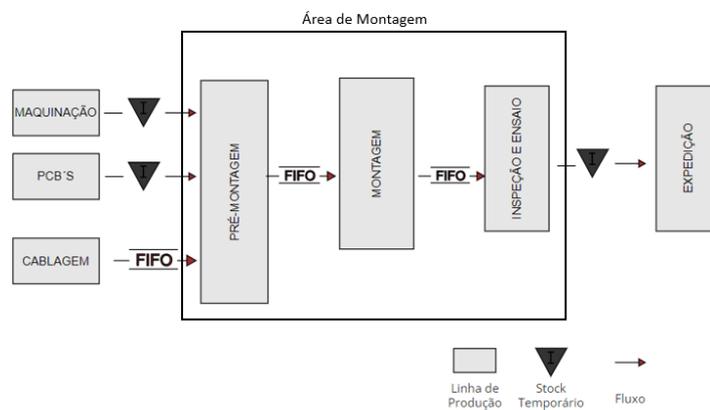


Figura 4.9: Fluxo de materiais TO-BE.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo analisar e comparar os resultados retirados ao longo do desenvolvimento deste projeto. Assim, é aqui que se explora algumas ações de melhoria desenvolvidas ao longo da dissertação, comentando e analisando o seu impacto para a empresa. Para além disso, ainda é realizada a comparação entre a produção em células e a montagem clássica, com o intuito de analisar o impacto e as melhorias associadas ao novo método produtivo. Por último, recorreu-se a uma ferramenta de simulação, de forma a explorar e analisar o comportamento de cada máquina standard, particularmente daquelas produzidas em células.

5.1. Propostas de melhoria

5.1.1. Desenvolvimento das instruções de trabalho por Kit

O manual de instruções corresponde a um elemento fundamental de qualquer processo de manufatura, e por isso, o seu desenvolvimento e a melhoria que foram realizadas nas instruções de trabalho, reflete-se numa ação de melhoria, pelo que é importante dar destaque a este tópico. Como já foi referido anteriormente, a abordagem seguida ao longo desta dissertação é baseada, segundo os princípios *Lean*, pelo que a elaboração das instruções de trabalho enquadra-se nessa abordagem, pois permite efetuar mais eficazmente o trabalho efetuado pelos operadores, através da implementação de tarefas específicas para cada processo.

Desta forma, as instruções de trabalho estão a ser elaboradas separadamente por kit e devidamente identificadas, o que facilita ao operador que se encontra na célula de trabalho concentrar-se apenas nos kits que irá realizar, aumentando o foco e a normalização do trabalho. Por outro lado, a elaboração destes manuais, para além de identificar todas as etapas necessárias para a montagem dos equipamentos, sendo possível reduzir formas de desperdício, ainda permitiu identificar quais as ferramentas, e quando é que serão necessárias, podendo ser organizadas, de forma a servir melhor a ordem em que serão utilizadas. Isto representa mais uma oportunidade de melhoria que esta dissertação criou.

5.1.1.1. Introdução de sinais de alerta nas instruções de trabalho

Ao longo da produção de equipamentos, verificou-se a repetibilidade de certos erros, contudo, uma solução encontrada, de forma a evitar novamente a sua ocorrência, foi a introdução de notas e símbolos nos manuais de montagem, como forma de alerta, conforme exposto na Figura 5.1, o que permitiu aos colaboradores ter em atenção a ocorrência desse erro, evitando-o, e consequentemente, melhorar o desempenho do processo. Esta ação de melhoria corresponde tenta ir ao encontro da ferramenta *Poka Yoke*. A figura 5.1 corresponde ao kit 1 do equipamento STCS-RCM.

Resumidamente, com a elaboração das instruções de trabalho por kit, verificou-se um aumento de foco e concentração por parte dos operadores, como ainda a identificação de certos erros, destacando-os, de forma a não se repetirem, pelo que constitui como uma das formas de desperdício.

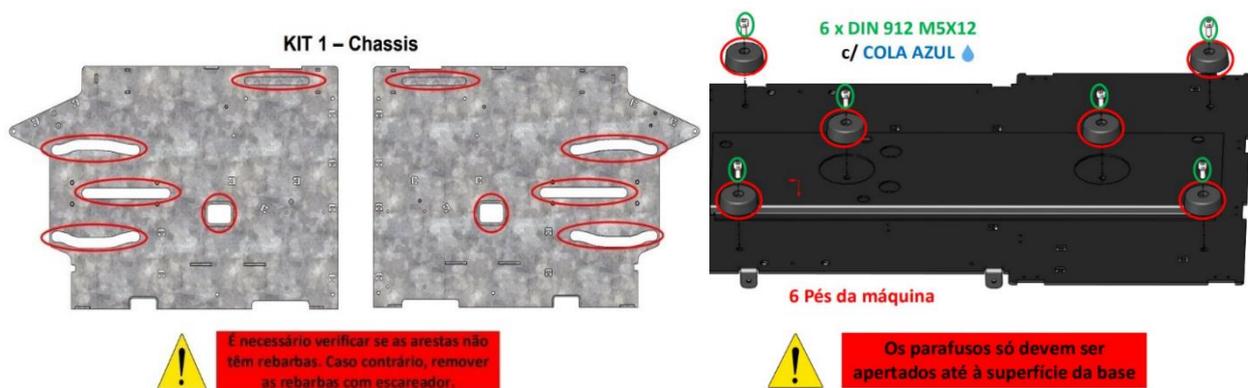


Figura 5.1: Exemplo de Instrução de trabalho (STCS-RCM-kit1).

5.1.1.2. Separação dos cabos por kit

Como já foi referido, uma das tarefas classificadas como de valor não acrescentado, por observação, diz respeito à separação dos cabos por kit, que era realizada no chão-de-fábrica, sendo esta tarefa considerada como um desperdício. Ou seja, à medida que a produção da cablagem era feita, estes eram colocados numa caixa identificada pela máquina em questão, independentemente dos kits, e posteriormente, eram separados no chão-de-fábrica para as respetivas células de trabalho. Contudo, esta era uma situação que ocupava tempo, no instante da montagem dos equipamentos, ou era necessário um recurso humano, para realizar este trabalho.

Deste modo, a forma sugerida de combater esta ocorrência foi a separação dos cabos ser realizada na produção de cablagem, e não no chão-de-fábrica, ou seja, à medida que a produção da cablagem é efetuada, os cabos são colocados em diferentes caixas, onde cada caixa se encontra identificada com o número do kit. Como tal, de modo que esta ação seja realizada com sucesso, alterou-se as instruções de cablagem, introduzido em cada o cabo, o kit a que estão associados, tal como se pode observar na Figura 5.2.

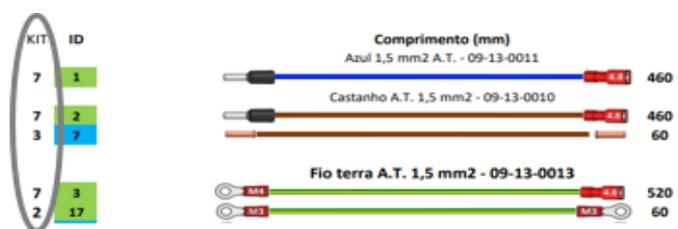


Figura 5.2: Exemplo parcial de instrução de trabalho de Produção de Cablagem (STCS-RCM).

5.1.2. Introdução de parafusadora elétrica

Uma vez já referido que a montagem corresponde a uma área com uma mão-de-obra intensiva e que os equipamentos produzidos apresentam uma enorme complexidade, então foi necessário a procura de algumas soluções que tentem minimizar essa complexidade. Assim sendo, decidiu-se introduzir uma parafusadora elétrica no processo de montagem, de modo a substituir a chave de fendas. Esta substituição permitirá facilitar o trabalho do operador, como ainda reduzir o tempo na introdução de parafusos. Como cada equipamento apresenta um número bastante elevado de parafusos, apesar deste número ser variável de equipamento para equipamento, ao fim de se produzir um lote, a diferença de tempos já se torna significativa. A parafusadora elétrica implementada encontra-se ilustrada na Figura 5.3.



Figura 5.3: Ilustração da parafusadora elétrica.

Após ter sido implementada a parafusadora elétrica, decidiu-se efetuar uma medição de tempos, recorrendo à cronometragem, ao segundo, com o objetivo de observar o impacto que esta proposta de melhoria poderia ter na montagem de um equipamento, e conseqüentemente, na produção, por exemplo de um lote de 10 equipamentos. A medição foi referente à montagem de um equipamento STCS-EVO500, cujo mesmo apresenta cerca de 285 parafusos. Os valores medidos encontram-se na Tabela 5.1.

Tabela 5.1: Diferença de tempos, com a implementação de uma parafusadora elétrica (exemplo: STCS-EVO500).

	Tempo Chave de fendas [segundos]	Tempo parafusadora elétrica
	7,41	3,12
	8,58	3,05
	6,98	2,74
	6,83	2,96
	7,99	3,01
Média [segundos]	7,56	2,98
Tempo para montar 1 máquina [segundos]	2154,03	849,30
Tempo para montar parafusos 1 máquina [minutos]	35,90	14,16

De acordo com a Tabela ilustrada acima, tendo como base os valores obtidos através das medições efetuadas, é possível observar que para um parafuso, pode ocorrer uma redução 7.56 segundos, para 2.98 segundos, representando assim, uma melhoria significativa. Apesar de ser uma diferença apenas de 4.58 segundos, tendo em conta que cada equipamento STCS-EVO500 apresenta 285 parafusos, significa que se poupa cerca de 22 minutos por máquina. Se o pensamento incidir sob uma produção em lotes, dando como exemplo, 10 lotes, isso significa, que no total, através da introdução desta melhoria estima-se reduzir cerca de 217 minutos, sendo isto equivalente a 3,62 horas. Apesar da diferença ser mínima por cada parafuso introduzido, tendo em consideração ao elevado número de parafusos que o equipamento leva, então essa diferença já se torna muito significativa.

5.1.3. Sistema *Kanban*

A implementação do sistema *Kanban*, trouxe uma série de melhorias, no que diz respeito à redução dos tempos de transporte. Através da implementação desta proposta, foi possível a eliminação deste desperdício, colocando uma estante destinada à alocação de toda a parafusaria necessária para os kits realizados em células e na linha de montagem. Assim, os operadores não precisam de se deslocar, sempre que necessitavam de obter parafusos, tornando o processo mais eficiente.

Por outro lado, uma das tarefas identificadas como valor não acrescentado dizia respeito à procura pelos diversos componentes *Kanban*, durante a realização das tarefas de montagem eletromecânica dos kits. A razão desta ocorrência deve-se ao facto dos mesmos se encontrarem aleatórios. Deste modo, uma solução de contornar esta situação passa por colocar o tamanho dos parafusos por ordem crescente. Ou seja, todos os componentes iniciados, por exemplo, como “M3” encontram-se próximos uns dos outros, e o mesmo se verifica para os restantes parafusos. Isto permite uma melhor organização dos componentes *Kanban*, e simultaneamente, uma redução no tempo de procura dos componentes pretendidos, por parte do operador. Resumidamente, esta ação de melhoria vai evitar ao trabalhador a procura exaustiva pelo componente em questão, sabendo rapidamente a localização daquilo que pretende, reduzindo o desperdício do tempo de espera.

5.1.4. Preocupação pela Ergonomia

Um dos aspetos fundamentais para obter um aumento de produtividade, segundo o qual o mesmo se tem tornado uma preocupação crescente pela indústria diz respeito à ergonomia. De tal modo, é necessário haver uma preocupação pela ergonomia, no que diz respeito à posição dos trabalhadores nas células de trabalho, como também na linha montagem.

O objetivo desta dissertação passa por reconhecer uma metodologia capaz de funcionar, tendo sempre em consideração as necessidades dos clientes. A base rotativa introduzida pela MECALBI surge por esse motivo. Através da mesma, o equipamento gira em torno do trabalhador, facilitando as tarefas de montagem, tornando-as mais práticas e menos complexas. Contudo, esta opção também permite um aumento na ergonomia nas tarefas de montagem dos equipamentos.

No entanto, um aspeto também identificado como essencial diz respeito à postura dos operadores e estabelecer a melhor posição para a realização das tarefas de montagem. Desta forma, cada operador, tem conhecimento da sua melhor postura, de forma a não sentir, por exemplo, dores de costas ou nos músculos. Como tal, há tamanhos de cadeiras distintos, que permitem um melhor conforto e adaptabilidade, pelo que uma ação de melhoria incide sob a aquisição de cadeiras que permitem ao operador adaptar a altura do assento, tornando-se bastante flexível para a execução de todas as tarefas de montagem. Uma má postura ou a permanência em pé durante o turno inteiro, leva a uma pobre ergonomia no posto de trabalho, associado a uma baixa atratividade. Boas condições de trabalho, flexibilidade e bem-estar são essenciais para uma boa produtividade. Desta forma, espera-se que com a aquisição de assentos adaptados à altura de cada operador, se verifique um aumento do bem-estar e conforto do trabalhador, estando isto, relacionado com o aumento da produtividade.



Figura 5.4: Evolução dos assentos destinados à área de montagem (antes e depois).

5.1.5. Formação intensiva e introdução do *Rabbit Chase*

Por outro lado, a estabilidade dos tempos de montagem eletromecânica é um dos objetivos desta dissertação. Uma das variabilidades mais observadas diz respeito à variabilidade entre operadores, contudo, apesar da alocação de um determinado operador a uma célula de trabalho parece resolver esta situação, simultaneamente, poderá aparecer outro. Como em cada célula está associado a um número e tipo de kits específico, isto poderá fazer com que os trabalhadores realizem exatamente as mesmas tarefas, correndo o risco de

se tornar um trabalho repetitivo e monótono, podendo gerar insatisfação e desmotivação, por parte do operador. Assim, uma solução de maneira a contornar esta ocorrência inclui em fornecer uma formação e treino intensivo a todos os trabalhadores, de forma a adquirir aptidão para a realização de todo o tipo de equipamentos. No caso das células de trabalho, uma solução seria funcionar num método semelhante ao *Rabbit Chase*. Ou seja, uma vez que as células, atualmente, funcionam em “U”, o que seria expectável era quando o operador alocado à célula 1 finalizasse a realização das suas tarefas, pudesse oferecer apoio ao operador alocado à célula 2, e vice-versa. O mesmo seria atribuído para as restantes células de trabalho. Isto permite aos trabalhadores um aumento da flexibilidade, como ainda a organização da produção, melhorando o seu desempenho. Esta metodologia, para além de poder gerar um aumento da produtividade, permite ainda evitar que as realizações das tarefas de montagem se tornem repetitivas e monótonas. Um exemplo da ilustração desta metodologia encontra-se na Figura 5.5.

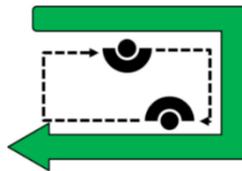


Figura 5.5: Exemplo do princípio *Rabbit Chase* (Fonte: *AllAboutLean*).

5.2. Implementação do Quadro *Kaizen* Diário

Tendo como principal objetivo a implementação da filosofia *Lean* na linha de produção e a visão pela melhoria contínua, resolveu-se implementar um quadro *Kaizen* diário na área da montagem, uma vez que corresponde à zona com maior número de inputs, que visa a identificação de determinados problemas, e conseqüentemente, a sua eliminação.

Assim, é importante destacar no que consiste a constituição deste quadro e certos requisitos necessários para o seu funcionamento. É uma ferramenta composta por quatro níveis distintos, com o intuito de organizar equipas e locais de trabalho, procurando constantemente a direção pela melhoria contínua. Contudo, para a sua implementação é necessário a adoção do ciclo PDCA e o esforço total por parte dos colaboradores em detetar possíveis problemas, podendo recorrer à técnica dos 5 Porquês (Okpala et. al, 2020). O principal objetivo desta ferramenta, consiste na deteção de problemas, na determinação de

propostas de melhoria, como ainda em encontrar a causa raiz dos problemas, de maneira a arranjar formas de evitar novamente a sua ocorrência, podendo isto ser realizado através de sessões *brainstorming*.

Uma vez que o quadro *Kaizen* foi implementado na área de montagem, significa que os aspetos a seguir apresentados dizem respeito exclusivamente a esta área. Os níveis que constituem o quadro *Kaizen* são:

Nível 1- Organização de equipas: faz parte a agenda de reuniões, a presença dos colaboradores nas reuniões *Kaizen*, como ainda a identificação de indicadores KPIs. Os indicadores colocados no quadro *Kaizen* são respetivamente, a não conformidade e o *rework*. Aqui, é fundamental que todos os trabalhadores conheçam e compreendam os indicadores, de forma que seja possível a discussão de possíveis sugestões de melhoria, com o objetivo de eliminar desperdícios.

Nível 2- Organização de espaços: consiste na aplicação da metodologia do 5S. Esta ferramenta, já se encontrava implementada na empresa, no entanto, uma vez que o quadro *Kaizen*, apenas está inserido na área de montagem, então foi utilizado dois cartões *Kamishibai*, ambos com 10 tópicos e com cores distintas (verde e vermelho), que resumem os aspetos que é necessário cumprir para que este nível seja bem-sucedido (Apêndice B). Resumidamente, se todos os tópicos forem cumpridos, coloca-se o cartão verde, caso um tópico ou mais, não se encontre conforme, então coloca-se o cartão vermelho. Destaca-se que os cartões *Kamishibai* foram realizados em concordância com os 5S já implementados na empresa.

Nível 3- Normalização: consiste na implementação de melhores práticas, transformando os processos cada vez mais consistentes, como ainda a sua normalização.

Nível 4- Melhoria de processos: corresponde ao principal motivo da implementação do quadro *Kaizen*, à resolução das ocorrências detetadas, das melhorias associadas.

O protótipo do quadro *Kaizen* diário efetuado para a empresa encontra-se exposto na Figura 5.6.

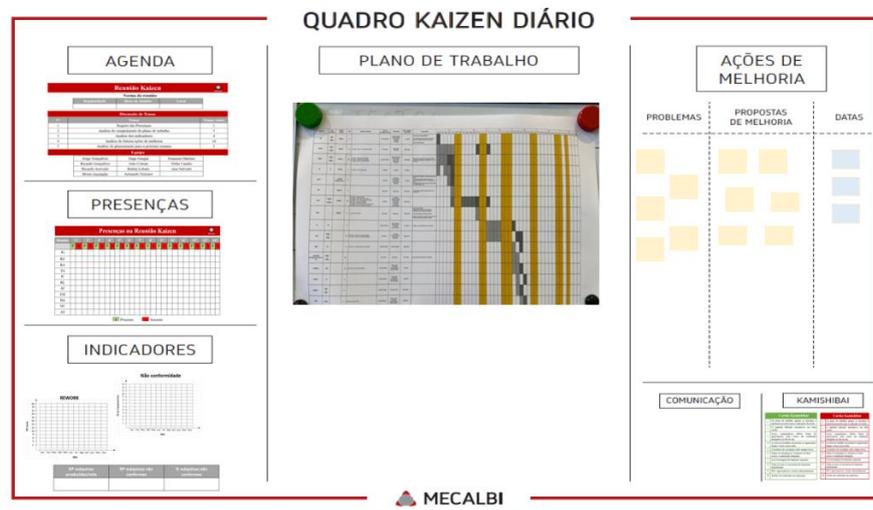


Figura 5.6: Protótipo do Quadro *Kaizen* diário.

Após a finalização do protótipo do quadro *Kaizen*, e posteriormente aprovado pela equipa responsável dos processos industriais, realizou-se uma breve formação a todos os elementos que fazem parte da área de montagem, onde se explicou teoricamente e praticamente no que consiste o quadro *Kaizen*, o seu funcionamento, os seus objetivos e o impacto que poderá vir a desenvolver para a empresa.

5.2.1. Funcionamento do Quadro *Kaizen* e observação de melhorias

Relativamente ao funcionamento do quadro *Kaizen*, são efetuadas reuniões *Kaizen* diariamente, tentando não exceder 10 minutos com todos os elementos que pertencem à zona de montagem, e pelo menos, por um elemento pertencente ao departamento de processos industriais, onde são discutidas ocorrências observadas ao longo do dia de trabalho, de forma que seja possível pensar em soluções para contornar estas situações.

Quanto ao Plano de Trabalho, este é realizado pelo responsável do planeamento de produção, de acordo com os pedidos do cliente e é colocado e respondido no quadro *Kaizen* semanalmente, de forma, que os colaboradores responsáveis pela montagem dos equipamentos tomem conhecimento das suas tarefas. Em relação ao funcionamento do quadro *Kaizen*, o mesmo, atualmente, funciona através de Post-it. Ou seja, sempre que se verificar alguma ocorrência ao longo da produção, os operadores transmitem essa informação para um Post-it e colocam no quadro, de maneira que as mesmas sejam analisadas e discutidas na reunião *Kaizen*.

Posto isto, são pensadas e decididas ações de melhoria entre todos os elementos, consoante as ocorrências identificadas. Aqui também se torna fundamental as sugestões/oportunidades de melhoria desenvolvidas pelos operadores.

Adicionalmente, após a realização de inúmeras reuniões *Kaizen*, é possível concluir que através da implementação desta ferramenta, foram identificadas diversas ocorrências, e tomadas algumas ações de melhoria, de forma a combater as mesmas. Alguns dos exemplos de ocorrências identificadas encontram-se no Apêndice C.

Através da implementação desta ferramenta *Lean*, foram detetados e considerados problemas, já ocorrentes frequentemente na empresa, contudo não eram contabilizados ou registados. Com as reuniões *Kaizen* diárias, foi possível reportar as ocorrências detetadas no próprio dia, não levando ao esquecimento do dia seguinte, e perante isto, foram tomadas medidas, que tiveram um impacto significativo em projetos seguintes.

5.3. Comparação entre a montagem eletromecânica clássica e montagem em Kits

De modo a observar o impacto da produção de kits nas respetivas células de trabalho, comparou-se, inicialmente os tempos de montagem entre os dois métodos produtivos, ou seja, entre a montagem clássica e a produção por kits, e posteriormente a sua evolução, ao longo do tempo, de forma a ser possível avaliar a estabilidade de processos. De forma a obter uma maior amostra de dados relativamente aos tempos de montagem clássico, os registos históricos referentes ao ano de 2021, também foram incluídos para esta análise.

5.3.1. Tempos de Montagem

Relativamente aos tempos de montagem, estes dependem diretamente de dois aspetos: da experiência do operador responsável pela tarefa de montagem e como estão estruturadas e apresentadas as instruções de trabalho. Deste modo, face a estes dois aspetos, juntamente com a implementação efetuada relativamente à produção em células, comparou-se os tempos entre o método de montagem clássica e a produção por kits, de forma a visualizar a percentagem de melhoria, ilustrado um exemplo para cada tipo de equipamento, conforme ilustrado na Tabela 5.2.

Tabela 5.2: Comparação de tempos entre montagem clássica e produção em kits.

Máquina	Projeto interno	Assembly clássico/maq [horas]	Projeto interno	Assembly kits/maq [horas]	Melhoria [%]
VMIR	259822	13,37	91823	7,87	41%
VMIR Plus	239722	11,79	156123	10,37	12,1%
EVO500	357822	4,90	34023	4,03	17,6%
EVO500TS	312521	7,81	143823	6,69	14,3%
RCM	246022	10,88	152623	10,38	4,6%

É importante destacar que ao realizar esta comparação, considerou-se projetos, onde o número de lote é o mesmo. Através da Tabela 5.2, é possível verificar que a produção em células permite a redução do lead time, comparativamente à montagem eletromecânica clássica, trazendo benefícios para a empresa, pelo que a máquina STCS-VMIR foi aquela que apresentou uma maior percentagem de melhoria.

5.3.2. Variabilidade nos tempos de montagem

Por outro lado, a estabilidade de processos é um aspeto fundamental desenvolvido ao longo da elaboração deste projeto. Apesar da redução do lead time ser um dos aspetos mais desejáveis, o principal objetivo na área da montagem e desenvolvido ao longo desta dissertação não passa por realizar as tarefas de montagem excessivamente rápidas, mas sim, por reduzir a variabilidade no processo, ou seja, na obtenção de um processo mais estável.

Ao fim de se realizar alguns projetos, seguindo o método produtivo em células, comparou-se esses resultados com os dados históricos referentes à montagem clássica. Para tal, construiu-se um gráfico, para os 5 equipamentos de referência, de forma a visualizar mais facilmente a evolução da montagem dos equipamentos, ao longo do tempo, e ser possível realizar comparações, no que diz respeito à estabilidade do processo. Adicionalmente, estabeleceu-se um tempo padrão estimado para cada equipamento. Este valor padrão foi baseado em projetos anteriores, tendo em atenção a experiência do operador, ou seja, corresponde a um valor médio, tendo em conta projetos realizados por operadores experientes, mas também por operadores não experientes. No gráfico ilustrado na Figura 5.7 é possível observar uma evolução dos tempos de montagem clássica, em simultâneo com a produção em kits, correspondentemente ao equipamento STCS-EVO500.

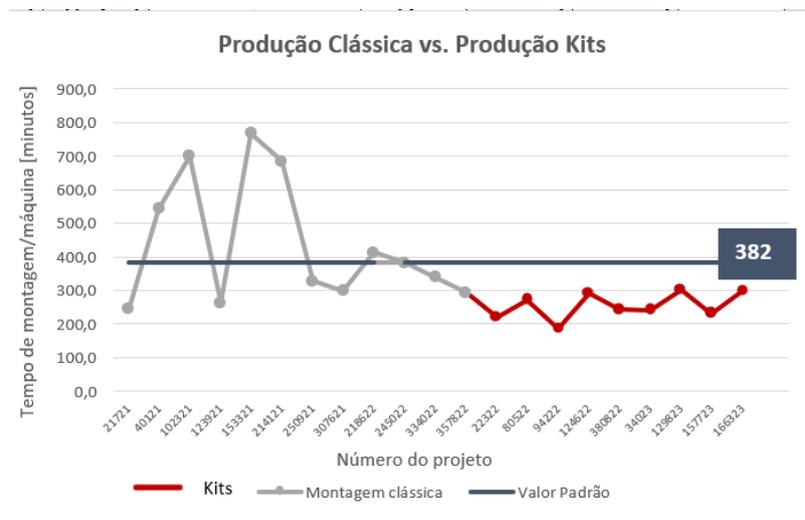


Figura 5.7: Comparação da evolução de tempos produção celular e montagem clássica para a máquina STCS-EVO500.

Para o gráfico exposto na Figura 5.7, é possível observar os tempos referentes à montagem clássica (representado a cinzento) são bastante distintos entre si, refletindo-se numa elevada variabilidade. No eixo do x, está representado o número do projeto interno correspondente e no eixo dos y, encontra-se representado o tempo de montagem eletromecânica, em minutos, por máquina. Para este equipamento em concreto (STCS-EVO500) o valor padrão estimado foi de 382 minutos e verifica-se que com a implementação da produção em células, para além de se verificar uma redução significativa da variabilidade, transformando-o num processo mais estável, ainda é possível observar que todos os valores relativos à produção celular se encontram abaixo da linha correspondente ao valor padrão estimado.

Posteriormente, a mesma análise foi realizada para os restantes equipamentos sujeitos à produção em células (STCS-EVO500TS, STCS-VMIR, STCS-VMIRPLUS, STCS-RCM), tal como exposto na Figura 5.8.

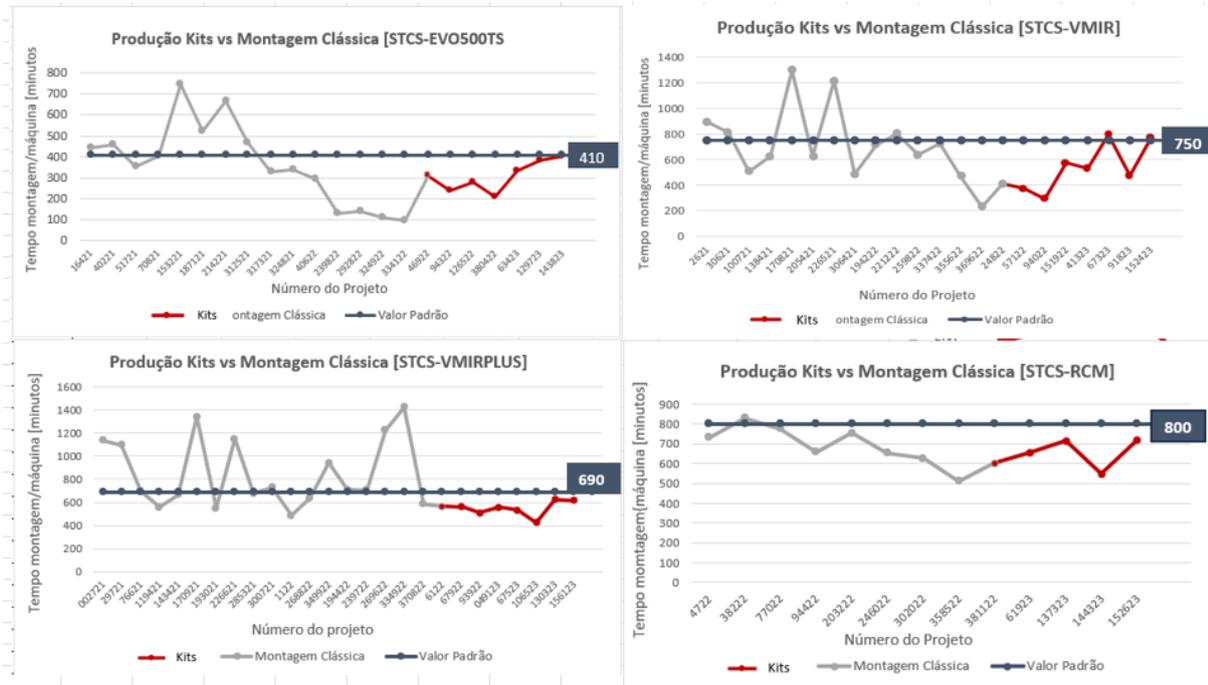


Figura 5.8: Comparação da evolução de tempos produção celular e montagem clássica para as máquinas STCS-EVO500TS, STCS-VMIR, STCS-VMIRPLUS e STCS-RCM, respetivamente.

De acordo com a Figura 5.8, é possível observar a evolução dos tempos de montagem clássica, comparativamente aos tempos de montagem por kits, onde para todas as situações, verifica-se uma redução de variabilidade. Especificamente, para o equipamento STCS-EVO500TS, em relação à montagem clássica, existem diversos valores de tempo de montagem abaixo dos 200 minutos, valores que nunca foram atingidos na produção em kits. Contudo, como já foi referido o objetivo principal ao longo desta dissertação, embora também seja vantajoso, não incide sob realizar as tarefas de montagem o mais rapidamente possível, mas sim melhorar o output do processo e desenhar um sistema pull capaz de funcionar num contexto *mix* de produção, e isto passa por estabilizar processos, reduzindo a variabilidade. Adicionalmente, para esta máquina, todos os valores encontram-se abaixo da linha correspondente ao valor padrão estimado (410 minutos), o que não acontece para a montagem clássica. Para as restantes situações, resumidamente, em todos os equipamentos (STCS-VMIR, STCS-VMIRPLUS e STCS-RCM), a redução da variabilidade é bastante significativa e todos os valores encontram-se abaixo do tempo padrão (à exceção da máquina STCS-VMIR, que apresenta um valor *outlier*). A justificação deste valor deve-se ao facto que durante a realização deste projeto (67323), verificou-se um defeito com uma peça de

subcontratação, necessitando que a mesma fosse maquinada, e por isso, o tempo de montagem deste equipamento foi um pouco mais elevado.

Assim sendo, com a implementação do método produtivo em células, na maioria dos casos, foi possível reduzir tempos de montagem, mas sobretudo corresponde a uma solução que permite reduzir a variabilidade de tempos, e por isso, tornar o processo mais estável.

5.4. Comparação entre a carga de trabalho dos equipamentos do tipo A e do tipo B&C

Após a realização da classificação dos equipamentos em tipo A ou tipo B&C, e após observar-se que estes 2 tipos apresentam métodos produtivos distintos, acompanhados de tempos de montagem completamente diferentes, e ainda de uma procura bastante variável ao longo dos meses, considerou-se interessante realizar uma análise, de forma a visualizar e compreender o número de horas que necessitam de ser disponibilizadas para a realização da montagem do tipo A e B&C. Esta análise foi efetuada, de acordo com a procura mensal de cada equipamento, tendo em conta os registos históricos, e o tempo de montagem eletromecânica, correspondente a cada uma das máquinas.

Através da observação do gráfico exposto na Figura 5.9, é possível concluir que as horas de trabalho necessárias para realizar as tarefas de montagem eletromecânica, de modo a satisfazer as necessidades do cliente não é constante ao longo dos meses, pelo que isto é refletido por uma variação de procura a cada mês. No geral, verifica-se, que na maioria dos meses, os equipamentos do tipo A são aqueles que disponibilizam de um maior número de horas.

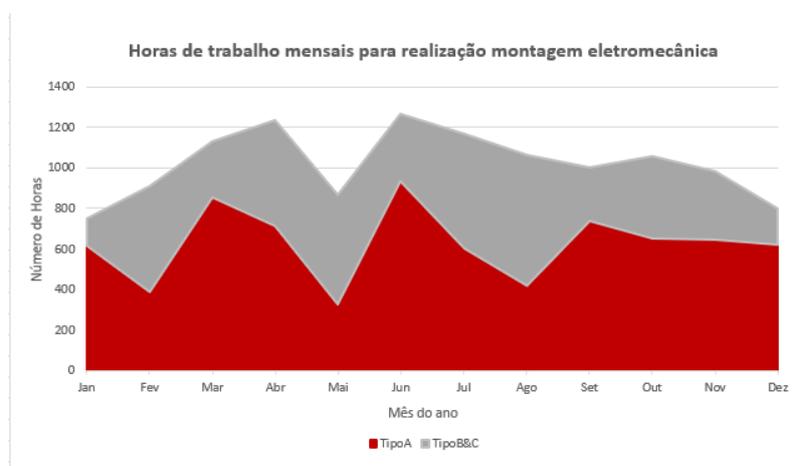


Figura 5.9: Horas de trabalho por mês relativamente ao tipo de equipamento.

Para além da análise efetuada, relativamente ao número de horas de trabalho mensais, de forma a satisfazer as necessidades dos clientes, é também apresentada a percentagem do tipo de máquina, relativamente ao número total de horas de trabalho, respetivamente às tarefas de montagem, possibilitando a comparação da carga de trabalho entre os 2 tipos de equipamentos. Isto encontra-se representado na Figura 5.10.

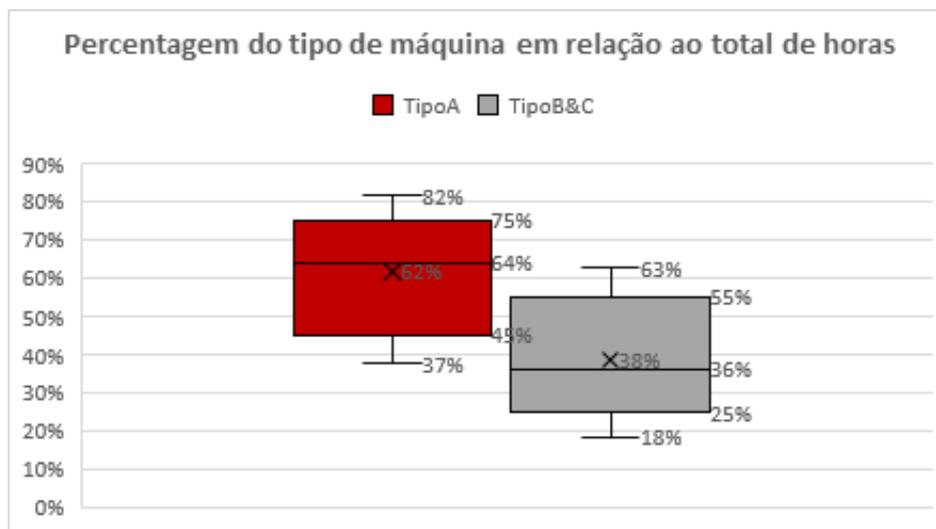


Figura 5.10: Comparação da carga de trabalho entre os equipamentos do tipo A e equipamentos do tipo B&C.

Uma vez já concluído que a procura mensal é bastante variável e que os equipamentos do tipo A são aqueles que ocupam de um maior número de horas mensais, de forma a satisfazer as necessidades, então torna-se evidente que este tipo de máquinas possuem uma carga de trabalho mais elevada, comparativamente aos equipamentos do tipo B&C. Esta comparação encontra-se exposta na Figura 5.10, através de uma representação de um *Boxplot*. Este tipo de gráfico permite observar a variação dos valores dos dados, sendo composta por um conjunto de elementos: mínimo, máximo, primeiro quartil, mediana, e por último, terceiro quartil. Relativamente à caixa de bigode que caracteriza os equipamentos do tipo A (representada a vermelho), é possível visualizar que esta possui um valor mínimo e máximo iguais a 37% e 83%, respetivamente. Quanto aos restantes parâmetros, o primeiro quartil é representado por um valor igual a 45%, a mediana igual a 64%, e finalmente, o terceiro quartil igual a 75%. De acordo com estes valores, e comparando as máquinas A com as do tipo B&C, é possível concluir os equipamentos do tipo A apresentam uma carga de trabalho mais elevada.

5.4.1. Alocação de recursos

Um dos aspetos fundamentais para o bom funcionamento da produção diz respeito à alocação de recursos e ao número ideal de trabalhadores que é necessário, de forma a obter uma produção eficiente e eficaz. É interessante destacar que o número de trabalhadores não é constante ao longo do ano. Como já foi referido, existem 10 operadores (6 experientes e 4 não experientes) destinados à área de montagem.

Sabendo o valor do WIP estimado referente à área de montagem e a sua variação, é possível conhecer o número de operadores. Relativamente às tarefas efetuadas pelos colaboradores, estas encontram-se divididas em 2, de acordo com classificação do tipo de máquina. Os equipamentos classificados do Tipo A são efetuados com mais frequência, de acordo com a procura, e a maioria é realizada em kits. Atualmente apenas 5 dos 7 equipamentos do tipo A estão a trabalhar em células, no entanto, o objetivo da empresa, no futuro, passa com que todas as máquinas classificadas como A, sejam produzidas em células. Uma vez que as tarefas associadas a este tipo de equipamentos não exigem uma complexidade muito elevada, pelo que o seu tempo de montagem é mais curto, então a sua execução é realizada por operadores menos experientes. Por oposição, os equipamentos classificados do Tipo B&C apresentam uma complexidade bastante elevada, pelo que são produzidos por operadores mais experientes, devido à necessidade de uma maior independência por parte do trabalhador, relativamente à execução de tarefas.

Outra restrição corresponde também à complexidade das máquinas, por exemplo existem determinadas máquinas, que devido à sua complexidade, possuem um tempo médio de montagem bastante elevado. Por exemplo o equipamento STCS-LCXL, possui um tempo médio de montagem aproximadamente de 3900 minutos, logo é notório que é necessário mais que um operador para realizar a montagem.

Contudo, uma vez que a perspetiva da empresa visa a melhoria contínua, então, com formação e treino, melhores práticas serão vistas, ao longo do tempo. Isto significa, que aquilo que se pretende é a obtenção de melhores práticas, de modo a efetuar o trabalho de melhor maneira possível.

De maneira a efetuar o cálculo de trabalhadores, utilizou-se o tempo médio esperado de montagem e a quantidade de máquinas, obtendo-se o tempo total, em horas, necessário para cada tipo de equipamento, de acordo com os dados referentes ao ano de 2022 e meio ano de 2023. Através disto, juntamente com os dias de trabalho calculados para a procura

pretendida, é possível obter o número médio de trabalhadores destinados aos equipamentos do tipo A e do tipo B&C, respectivamente, conforme ilustrado na Tabela 5.3. É importante destacar que estes valores foram baseados, de acordo com tempos médios de montagem.

Tabela 5.3: Número de Trabalhadores para equipamentos do tipo A e B&C baseado em tempos médios.

	Tempo de montagem Máquinas tipo A	Tempo de montagem Máquinas tipo B&C
Horas Necessárias	9650,68	7969,35
Dias	1286,76	1062,58
Trabalhadores	3,95	3,26
Número Exato de Trabalhadores	4	4

5.4.1.1. Número esperado de Operadores

De acordo com o que já foi referido, anteriormente, através do *Heijunka*, é possível determinar o número proposto de trabalhadores, de forma a garantir as necessidades dos clientes. Então através do auxílio desta aplicação desenvolvida pela empresa, de acordo com a fórmula já estabelecida, realizou-se um estudo sobre o número de trabalhadores necessário a cada mês, durante a duração do estágio curricular (janeiro a junho de 2023), de forma a satisfazer as necessidades dos clientes. Assim, foi efetuada uma relação entre o tipo e o número de equipamentos previstas para cada mês, e juntamente com o tempo necessário para a realização da montagem dos diferentes equipamentos, encontra-se na Tabela 5.4, o número de operadores esperado, para garantir a procura, seguindo tempo médio de montagem de equipamentos do tipo B&C e montagem dos equipamentos do tipo A, em kits. É necessário destacar que os tempos de pré-montagem não foram tidos em conta para a realização destes cálculos.

Tabela 5.4: Resultado do número de trabalhadores necessário para cada mês, segundo tempos médios.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho
Minutos de trabalho [Máquinas B&C]	26371	31034	30188	32422	44535	22134
Horas de trabalho [Máquinas B&C]	439,52	517,23	503,13	540,37	742,25	368,90
Nº Trabalhadores	2,6637	3,4482	2,9167	4,0027	4,4985	2,3422
Minutos de trabalho [Kits]	39504	15126	15600	14204	11764	32440
Horas de trabalho [Kits]	658,40	252,10	260,00	236,73	196,07	540,67
Nº Trabalhadores	3,9903	1,6807	1,5072	1,7536	1,1883	3,4328
Média nº trabalhadores	3,3270	2,5644	2,2120	2,8781	2,8434	2,8875
Média do nº trabalhadores(arredondado)	4	3	3	3	3	3
Nº trabalhadores Máquinas do tipo B&C (arredondado)	3	4	3	4	5	3
Nº arredondado Trabalhadores Kits (arredondado)	4	2	2	2	2	4

5.5. Simulação

Este modelo foi realizado utilizando a ferramenta SIMIO Software, de forma a simular uma situação real, com o objetivo de obter resultados bem definidos, para cada máquina em específico. Para o período de simulação foi considerado um período de um ano e meio (janeiro de 2022 a junho de 2023), seguindo 7,5 horas de trabalho diárias. Deste modo, os resultados futuramente retirados estão de acordo com os resultados da simulação, que foram baseados tendo em conta dados presentes e dados históricos referentes ao ano de 2022 e meio ano de 2023. Para a construção do modelo de simulação, e de forma a obter um fluxo semelhante ao que acontece na MECALBI, considerou-se uma série de elementos, entre os quais: *ModelEntity*, *Source*, *TransferNode*, *Separator*, *Server*, *Combiner*, *Sink* e *Path*. É importante destacar que este modelo se foca, particularmente na área de montagem, cuja sua disposição se encontra exposto na Figura 5.11.

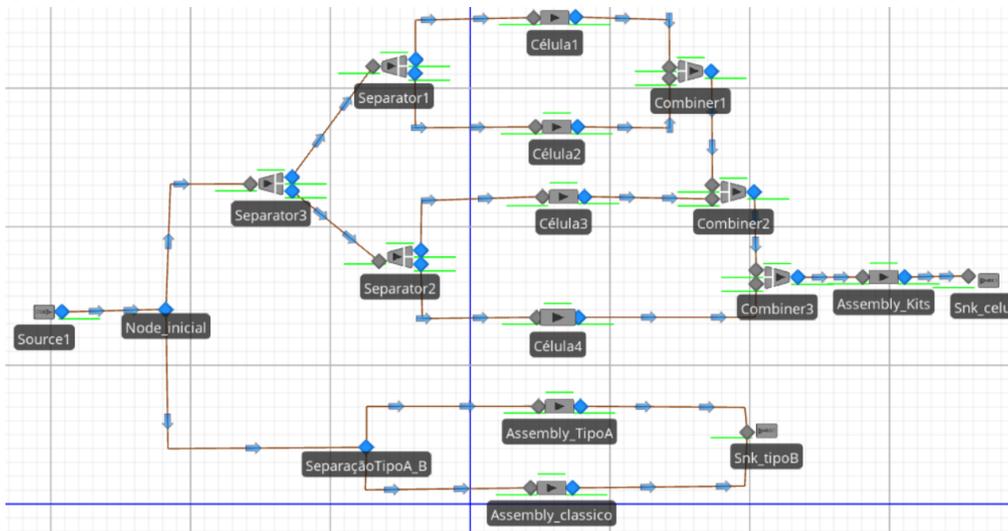


Figura 5.11: Layout da área de montagem usando o *Símio Software*.

5.5.1. Parâmetros da Simulação

O primeiro objeto a ser criado foi uma *Source*, cujo mesmo se encontra associado às entidades, cujas mesmas representam as diversas máquinas.

Posto isto, dependendo do tipo de equipamento, é necessário estabelecer que tipo de atividade de montagem cada equipamento está sujeito, ou seja, definir a rota associada a cada máquina. Se o equipamento for do tipo STCS-EVO500, STCS-EVO500TS, STCS-VMIR, STCS-VMIRPLUS ou STCS-RCM, a montagem será efetuada em células, onde cada célula é representada por um *Server* e está associada a um tipo de kits, e posteriormente, são submetidas à montagem final, caso contrário, apenas estarão sujeitos à montagem clássica, sujeitas a um único fluxo. Esta condição foi realizada, através da criação de um processo, que se encontra representado na Figura 5.12, cujo mesmo representa os dos fluxos de produção existentes.

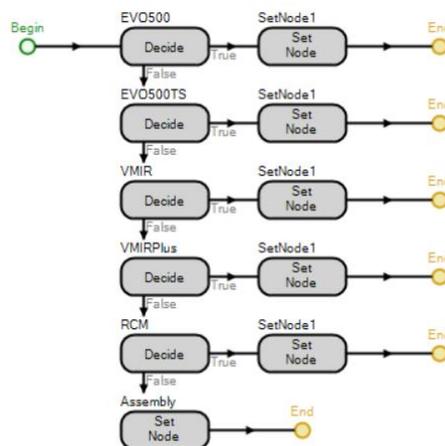


Figura 5.12: Exemplo de criação do Processo no *Símio Software*.

5.5.1.1. Lógica de Montagem

Relativamente ao método produtivo celular, cada célula é representada por um *Server* no *Símio Software*, onde a cada célula está associado um tipo de kits e um tempo de processamento. Relativamente à sua lógica de montagem, o seu início é obtido após a ordem de montagem, pelo que posteriormente as tarefas são realizadas através da montagem feita por kits. Como os tempos de movimento *WIP* estão incluídos no tempo de processamento das tarefas, então o caminho é representado por várias *Paths*, cujo tempo é igual a zero. Por outro lado, os *Separators* foram introduzidos no modelo, com o objetivo de dividir a entidade em diversas entidades, representando deste modo, os diversos kits, enquanto os *Combiners* foram introduzidos, de forma a auxiliar o processo da montagem final, dando origem apenas a uma entidade, que no fundo representa a máquina totalmente montada, pronta para seguir para a zona de inspeção e ensaio.

Adicionalmente, para a construção do modelo, diversos parâmetros foram tidos em consideração. Determinou-se o tempo de chegada de cada máquina e a duração de cada tarefa e a alocação dos recursos requeridos foram efetuados através da observação *Gemba*.

Após a distribuição de material pelas respetivas células se encontrar nas suas conformidades e após ser dada a ordem *Kanban*, é necessário que os operadores percebam as tarefas a seguir. No que diz respeito à classificação dos equipamentos, estes estão de acordo com a análise ABC, realizada anteriormente, e assim, dependendo do tipo de máquina a ser produzida, os trabalhadores estão classificados separadamente:

- Trabalhador experiente – podem realizar a montagem de qualquer tipo de equipamento, ou seja, do tipo A e do tipo B&C, contudo a sua prioridade incide sob o tipo B&C.
- Trabalhador não experiente – apenas poderão realizar a montagem de equipamentos do tipo A.

Cada trabalhador é representado por um “*Worker*” no *Símio*, onde irá realizar as suas tarefas, de acordo com as regras anteriormente definidas. No que diz respeito às propriedades do horário, os trabalhadores da área da montagem iniciam o seu turno às 8 horas da manhã e finaliza às 17 horas, com 1 hora de almoço e 2 pausas com duração de 15 minutos, dando um total de 7.5 horas de trabalho diárias.

5.5.2. Tempos Padrão de Simulação

De forma a efetuar o cálculo da ocupação de capacidade, é necessário perceber a variação de recursos na capacidade de montagem. Conhecendo a quantidade e capacidade de produção, então a variabilidade resume-se ao número de operadores e à sua experiência. Assim, de forma a calcular a percentagem de capacidade ocupada para a montagem, é necessário conhecer o número de horas de trabalho para o tempo de simulação pretendido, representando, o tempo efetivo de trabalho de um trabalhador. Este cálculo é efetuado retirando ao total de dias úteis durante um ano, os dias de férias e possíveis. Considerando uma análise desde janeiro de 2022 até junho de 2023, os dias de trabalho disponíveis por trabalhador, para esse período, encontra-se na Tabela 5.5.

Tabela 5.5: Dias de trabalho disponível por operador.

Descrição	Dias
Dias de Trabalho [2022]	252
Dias de Férias [2022]	22
Absentismo	12
Dias de Trabalho [janeiro-junho 2023]	125
Dias de Férias [janeiro-junho 2023]	11
Absentismo	6
Total de dias de trabalho	326

5.5.2.1. Cálculo dos tempos padrão

De forma a cumprir os requisitos da simulação, os cálculos referentes aos equipamentos de tipo A e do Tipo B&C foram realizados separadamente.

Conhecendo os valores relativamente ao número de máquinas produzidas durante o período pretendido, procedeu-se ao cálculo do intervalo de chegadas para cada equipamento, segundo a equação 5.1.

$$\text{Intervalo de Chegada} = \frac{\text{Tempo disponível de produção}}{\text{Quantidade de máquinas produzidas}} \quad (5.1)$$

Deste modo, o tempo médio de montagem por máquina para os equipamentos do Tipo A, juntamente com os intervalos de chegadas, como mencionado anteriormente, pode ser observado na Tabela 5.6. Relativamente aos equipamentos do Tipo B&C, o procedimento do cálculo foi o mesmo, pelo que isto pode ser consultado no Apêndice C.

Tabela 5.6: Cálculo do intervalo de chegada dos equipamentos do Tipo A.

Equipamentos do tipo A				
Máquinas	Quantidade	Tempo médio de montagem/máq [h]	Tempo médio de montagem/máq [min]	Intervalo de chegadas [min]
STCS-EVO500	238	4,42	265,20	616
STCS-RCM	216	10,81	648,60	679
STCS-EVO500TS	178	5,55	333,00	824
STCS-VMIRPLUS	151	9,19	551,40	971
STCS-VMIR	84	8,77	526,20	1746
STCS-CS 14	181	11,33	679,80	811
STCS-BM3	81	4,17	250,20	1811

5.5.2.2. Distribuições dos tempos padrão dos equipamentos

Para uma produção, considerando registos históricos do ano de 2022 e meio ano de 2023 (janeiro de 2022 a junho de 2023), serão realizadas e analisadas distribuições, antes de serem inseridas no *Símio Software*, para que seja possível modelar e simular o que acontecerá na área de montagem. Para a criação destas distribuições foram utilizadas ferramentas estatísticas.

Para os equipamentos correspondentes ao tipo B&C, estes iniciam o seu fluxo num certo ponto, seguindo uma distribuição exponencial, de acordo com a tabela de tempos de

montagem adquiridos a cada equipamento (Anexo B). Relativamente aos equipamentos do Tipo A produzidos em células, como não se obteve uma distribuição bem definida, devido à obtenção de poucos dados, considerou-se uma distribuição triangular, tanto para a montagem de kits nas células de trabalho, como na montagem final (junção dos kits), trabalhando desta forma, com os valores do mínimo, moda e máximo. Apesar de não se ter uma elevada quantidade de dados, uma vez que este método produtivo ainda se encontra em fase de implementação, considerou-se que ao assumir o valor mínimo, o mais provável, e finalmente, o valor máximo, através de uma distribuição triangular, se poderia obter uma boa aproximação com a realidade.

5.5.2.2.1. Dados de duração dos tempos para equipamentos do Tipo A

No que diz respeito à análise efetuada relativamente às máquinas do Tipo A produzidas em células, o principal indicador KPI identificado corresponde à duração de montagem. Inicialmente, os principais indicadores analisados, foram determinados através da *Estatística Descritiva* são: média, desvio padrão, mediana, moda, valor mínimo e máximo. Estes foram determinados para todos os equipamentos produzidos em células, e posteriormente, para cada kit de cada equipamento, contudo, na Tabela 5.6, apenas se encontra um resumo estatístico referente ao equipamento STCS- EVO500.

Tabela 5.7: Resumo Estatístico da duração da montagem eletromecânica para a máquina STCS-EVO500.

Dados Estatísticos [STCS-EVO500]			
Mínimo	3.49 h (209.25min)	Máximo	5,26 h (315,9 min)
Média		4,42 h (265,20 min)	
Desvio-padrão		0,63 h (37,83 min)	
Mediana		4,16 h (249,40 min)	

Por outro lado, já referido que os valores que serão submetidos no *Símio Software* dizem respeito aos valores mínimo, moda e máximo para cada equipamento, então na Tabela 5.8 encontra-se representado todos esses valores para os 5 equipamentos sujeitos à produção em kits. É importante destacar, que apesar dos tempos de montagem terem sido inicialmente analisados por kit, uma vez que, cada *Server* no *Símio Software*, representa uma célula de trabalho, então os valores mencionados de seguida, correspondentes a cada máquina dizem

respeito aos tempos analisados por células. Adicionalmente, na Tabela 5.9, os valores mínimo, moda e máximo são referentes à linha de montagem.

Tabela 5.8: Valores mínimo, moda e máximo para os equipamentos produzidos em células.

CÉLULA	DADOS ESTATÍSTICOS	MÁQUINAS				
		STCS-EVO500	STCS-EVO500TS	STCS-VMIR	STCS-VMIRPLUS	STCS-RCM
C1	Mínimo [minutos]	30,86	26,73	52,90	48,53	67,11
	Moda [minutos]	46,00	40,00	112,00	85,00	72,00
	Máximo [minutos]	58,85	54,50	269,00	163,40	105,67
C2	Mínimo [minutos]	34,30	47,80	80,60	69,80	77,75
	Moda [minutos]	46,00	73,00	150,00	166,00	87,00
	Máximo [minutos]	59,65	106,33	296,67	222,91	111,60
C3	Mínimo [minutos]	32,20	30,50	30,80	75,47	126,60
	Moda [minutos]	57,00	35,00	68,00	84,00	136,00
	Máximo [minutos]	78,95	47,33	224,60	113,20	150,60
C4	Mínimo [minutos]	31,35	39,20	36,50	26,50	98,89
	Moda [minutos]	45,00	47,00	62,00	60,00	107,00
	Máximo [minutos]	79,41	62,25	73,00	174,56	138,80

Tabela 5.9: Valores mínimo, moda e máximo referentes à linha de montagem.

CÉLULA	DADOS ESTATÍSTICOS	MÁQUINAS				
		STCS-EVO500	STCS-EVO500TS	STCS-VMIR	STCS-VMIRPLUS	STCS-RCM
Montagem Final	Mínimo [minutos]	48,65	67,9375	55,1	42,67	109,00
	Moda [minutos]	66,00	88,00	60,00	86,00	204,00
	Máximo [minutos]	85,43	144	96,33	112,00	247,33

Após ter sido mencionado todo o processo e lógica de montagem, e ser mencionado todos os tempos padrão, decidiu-se focar, particularmente, nos equipamentos do Tipo A, nomeadamente, nos equipamentos produzidos em célula. Esta análise foi efetuada, tendo em conta o valor de intervalo de chegada, apresentado anteriormente na Tabela 5.5, e ainda os tempos de montagem nas células, retirados através de medição ao cronómetro, no *Gemba*, apresentados na Tabela 5.7 e 5.8.

O modelo de simulação foi efetuado para cada equipamento produzido em células, contudo, é importante destacar que os equipamentos STCS-RCM e STCS-VMIRPLUS, devido à sua complexidade, estão a sofrer inúmeras alterações, pelo que estão a ser introduzidas uma série de propostas de melhoria, e por essa razão, não foram alvo de estudo. Os resultados que se seguem dizem respeito à máquina STCS-EVO500. Esta escolha deve-

se ao facto do mesmo ser o equipamento standard mais produzido, mais industrializável e colocado em produção por kits há mais tempo. Os resultados referentes à taxa de utilização para cada célula e linha de montagem, respetivamente, correspondentes à máquina STCS-EVO500 estão expostos na Figura 5.13.

Object Type ▲ ▾	Object Name ▲	Data Source ▼	Category ▲	Data Item ▲ ▾	Statistic ▲ ▾	Average Total
Server	Célula1	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	22,8786
	Célula2	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	23,1961
	Célula3	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	27,8637
	Célula4	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	26,1602
	Linha_montagem	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	37,4881

Figura 5.13: Taxa de utilização células de trabalho, em percentagem, referente à máquina STCS-EVO500.

Assim sendo, o valor acrescentado desta simulação incide por estudar a carga de tempo de montagem eletromecânica, ou seja, compreender quanto o conjunto de kits ocupa no sistema de montagem em células (4 células de trabalho e linha de montagem). Por exemplo, para um equipamento Standard como o STCS-EVO500, tendo em conta apenas a análise das quatro células, foram retirados valores de ocupação da capacidade entre 22.88 % e 27.86 %, o que leva a concluir que os esforços realizados para o nivelamento das células têm surtido efeito.

Não obstante, por exemplo, em relação ao equipamento Standard STCS-EVO500TS, os valores correspondentes à taxa de utilização das células variam entre 14.57% (célula 1) e 27.36 % (célula 2). Para além disso, é possível verificar que a célula 1 (14.57%), a célula 3 (13.62%) e a célula 4 (17.76%), possuem valores semelhantes, não obtendo o mesmo resultado para a célula 2 (27,36%). Estes valores notam uma variação mais considerável, podendo causar problemas sentidos, essencialmente, na linha de montagem, levando a ineficiências na produção. Assim sendo, estes resultados levam a propor um nivelamento maior dos kits a montar em cada célula e um estudo a efetuar na célula 2, propondo a introdução de pré-montagens, caso seja possível. Todos estes resultados estão visíveis na Figura 5.14.

Object Type ▲ ▾	Object Name ▲	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲ ▾	Statistic ▾	Average Total
Server	Célula1	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	14,5710
	Célula2	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	27,3562
	Célula3	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	13,6227
	Célula4	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	17,7634
	Linha_montagem	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	36,7479

Figura 5.14: Taxa de utilização das células de trabalho, em percentagem, referente à máquina STCS-EVO500TS.

Adicionalmente, foi efetuada a mesma análise para o equipamento STCS-VMIR, obtendo-se os resultados expostos na Figura 5.15. De acordo com esses valores, é possível verificar que a célula 4 apresenta uma taxa de utilização, em percentagem, muito inferior às restantes (25,13%). Isso significa que para este equipamento, é notável uma elevada variação na carga de montagem eletromecânica em cada célula na montagem de um equipamento STCS-VMIR, variando entre 25,13% (célula 4) e 75,93% (célula 2), o que significa que uma célula apresenta um tempo de montagem eletromecânica, três vezes maior. Estes resultados refletem a pertinência das medidas implementadas ao longo da dissertação, como uma diferente alocação dos kits a cada célula, implementação de pré-montagem e implementação das melhorias recolhidas através do quadro *Kaizen*, cujo mesmo foi implementado nesta dissertação.

Object Type ▲ ▾	Object Name ▲ ▾	Data Source ▲	Category ▲	Data Item ▲ ▾	Statistic ▾	Average Total
Server	Célula1	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	62,2518
	Célula2	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	75,9250
	Célula3	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	44,6583
	Célula4	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	25,1271
	Linha_montagem	[Resource]	Capacity	ScheduledUtilization	Percent	15,0476

Figura 5.15: Taxa de utilização das células de trabalho, em percentagem, referente à máquina STCS-VMIR.

Contudo, apesar desta diferença significativa, espera-se que futuramente, através de implementação de ações de melhoria, como por exemplo, a alteração de instruções de trabalho, se obtenham melhorias no processo produtivo. Adicionalmente, dando como exemplo a parafusadora elétrica e a implementação de mais kits na pré-montagem torna-se possível diminuir a carga de trabalho nas células que apresentam uma maior ocupação, e consequentemente, obter um melhor nivelamento deste equipamento.

6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O capítulo que se segue tem como principal objetivo refletir e expor as conclusões retiradas ao longo do desenvolvimento desta dissertação. Adicionalmente, é referido algumas limitações sentidas ao longo do projeto, como ainda diversas sugestões como trabalho futuro.

6.1. Conclusões

Através da implementação do auxílio de princípios *Lean*, pretendia-se que o objetivo desta dissertação passasse por ajudar a MECALBI em desenhar um sistema *Pull*, que seja capaz de funcionar *mix* de produção, melhorando e otimizando o processo, juntamente com a identificação de desperdícios, que através do desenvolvimento de propostas de melhoria, possam ser reduzidos, ou até mesmo eliminados. De forma a complementar isto, a estrutura ao longo da dissertação foi desenvolvida, de acordo com a metodologia adaptada ao contexto da MECALBI, sendo este, o tema mencionado ao longo de todo o projeto.

Relativamente às conclusões mais importantes observadas com a elaboração deste projeto, estas dividem-se em vários aspetos: à comparação do novo método produtivo (produção em células), com a metodologia seguida anteriormente pela empresa (Montagem clássica), à aplicação das ferramentas *Lean* na otimização do processo, e ainda os benefícios da simulação, num contexto industrial.

Primeiramente, o que se conclui é que notoriamente, uma produção que segue uma metodologia celular permite tornar o processo mais estável, melhorando o seu desempenho. Com a implementação de células de trabalho, verificou-se uma redução significativa na variabilidade dos tempos de montagem. Isto permite standardizar tempos de montagem, permitindo futuramente tomar melhores decisões, particularmente, ao nível do planeamento de produção, onde o nivelamento da produção constitui um dos aspetos pretendidos nesta dissertação. Ao nível dos processos industriais, a identificação de desperdícios e ocorrências verificadas ao longo da produção, em conjunto, com o desenvolvimento de propostas de melhoria permite obter melhorias ao nível do desempenho do processo, qualidade e produtividade. A série de ações de melhoria apresentadas nesta dissertação, para além de

terem como objetivo a prevenção das ocorrências já identificadas, pretendem também diminuir a complexidade do método de montagem, juntamente com o aumento da produtividade e eficiência

Complementarmente, a utilização de diversas ferramentas *Lean*, serviu de apoio para a identificação de *bottlenecks*, e conseqüentemente, para a exploração das suas causas, onde através da implementação de ações de melhoria foi possível melhorar todo o processo. Assim sendo, a aplicação destas ferramentas foram uma mais-valia, num contexto industrial da MECALBI.

Após a modelação do sistema na simulação e avaliando o comportamento das células para os equipamentos do Tipo A sujeitos a este método produtivo, foi possível concluir que o equipamento STCS-EVO500, através da implementação das propostas de melhoria sofridas, ao longo do tempo, refletiram resultado, principalmente no que diz respeito aos tempos de montagem, e conseqüentemente ao nivelamento das células de trabalho. Por outro lado, foi detetado, particularmente no equipamento STCS-VMIR, que este sofria uma elevada variação, em percentagem, na ocupação da carga de trabalho, em consequência, da medição de tempos efetuada. Isto fez-se refletir que o balanceamento das células de trabalho não era o mais adequado, refletindo a pertinência das medidas implementadas ao longo da dissertação. Espera-se que com o desenvolvimento de certas ações de melhoria, esta ocorrência se torne menos significativa.

Por último, em paralelismo do desenvolvimento deste estudo de caso com os aspetos descritos no enquadramento teórico, a metodologia adaptada pela MECALBI segue uma filosofia *Lean*, onde com aplicação dos seus princípios, juntamente com algumas ferramentas *Lean*, onde se verificou melhorias significativas ao nível do desempenho e produtividade, contudo a complexidade de todo o processo, inclusive a montagem dos equipamentos também é um aspeto a ter em conta. Ou seja, é notável que os princípios *Lean* que visam a melhoria continua traz inúmeros benefícios para a empresa, no entanto, é necessário implementá-los, tendo em conta o processo em questão.

6.2. Limitações

Ao longo da elaboração deste projeto foram sentidas algumas limitações, no que diz respeito ao desenvolvimento da metodologia proposta, juntamente com a complexidade

existente nos equipamentos da MECALBI, apresentando diversas dificuldades no que diz respeito ao balanceamento mais adequado das células de trabalho, como resultado da variabilidade sentida nos tempos de montagem dos equipamentos.

Por outro lado, destaca-se limitações ao nível da recolha de dados, pois foi necessário recorrer a dados históricos, de forma a obter uma amostra mais elevada.

6.3. Trabalhos futuros

Como trabalho futuro, sugere-se a implementação e desenvolvimento das ações de melhoria mencionadas, sempre com um pensamento de melhoria contínua, ou seja, ter sempre presente que hoje devemos fazer melhor do que ontem, particularmente ao nível da área da montagem. As análises e estudos realizados focam-se particularmente ao nível da montagem de equipamentos, contudo é importante ter em consideração aspetos organizacionais e humanos. A área em estudo é aquela que recebe mais inputs, pelo que tudo o que acontecerá anteriormente influenciará bastante o bom funcionamento e produtividade desta zona, e por isso é necessário ter em consideração este aspeto. Relativamente à implementação de propostas de melhorias, é necessário realizar um estudo prévio sobre a sua execução e o impacto que poderá ter na empresa, estabelecendo objetivos o quem será responsável pelos mesmos.

Outra sugestão para o futuro diz respeito ao quadro *Kaizen*. O protótipo atualmente realizado encontra-se em papel, e como tal, sugere-se que este evolua para um quadro magnético, com a vantagem de poder afixar materiais com imanes, pelo que a remoção e adição de informação torna-se mais fácil, melhorando a comunicação interna e a organização de tarefas. Para além disso, não foram introduzidos mais tópicos no quadro *Kaizen*, devido à restrição de espaço, e por isso, sugere-se no futuro que se acrescente possíveis aspetos que se considerem pertinentes, como por exemplo, percentagem de produtividade e taxa de utilização, ou ainda dar ênfase a ocorrências sentidas frequentemente, como faltas de material, por exemplo. Com a mudança de instalações, propõe-se também um espaço mais formal e adequado para a realização das reuniões *Kaizen*.

Para além disso, como trabalho futuro, propõe-se o estudo detalhado, relativamente ao comportamento do sistema de simulação, como um todo, de forma analisar o sistema da MECALBI, fazendo isto para todos os equipamentos standard existentes. Posto isto, seria

bastante interessante analisar o nível de serviço do número de trabalhadores, destinados à área de montagem, permitindo avaliar se a MECALBI vai ao encontro da filosofia *Lean*, pois uma taxa de serviço reduzida, não segue uma filosofia *Lean*.

Complementarmente, seria interessante realizar diversos cenários, variando o número de operadores, verificando o impacto que a redução ou o aumento do número de operadores teria no comportamento, como o da MECALBI. Fora isto, uma vez já mencionado que existe 2 grupos de operadores distintos, relativamente à realização de tarefas de montagem eletromecânica, significa que nem todos os operadores podem efetuar essas tarefas. Desta forma, como trabalho futuro, propõe-se estudar o impacto que se teria no output do processo, caso a MECALBI investisse numa formação intensiva que transformasse todos operadores não experientes em experientes, passando a não haver distinções entre trabalhadores. Ou seja, que conclusões seriam possíveis de retirar, caso a empresa investisse num treino intensivo, relativamente às tarefas de montagem, fazendo com que todos os operadores realizassem todo o tipo de equipamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

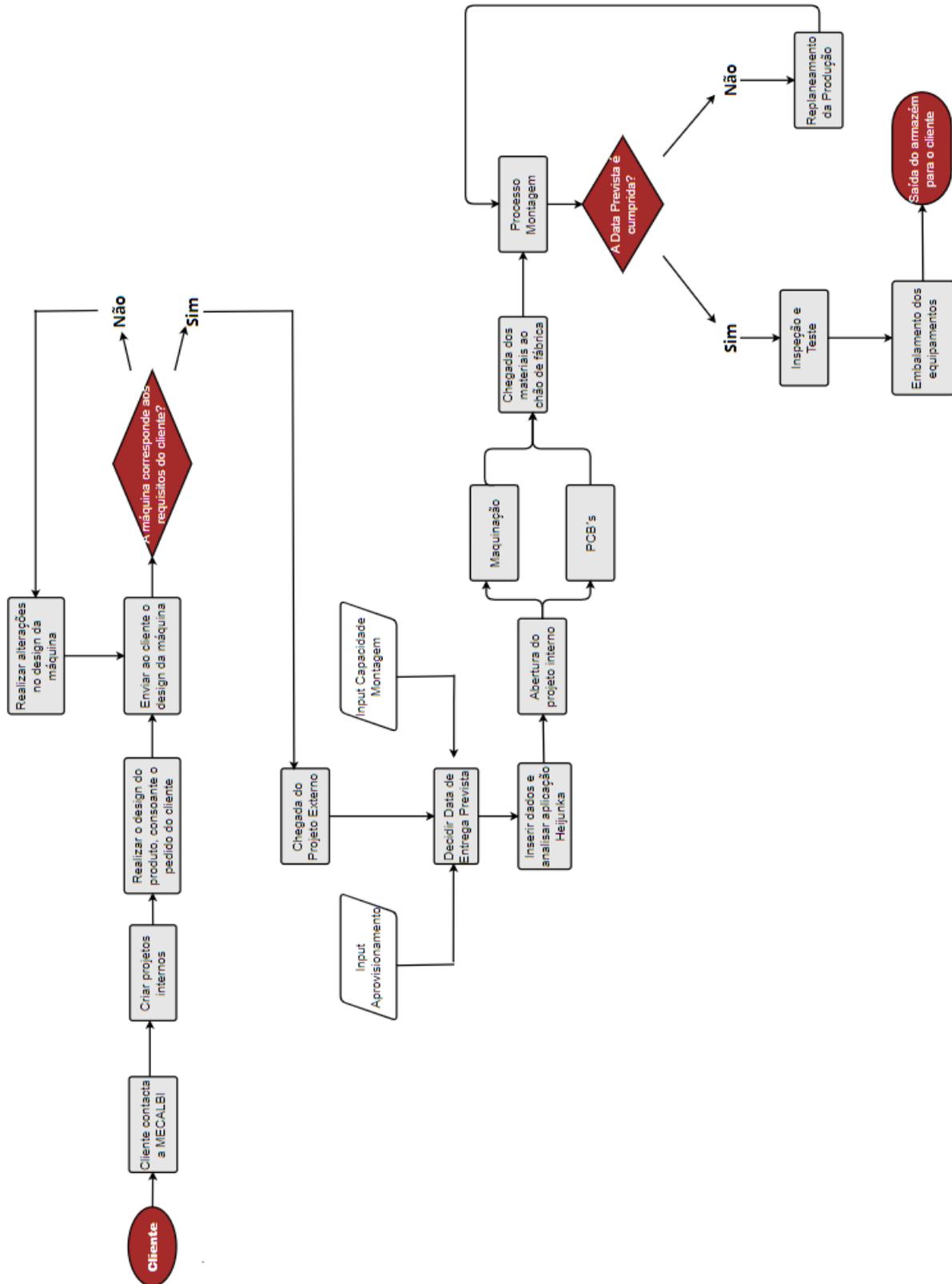
- Agrahari, R.S., Dangle, P.A., & Chandratre, K.V. (2015). "Implementation Of 5S Methodology in The Small-Scale Industry: A Case Study". *INTERNATIONAL OF JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECNOLOGY RESEARCH*, 4(04), pp.180-187.
- Bajic, B., Rikalovic, A., Suzic, N., & Piuri, V. (2021), "Industry 4.0 Implementation Challenges and Opportunities": *A Managerial Perspective. IEEE Systems Journal*, , pp. 1-14.
- Bonney, M.C, Zhang, Z., Head, M.A, Tien, C.C., & Barson, R.J. (1999), "Are push and pull systems really so different?". *International Journal of Production Economics*, 59, pp. 53-64.
- Carvalho, C.P., Carvalho, D.S., & Silva, M.B. (2019). "Value stream mapping as a lean manufacturing tool: A new account approach for cost saving in a textile company", *International Journal of Production Management and Engineering*, 7(1), pp.1-12.
- Chakraborty, A. (2016). "Importance of PDCA cycle for SMEs". *SSRG International Journal of Mechanical Engineering*, 3(5), pp. 13-17.
- Citeve (2012). "Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV", pp.1-24.
- Correia, D., Silva, F.J, 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, pp. 663-671.
- CRW, Consultoria e Treinamento Empresarial (2015). "Filosofia Kaizen". <http://www.crwconsultoria.com.br/filosofia-kaizen/>.
- Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G., & Sartor, M. (2020). "Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions". *International Journal of Production Economics*, pp. 226.
- Dennis, P. (2007). "Lean production simplified". *New York: Productivity Press*.
- Feng, P.P., & Ballard, G. (2008). "STANDARD WORK FROM A LEAN THEORY PERSPECTIVE", *International Group for Lean Construction*, pp.1-11.
- Gadelha, F.C., Bessa, J.A., Moura, L.B., Barroso, D.A., Menezes, J.W.M., & Alexandria, A.R. (2015). "Alteração de um layout funcional para layout celular motivado pelos

- fundamentos da Manufatura enxuta: Estudo de caso em indústria de transformadores. *Holos*, 31(6), pp. 157-169.
- Garza, T.V., Villarreal, B., Cabrera, A., Ceballos, L., Muraira, E., Rodriguez, D., & Tamez, L. (2012). "A Standardized Work Methodology to Increase Manufacturing Productivity", The 1st Industrial and Systems Engineering World Conference Proceedings, pp. 1-9.
- George, M.L, Rowlands, D., Price, M., & Maxey, J. (2005). "Lean Six Sigma Pocket ToolBook", *McGraw-Hill*.
- Graves, R.J., Konopka, J.M., & Milne, R.J. (1995). "Literature review of material flow control mechanisms", *Production Planning and Control*, 6(5), pp. 395-403.
- Imai, M. (2014). "GEMBA KAIZEN- Uma Abordagem de bom senso à estratégia de melhoria continua", *Bookman*, pp.1-424.
- Joines, J.A., & Roberts, S.D. (2013). "SIMULATION MODELING WITH SIMIO: A WORKBOOK", North Carolina State University, 3, pp. 1-392.
- Kaizen Institute (2015). "Compreender os 5 Princípios KAIZEN™ Lean". <https://pt.kaizen.com/produtos/artigo-dominar-fundamentos-kaizen>.
- Khan, I. A. (2011). "Kaizen: The Japanese Strategy for Continuous Improvement". *VSRD International Journal of Business & Management Research*, 1(3), pp. 177-184.
- Lage Júnior, M., & Godinho Filho, M. (2010). "Variations of the kanban system: Literature review and classification", *International Journal Production Economics*, 125(1), pp.13-21.
- Liliana, L. (2016). "A new model of Ishikawa diagram for quality assessment". *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161, pp. 1-7.
- Lima, P.R.B, & Martins, V.W.B. (2017). "Sistema lean para otimização de recursos em uma indústria moveleira: estudo de caso com foco nas ferramentas da produção enxuta", *Revisão Gestão Industrial*, 13(3), pp.112-140.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. In *Journal of Industrial Information Integration*, 6, pp. 1–10.
- Melton (2005). THE BENEFITS OF LEAN MANUFACTURING What Lean Thinking has to Offer the Process Industries, *Icheme Journals*, 83(A6), pp. 662-673.
- Metternich, J., Bechtloff, S., & Sifermann, S. (2013). "Efficiency and Economic Evaluation of Cellular Manufacturing to enable Lean Machining", *SciVerse ScienceDirect*, pp. 592-597.

- Ohno, T. (1988). “Toyota production system: beyond large-scale production”, *Original Japanese*, Tokyo, pp. 1-195.
- Okpala, C.C. (2014). “TACKLING MUDA – THE INHERENT WASTES IN MANUFACTURING PROCESSES”, *International Journal of Advanced Engineering Technology*, 5(6), pp.1-6.
- Okpala, C.C, Ogbodo, I., Igbokwe, N., & Ogbodo, E. (2020). “The Implementation of Kaizen Manufacturing Techniques: A Case of a Tissue Manufacturing Company”, *IJESC*, 10(5), pp.2-13.
- Pieńkowski, M. (2014). “Waste Measurement Techniques For Lean Companies”. *International Journal of Lean Thinking*, 5(1), pp. 2-16.
- Rahmana, N.A.A., Sharifb, S.M., Esac, M.M. (2013). “Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation”, *Procedia Economics and Finance*; 7, pp. 174-180.
- Rohac, T., & Januska M. (2015). “Value Stream Mapping Demonstration on Real Case Study, *Procedia Engineering*, pp.520-529.
- Shingo, S., & Dillon, A.P. (1989). “A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint”, Revised Edition, pp.1-153.
- Shishir Bhat, B.N. (2008). “Cellular Manufacturing- The Heart of Lean Manufacturing”, *Advances in C Production Engineering & Management*, 3, pp. 171-180.
- Shook, J. (2010), “How to Change a Culture: Lessons of NUMMI”, *MITSloan Management Review*, 51, pp. 1-8.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). “Toyota techniques to production systems and Kanban system Materialization of just-in-time and respect for human systems”, *The International Journal of Production Research*, pp. 1-13.
- Sundar, R., Balaji, A. N., & Kumar, R. M. S. (2014). “A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*”, 97, pp. 1875–1885.
- Teian, K. (1992). “Guiding Continuous Improvement Through Employee Suggestions. Productivity Press”, Portland, EUA.
- Thürer, M., Tomašević, I., & Stevenson, M. (2016). “On the Meaning of ‘Waste’: Review and Definition”.

- Torabi, S.A, Hatefi, S.M, Saleck, Pay B. (2012). “ABC inventory classification in the presence of both quantitative and qualitative criteria”, *Computers & Industrial Engineering*, 63(2), pp. 530-537.
- Wakode, R.B., Raut, L.P., & Talmale, P. (2015). “Overview on Kanban Methodology and its Implementation”, *International Journal for Scientific Research and Development*, 3(2).
- WEMMERLOV, & JOHNSON, D.J. (1997). “Cellular manufacturing at 46 user plants: Implementation experiences and performance improvements, 35, pp. 29-49.
- Womack, J. P., & Jones, D. (2003). “Lean Thinking. Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation”.
- Wong, K.C., Woo, K.Z., Woo, K.H. (2016). “Quality Improvement in Behavioral Health”, *Springer International*, pp. 119-132.
- Yang, F., & Gu, S. (2021). “Industry 4.0, a revolution that requires technology and national strategies. *Complex & Intelligent Systems*”, 7(3), pp. 1311–1325.

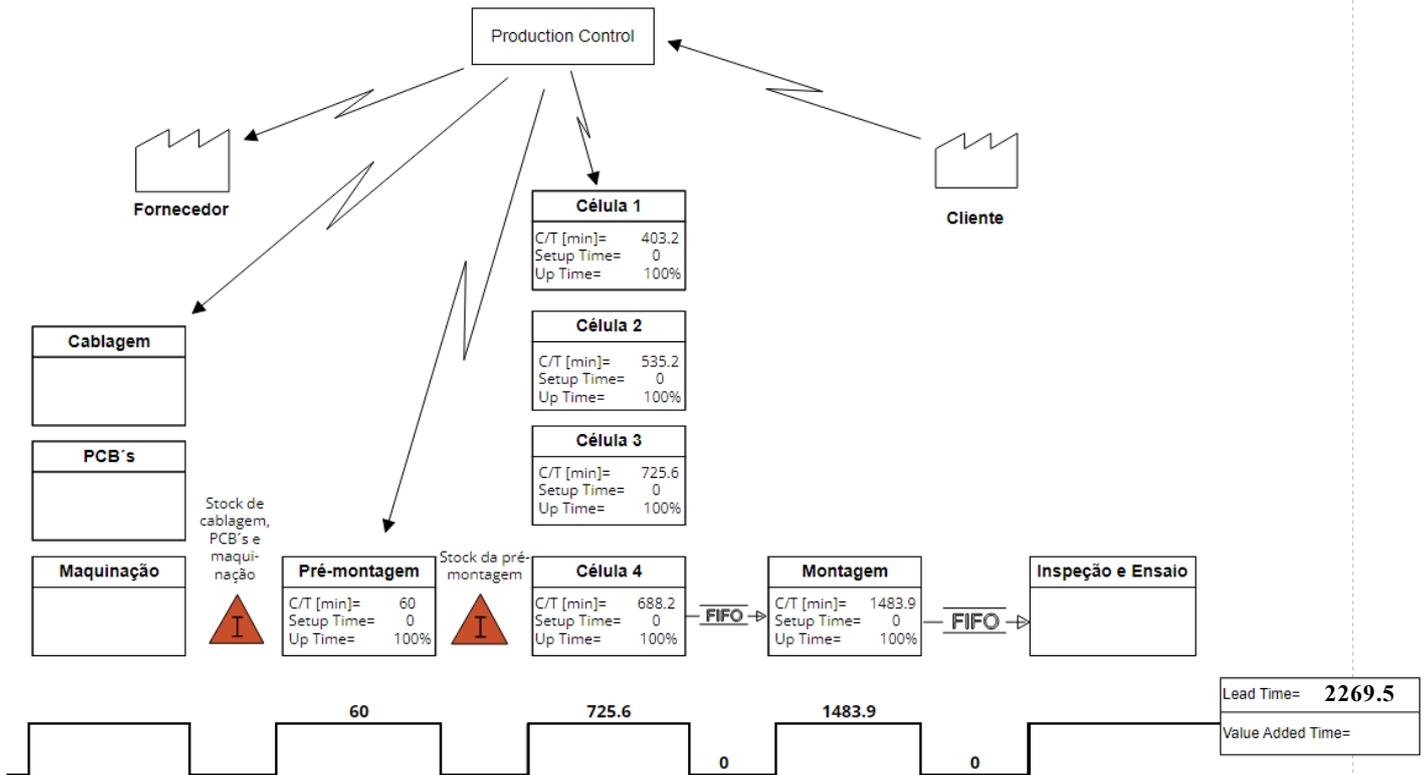
ANEXO A- FLUXOGRAMA DOS PROCESSOS MECALBI



ANEXO B- TEMPO MÉDIO DE MONTAGEM PARA OS EQUIPAMENTOS SUJEITOS AO ASSEMBLY CLÁSSICO

Máquina	Tempo Médio Montagem [min]
STCS-B	241
STCS-L	421
STCS-PHD	531
STCS-VM	403
STCS-CS 19	770
STCS-RT	1500
STCS-BM3	250
STCS-CRT	2100
STCS-PT	123
STCS-LC	1800
STCS-BLT	418
STCS-CS 14	680
STCS-BM2	250
STCS-RT TS	1500
PUR - Rework Station	3000
STCS-CT	500
STCS-PHDir	958
STCS-BM3 DPS	255
STCS-BLTTS	372
STCS-evo500-B	578
STCS-VMir-B	608
STCS-LCXL	3900
STCS-evo500 MX	540
STCS-ISAC14	500
STCS-RCMM	2243
STCS-HM400	3595
STCS-CST	3000
STCS-MYX	5418
STCS-VMir+S	1500

APÊNDICE A- VALUE STREAM MAPPING TO BE



APÊNDICE B - CARTÕES *KAMISHIBAI*

Cartão Kamishibai	
1	No posto de trabalho, apenas se encontra o material necessário para a realização da tarefa.
2	O material utilizado encontra-se em bom estado.
3	Luzes, computadores, tablets, fontes de aquecimento, entre outros são totalmente desligados ao fim do dia.
4	As áreas de trabalho encontram-se organizadas, limpas e bem conservadas.
5	Corredores de circulação estão sempre livres.
6	Saídas de emergência e extintores de fácil acesso e sinalização adequada.
7	Lixo/reciclagem devidamente separado.
8	Todas as áreas se encontram devidamente identificadas.
9	EPI's apresentáveis e usados adequadamente.
10	Tarefas são realizadas em segurança.

Cartão Kamishibai	
1	No posto de trabalho, apenas se encontra o material necessário para a realização da tarefa.
2	O material utilizado encontra-se em bom estado.
3	Luzes, computadores, tablets, fontes de aquecimento, entre outros são totalmente desligados ao fim do dia.
4	As áreas de trabalho encontram-se organizadas, limpas e bem conservadas.
5	Corredores de circulação estão sempre livres.
6	Saídas de emergência e extintores de fácil acesso e sinalização adequada.
7	Lixo/reciclagem devidamente separado.
8	Todas as áreas se encontram devidamente identificadas.
9	EPI's apresentáveis e usados adequadamente.
10	Tarefas são realizadas em segurança.

APÊNCICE C- OCORRÊNCIAS ENUNCIADAS NAS REUNIÕES KAIZEN

Máquina associadas	Ocorrências identificadas	Ações de Melhoria
STCS-CST	Erros ou falta de informação nas instruções de montagem	Atualização das instruções de montagem
STCS-VMIRPLUS	Problemas detetados com os testes elétricos	Atualização dos testes elétricos
STCS-RCM	Problemas com o balanceamento das células de trabalho	Realização de novo estudo de tempos e acompanhamento por observação nas futuras produções
STCS-VMIR+UV	Lista de material desatualizada e com erros	Garantir que na próxima produção, a lista de material e instrução de cablagem se encontrem atualizadas
-	Caixas encontradas vazias nas células de trabalho	Realização de um estudo de uma rota específica com os aprovisionamentos
	Falta de informação nas instruções de cablagem e de material	Atualização das instruções de cablagem e das respetivas listas de material
Máquinas do tipo A produzidas em células	Falta de material/ excesso de material nas células de trabalho	Análise e estudo detalhado com o armazém
Máquinas do tipo A produzidas em células	Caixas de identificação dos kits trocadas entre células ou mal identificadas	Análise e estudo detalhado com o armazém
	Falta de ponteiras específicas para cabo de 0.5mm	Procurar no mercado a substituição das ponteiras atuais

APÊNDICE D- CÁLCULO DO INTERVALO DE CHEGADAS PARA OS EQUIPAMENTOS DO TIPO B&C

Máquinas do Tipo B e C				
Máquinas	Quantidade	Tempo médio de montagem/máq [h]	Tempo Médio de montagem/máq [min]	Intervalo de Chegadas [min]
STCS-B	31	4,02	241,00	4732,26
STCS-L	19	7,02	421,00	7721,05
STCS-PHD	9	8,85	531,00	16300,00
STCS-VM	16	6,72	403,00	9168,75
STCS-CS 19	51	12,83	770,00	2876,47
STCS-RT	47	25,00	1500,00	3121,28
STCS-BM3	132	8,33	500,00	1111,36
STCS-CRT	16	35,00	2100,00	9168,75
STCS-PT	18	2,05	123,00	8150,00
STCS-LC	9	30,00	1800,00	16300,00
STCS-BLT	36	6,97	418,00	4075,00
STCS-BM2	39	4,17	250,00	3761,54
STCS-RT TS	16	25,00	1500,00	9168,75
PUR - Rework Station	3	50,00	3000,00	48900,00
STCS-PHDir	1	8,33	500,00	146700,00
STCS-BM3 DPS	26	15,97	958,00	5642,31
STCS-BLTTS	10	4,25	255,00	14670,00
STCS-evo500-B	18	6,20	372,00	8150,00
STCS-VMir-B	4	9,63	578,00	36675,00
STCS-LCXL	1	10,13	608,00	146700,00
STCS-evo500 MX	0	65,00	3900,00	0,00
STCS-ISAC14	77	9,00	540,00	1905,19
STCS-RCMM	0	37,38	2243,00	0,00
STCS-HM400	4	59,92	3595,00	36675,00
STCS-CST	10	50,00	3000,00	14670,00
STCS-MYX	11	90,30	5418,00	13336,36
STCS-VMir+S	19	25,00	1500,00	7721,05