



Aplicação de Lean Manufacturing no desenho e montagem de transelevadores

ANDRÉ DE SÁ FERREIRA GERALDES

novembro de 2019

APLICAÇÃO DE LEAN MANUFACTURING NO DESENHO E MONTAGEM DE TRANSELEVADORES

André de Sá Ferreira Geraldés
1111059

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

APLICAÇÃO DE LEAN MANUFACTURING NO DESENHO E MONTAGEM DE TRANSELEVADORES

André de Sá Ferreira Geraldés
1111059

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação de Doutor Francisco José Gomes da Silva, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto, e Coorientado pelo Especialista José Carlos Vieira de Sá, Professor Adjunto Convidado o Departamento de Engenharia Mecânica do ISEP – Instituto Superior de Engenharia do Porto.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

JÚRI

Presidente

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

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Especialista José Carlos Vieira de Sá
Professor Adjunto Convidado, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Ângela Maria Esteves da Silva
Professor Adjunto, Instituto Politécnico de Viana do Castelo

AGRADECIMENTOS

A todos os meus professores, desde o primeiro dia em que entrei numa escola até ao dia de hoje.

Ao professor Francisco J. G. Silva, pela orientação e todo o apoio que me deu durante a execução desta dissertação.

Um agradecimento também à empresa Consoveyo, S.A. por permitir a realização desta dissertação e, em especial, a todos os colegas que contribuíram de uma forma ou de outra para a realização da mesma.

Por fim, e mais importante, quero agradecer, aos meus pais, Amadeu e Rita, por tudo o que me inculcaram e pelas oportunidades que me deram, à minha irmã, Raquel, pelo apoio incondicional, à minha esposa, Paula, e ao meu filho, Bernardo, pelo apoio, força, paciência e incentivo que me deram e tiveram ao longo deste tempo.

PALAVRAS CHAVE

Logística, Transelevadores, AS/RS, *Lean*, Oito formas de desperdício, VSM, *Standardized Work*, 5S, SMED, *Poka Yoke*, Fluxograma, *Brainstorming*, *Payback*, Transporte, Movimento, Esperas, Processamento impróprio/defeituoso, Retrabalho ou defeito.

RESUMO

No panorama empresarial atual, cada vez mais é exigido às empresas uma grande eficácia e eficiência, para que possam ser competitivas e manterem-se dessa maneira no Mercado. Para tal, é necessário que todos os métodos de trabalho da empresa se espelhem nestes valores.

Neste seguimento, a presente dissertação tem como principal objetivo a melhoria do processo de montagem de um transelevador, equipamento integrante de um armazém automático, através da aplicação de técnicas *Lean*.

Para que o objetivo desta dissertação fosse atingido, iniciou-se a mesma por um enquadramento teórico sobre o equipamento estudado, onde é aplicado e quais as suas funções, abordando o tema da logística, e também fazendo uma introdução às metodologias *Lean* aplicadas durante o desenvolvimento. Foi de seguida feito um levantamento do processo atual e escolhida qual a técnica que melhor se aplicava à melhoria do processo.

Tendo em conta a análise do processo atual através da elaboração de um VSM, e consequente sequência de operações, e com base nos artigos estudados, foi implementada a técnica das Oito formas de desperdício, com o objetivo de identificar os diferentes tipos de desperdício, tendo sido identificados cinco desperdícios. Para uma mais fácil resolução destes desperdícios, estes foram abordados e estudados individualmente, aplicando a cada um deles, outras técnicas *Lean* (*Standardized Work*, 5S, SMED, *Poka Yoke* e Fluxograma), com vista à eliminação dos mesmos. A aplicação destas técnicas traduziu-se numa redução total do tempo de montagem de 44,5 h e 13% em material.

Para finalização do estudo, foi realizado um cálculo do *payback* por máquina, sendo precisas 21 máquinas para recuperar o investimento.

Para além dos resultados positivos comprovados, pudemos aferir também, a partir desta dissertação, que as ferramentas *Lean* são extremamente úteis e poderosas, quando aplicadas da maneira correta.

KEYWORDS

Logistics, Stacker Cranes, AS/RS, Lean, Eight Ways of Waste, VSM, Standardized Work, 5S, SMED, Poka Yoke, Flowchart, Brainstorming, Payback, Transportation, Inventory, Motion, Waiting, Improper/Defective Processing, Rework or Defects

ABSTRACT

In today's business landscape, companies are increasingly required to be highly effective and efficient so that they can be competitive and stay that way in the marketplace. This requires that all of the company's working methods reflect these values.

The main objective of this dissertation is to improve the process of assembling a stacker crane, an equipment that is part of an automatic warehouse, through the application of Lean techniques.

In order to achieve the objective of this dissertation, it began by doing a theoretical framework about the equipment studied, where it is applied and what are their functions, addressing the logistics theme and also making an introduction to the lean methodologies applied during the development. A research of the current process was then done and the technique which best fits to process improvement was chosen.

Taking into account the analysis of the current process through the elaboration of a VSM, and consequent sequence of operations, and based on the articles studied, the Eight Waste Forms technique was implemented in order to identify the different types of waste, having five wastes identified. For an easier resolution of these wastes, they were approached and studied individually, applying to each of them other Lean techniques (Standardized Work, 5S, SMED, Poka Yoke and Flowchart), in order to their elimination. The application of these techniques resulted in a total assembly time reduction of 44,5 h and a 13% reduction in material.

In order to complete this study, a payback calculation per machine was made, concluding that are required 21 machines to recover the investment.

In addition to the proven positive results, we can also verify from this dissertation that Lean tools are extremely useful and powerful when correctly applied.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

AGV	Veículo guiado automaticamente (<i>“Automated Guided Vehicle”</i>)
AS/RS	Armazém automáticos e sistema de armazenamento (<i>“Automated Storage And Retrieval Systems”</i>)
ASME	Sociedade americana de engenheiros mecânicos (<i>“The American Society of Mechanical Engineers”</i>)
COF	Coeficiente de atrito
I/O	Usado para definir pontos de entrada e saída (<i>“Input/Output”</i>)
OEE	Índice de Performance Operacional Global (<i>“Overall Equipment Effectiveness”</i>)
OMV	Sistema de transporte aéreo por carril (Eletrovias) (<i>“Overhead Monorail System”</i>)
PDCA	Planear-Agir-Verificar-Agir (<i>Plan-Do-Check-Act</i>)
PIE	Plano inspeção e ensaio
Q.E.	Quadro eléctrico
RGV	Veículo guiado por carril (<i>“Rail Guided Vehicle”</i>)
S/R	Armazenamento e recolha (<i>“Storage and Retrieval”</i>)
SCM	Gestão da cadeia de abastecimento (<i>“Supply Chain Management”</i>)
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
STK	<i>Stacker Crane</i> (Transelevador)
SWOT	Forças, Fraquezas, Oportunidades, Ameaças (<i>“Strengths, Weakness, Opportunities, Threats”</i>)
TPM	Manutenção Produtiva Total (Avaria zero, defeito zero, acidente zero) (<i>“Total Productive Maintenance”</i>)
TPS	<i>Toyota Production System</i>
VSM	Mapeamento do fluxo de valor (<i>“Value Stream Mapping”</i>)

Lista de Unidades

m	Metro
mm	Milímetro
kg	Quilograma
h	Hora
€	Euro

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Push-pull</i>	Empurrar e/ou puxar cargas
Máquinas S/R	Máquinas de armazenamento e recolha (<i>storage/retrieval</i>)
ATEX	Zonas com atmosferas explosivas
<i>Picking</i>	Processo de separação e preparação dos pedidos, para que eles cheguem corretamente até o consumidor.
<i>Lead-time</i>	Tempo de entrega
<i>Benchmarking</i>	Processo de comparação de produtos, serviços e práticas empresariais
<i>Just in Time</i> (JIT)	Sistema de gestão da produção que determina que tudo deve ser produzido, transportado ou comprado na hora exacta. Pode ser aplicado em qualquer organização, para reduzir <i>stock</i> e os custos associados.
<i>Kanban</i>	Cartão (ou outro dispositivo) de sinalização que controla os fluxos de produção ou transportes numa indústria, sinalizando ou não a necessidade.
<i>Stakeholders</i>	Público estratégico e descreve uma pessoa ou grupo que tem interesse numa empresa, negócio ou indústria, podendo ou não ter feito um investimento neles.
<i>Kaizen</i>	Melhoria Contínua
<i>Lean</i>	Significa maximizar o valor para o cliente e minimizar o desperdício

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - IMPORTÂNCIA DA LOGÍSTICA DENTRO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO	6
FIGURA 2 - ILUSTRAÇÃO DA GESTÃO DA CADEIA DE ABASTECIMENTO	6
FIGURA 3 - OPORTUNIDADES DE MELHORIA COM A APLICAÇÃO DA INTRALOGÍSTICA	7
FIGURA 4 - EXEMPLO DE UM ARMAZÉM NÃO AUTOMATIZADO	8
FIGURA 5 - EXEMPLO DE UM ARMAZÉM AUTOMÁTICO	8
FIGURA 6 - AS PRINCIPAIS VANTAGENS DE UM SISTEMA AS/RS [16]	11
FIGURA 7 - EXEMPLO DE UM SISTEMA DE ARMAZENAMENTO [115]	11
FIGURA 8 - TIPOS DE ESTANTES	14
FIGURA 9 - ESTANTE DE SIMPLES PROFUNDIDADE (A) E MÚLTIPLA PROFUNDIDADE (B) [6]	15
FIGURA 10 - ESTANTE DINÂMICA LINEAR (A) E ROTATIVA (B) [6]	15
FIGURA 11 - TIPO DE AS/RS E RESPETIVAS MÁQUINAS S/R	16
FIGURA 12 – FUNCIONAMENTO DE TRANSELEVADOR NUM AS/RS	16
FIGURA 13 – ESTRUTURAS PRINCIPAIS DE UM TRANSELEVADOR	17
FIGURA 14 - <i>MINI LOAD</i>	18
FIGURA 15 - EXEMPLO AS/RS DE MÚLTIPLA PROFUNDIDADE	18
FIGURA 16 - PLATAFORMA COM SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE CARGA - MULTIPLA PROFUNDIDADE	19
FIGURA 17 - CARRO SATÉLITE	19
FIGURA 18 – APLICAÇÃO DO SISTEMA CARRO SATÉLITE	20
FIGURA 19 - CARRO SATÉLITE E CARRO DE TRANSPORTE	20
FIGURA 20 - EXEMPLO DE ARMÁRIO AUTOMÁTICO	20
FIGURA 21 - ARMAZÉM COM PONTOS I/O EM LADOS OPOSTOS DA ALA	21
FIGURA 22 - ARMAZÉM COM PONTOS I/O DO MESMO LADO DA ALA	21
FIGURA 23 - EQUIPAMENTOS PERIFÉRICOS- GRUPOS E SUBGRUPOS	22
FIGURA 24 - EXEMPLO DE UM ROBÔ	30
FIGURA 25 - ILUSTRAÇÃO TPS ATUAL DA TOYOTA	32
FIGURA 26 - CASA DO TPS, ADAPTADO LIKER (2004)	33
FIGURA 27 - PRINCÍPIOS DO PENSAMENTO <i>LEAN</i>	35
FIGURA 28 - OS 7 DESPERDÍCIOS DE OHNO [60]	38
FIGURA 29 - OS OITO TIPOS DE DESPERDÍCIOS [71]	38
FIGURA 30 - EXEMPLO <i>VSM</i> [60]	39
FIGURA 31 - OS 5S [60]	43
FIGURA 32 - FATORES INTERNOS/EXTERNOS NA ANÁLISE <i>SWOT</i>	49
FIGURA 33 - QUADRO REPRESENTATIVO DE ANÁLISE <i>SWOT</i> .	50
FIGURA 34 – SIMBOLOGIA DOS FLUXOGRAMAS	52
FIGURA 35 – CRONOLOGIA DA EMPRESA	62
FIGURA 36 - CONSTITUIÇÃO DO GRUPO KORBER LOGISTICS	63
FIGURA 37 - TRANSELEVADOR E SUBCONJUNTOS	64
FIGURA 38 - SEQUÊNCIA DE MONTAGEM GERAL TRANSELEVADOR	65
FIGURA 39 – <i>LAYOUT</i> GERAL ATUAL FÁBRICA (COM SETAS DE FLUXO A VERMELHO)	108

FIGURA 40 - LAYOUT GERAL PROPOSTO PARA FÁBRICA (COM SETAS DE FLUXO A VERMELHO)	109
FIGURA 41 – PORMENOR DO <i>LAYOUT DA NAVE ALTA</i>	109
FIGURA 42 - VSM (PARTE 1)	149
FIGURA 43 - VSM (PARTE 2)	150

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - AS TRÊS CARACTERÍSTICAS DE UM SISTEMA INTEGRADO	9
TABELA 2 - PRINCIPAIS VANTAGENS DE UM SISTEMA INTEGRADO	10
TABELA 3 - TIPOS DE ESTRUTURAS USADAS PARA NORMALIZAR AS CARGAS	12
TABELA 4 - TIPOS DE TRANSPORTADORES	23
TABELA 5 - TIPOS DE PONTES ELEVATÓRIAS	25
TABELA 6 - TIPOS DE EMPILHADORES	26
TABELA 7 - TIPOS DE VEÍCULOS DE TRANSPORTE AUTÓNOMOS	28
TABELA 8 - TIPOS DE MESAS DE POSICIONAMENTO	29
TABELA 9 - AS VANTAGENS DA UTILIZAÇÃO DE ROBÔS	30
TABELA 10 - OS DOIS TIPOS DE SOLUÇÃO PARA <i>PICKING</i>	31
TABELA 11 - DEFINIÇÕES DE <i>LEAN</i> VS. AUTORES	33
TABELA 12 - OS CINCO PRINCÍPIOS FUNDAMENTAIS DO PENSAMENTO <i>LEAN</i> [62] [63]	34
TABELA 13 - OS SETE TIPOS DE DESPERDÍCIO	35
TABELA 14 - TRÊS EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA - SETE FORMAS DE DESPERDÍCIO	37
TABELA 15 - AS TRÊS ETAPAS DO <i>VSM</i>	39
TABELA 16 - TRÊS EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA - <i>VSM</i>	40
TABELA 17 - OS TRÊS ELEMENTOS CHAVE DO <i>STANDARDIZED WORK</i>	41
TABELA 18 - TRÊS EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA – <i>STANDARDIZED WORK</i>	42
TABELA 19 - AS CINCO PRÁTICAS DO <i>5S</i>	43
TABELA 20 - TRÊS EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA – <i>5S</i>	44
TABELA 21 - OS DOIS TIPOS DE "TEMPO" DEFINIDO POR SHINGO	45
TABELA 22 - QUATRO EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA – <i>SMED</i>	46
TABELA 23 - MÉTODOS DE APLICAÇÃO DO <i>POKA YOKE</i>	47
TABELA 24 - QUATRO EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA – <i>POKA-YOKE</i>	48
TABELA 25 - AS QUATRO VARIÁVEIS DA ANÁLISE <i>SWOT</i>	50
TABELA 26 - TRÊS EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA – ANÁLISE <i>SWOT</i>	51
TABELA 27 - TRÊS EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA – FLUXOGRAMA	53
TABELA 28 - OS TRÊS PASSOS DO <i>BRAINSTORMING</i>	54
TABELA 29 - TRÊS EXEMPLOS DE ARTIGOS EM QUE FOI APLICADA A TÉCNICA – <i>BRAINSTORMING</i>	56
TABELA 30 - SEQUÊNCIA DE MONTAGEM DOS SUBGRUPOS	66
TABELA 31 - DESCRIÇÃO DETALHADA DO PROCESSO	68
TABELA 32 - DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS NA FASE DE MONTAGEM	95
TABELA 33- TABELA <i>BRAINSTORMING</i> DE IDEIAS PARA ELIMINAÇÃO DOS DESPERDÍCIOS	100
TABELA 34 – FILTRO DE IDEIAS PARA RESOLUÇÃO DO DESPERDÍCIO - TRANSPORTE	103
TABELA 35 – FILTRO DE IDEIAS PARA RESOLUÇÃO DO DESPERDÍCIO - MOVIMENTO	104
TABELA 36 – FILTRO DE IDEIAS PARA RESOLUÇÃO DO DESPERDÍCIO - ESPERAS	105
TABELA 37 – FILTRO DE IDEIAS PARA RESOLUÇÃO DO DESPERDÍCIO – PROCESSAMENTO IMPRÓPRIO / DEFEITUOSO	106

TABELA 38 – FILTRO DE IDEIAS PARA RESOLUÇÃO DO DESPERDÍCIO – RETRABALHO OU DEFEITO	107
TABELA 39 - FILTRO DE IDEIAS PARA RESOLUÇÃO DO DESPERDÍCIO – RECURSOS HUMANOS	107
TABELA 40 - TAREFAS DE TRANSPORTE	108
TABELA 41 - TEMPO DE POUPANÇA ESTIMADO POR TAREFA	110
TABELA 42 - TAREFAS DE MOVIMENTO	111
TABELA 43 – ALTERAÇÕES PROPOSTAS ATENDENDO A DESPERDÍCIOS DE MOVIMENTO	112
TABELA 44 - TEMPO DE POUPANÇA ESTIMADO POR MELHORIA	114
TABELA 45 - ALTERAÇÕES PROPOSTAS ATENDENDO A DESPERDÍCIOS DE ESPERAS	115
TABELA 46 - ALTERAÇÕES PROPOSTAS ATENDENDO A DESPERDÍCIOS DE PROCESSAMENTO IMPRÓPRIO/DEFEITUOSO	116
TABELA 47 - TAREFAS PASSIVEIS DE RETRABALHO OU DEFEITO	117
TABELA 48 – ALTERAÇÕES PROPOSTAS ATENDENDO A DESPERDÍCIOS DE RETRABALHO OU DEFEITO	117
TABELA 49 - TEMPO DE POUPANÇA ESTIMADO POR TAREFA	118
TABELA 50 - ALTERAÇÕES PROPOSTAS ATENDENDO A DESPERDÍCIOS DE RECURSOS HUMANOS	119
TABELA 51 - DEFINIÇÃO DOS GRAUS DE SATISFAÇÃO	120
TABELA 52 - ANÁLISE DAS IDEIAS ESCOLHIDAS	121
TABELA 53 - TEMPO TOTAL GASTO EM DESPERDÍCIOS IDENTIFICADOS	122
TABELA 54 - REDUÇÃO DE DESPERDÍCIO ESTIMADO	123
TABELA 55 - PREÇO HORA OPERADOR E PREÇO TOTAL MATERIAL	123
TABELA 56 - IDENTIFICAÇÃO DAS IDEIAS APLICADAS	125
TABELA 57 - TABELA COMPARATIVA DE RESULTADOS	126
TABELA 58 - TABELA DE OBJETIVOS	133
TABELA 59 - PROPOSTAS DE TRABALHO FUTURO	134

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Metodologia	2
1.4	Estrutura da dissertação	2
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1	Logística e cadeia de abastecimento	5
2.1.1	História da logística	5
2.1.2	Logística na cadeia de abastecimento.....	6
2.2	Intralógica.....	7
2.2.1	Armazéns automáticos.....	8
2.2.2	Integradores de sistema.....	9
2.3	Sistemas de armazenamento.....	10
2.3.1	Estantes	14
2.3.1.1	Estantes estacionárias	15
2.3.1.2	Estantes dinâmicas	15
2.3.2	Máquinas S/R	16
2.3.2.1	Transelevador	16
2.3.2.2	Transelevador – <i>Mini Load</i>	18
2.3.2.3	Transelevador com carro satélite	18
2.3.2.4	Carro satélite.....	19
2.3.2.5	Sistema com elevador.....	20
2.3.3	Pontos I/O	21
2.3.4	Equipamentos periféricos	22
2.3.4.1	Transportadores	22
2.3.4.2	Pontes elevatórias	24
2.3.4.3	Empilhadores	25
2.3.4.4	Veículos de transporte autónomos	27

2.3.4.5	Mesas de posicionamento	29
2.3.4.6	Robôs	30
2.3.4.7	Estações de <i>picking</i>	31
2.4	Técnicas de melhoria de sistemas produtivos	32
2.4.1	<i>Lean Manufacturing</i>	32
2.4.2	Pensamento <i>Lean</i>	34
2.4.3	Oito formas de desperdício	35
2.4.4	<i>VSM (Value Stream Mapping)</i>	38
2.4.5	<i>Standardized Work</i>	41
2.4.6	<i>5S</i>	43
2.4.7	<i>SMED</i>	45
2.4.8	<i>Poka Yoke</i>	47
2.4.9	Análise <i>SWOT</i>	49
2.4.10	Fluxograma	52
2.4.11	<i>Brainstorming</i>	54
2.5	Métodos de análise de retorno financeiro	57
3	CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DO PROBLEMA.....	61
3.1	Caracterização da empresa	61
3.1.1	História da Consoveyo, S.A.....	62
3.1.2	Área de negócio da Consoveyo, S.A	62
3.2	Caracterização do processo atual	63
3.2.1	Sequência de operações.....	64
3.2.2	Descrição detalhada do processo.....	68
3.3	Caracterização do problema	94
3.3.1	Análise do problema na fase de projeto	94
3.3.2	Análise do problema na fase de montagem.....	94
4	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....	99
4.1	<i>Brainstorming</i>	99
4.2	Justificação da seleção das ideias	103
4.2.1	Transporte.....	103
4.2.2	Movimento	104
4.2.3	Esperas	105
4.2.4	Processamento impróprio/ defeituoso	106
4.2.5	Retrabalho ou defeito	107
4.2.6	Recursos humanos	107

4.3	Desenvolvimento das ideias filtradas	108
4.3.1	Transporte	108
4.3.1.1	Atual.....	108
4.3.1.2	Proposto.....	109
4.3.2	Movimento	111
4.3.2.1	Atual.....	111
4.3.2.2	Proposto.....	111
4.3.3	Esperas	115
4.3.3.1	Atual.....	115
4.3.3.2	Proposto.....	115
4.3.4	Processamento impróprio/defeituoso	116
4.3.4.1	Atual.....	116
4.3.4.2	Proposto.....	116
4.3.5	Retrabalho ou defeito	116
4.3.5.1	Atual.....	116
4.3.5.2	Proposto.....	117
4.3.6	Recursos humanos	118
4.3.6.1	Atual.....	118
4.3.6.2	Proposto.....	118
4.4	Análise crítica dos resultados.....	119
4.4.1	Análise crítica teórica (grau de satisfação com as soluções escolhidas)	120
4.4.2	Análise económica (<i>Payback</i>)	122
4.5	Implementação	124
4.6	Discussão.....	126
5	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS.....	133
5.1	CONCLUSÕES.....	133
5.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS.....	134
6	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	137
7	ANEXOS	149
7.1	ANEXO 1	149

INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia

1.4 Estrutura da implementação

1 INTRODUÇÃO

Esta dissertação surge no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, especialização em Gestão Industrial. A presente dissertação tem como propósito a aplicação de algumas ferramentas *Lean*, com vista à otimização do processo de montagem de um transelevador na empresa Consoveyo, S.A..

1.1 Enquadramento

A intralogística tem cada vez mais um papel fundamental na indústria, sendo vista como uma maneira de otimizar processos, automatizar operações e facilitar o fluxo de informações e materiais. Sendo a eficiência na indústria, hoje em dia, fulcral para a sobrevivência e competitividade de uma empresa, a intralogística tem cada vez mais destaque no panorama mundial.

Este conceito, por ser capaz de permitir o aumento da produção reduzindo os custos operacionais, está cada vez mais implementado na cabeça dos empreendedores e no interior das empresas, e é transversal, envolvendo diversas áreas, como gestão de projeto, engenharia mecânica, elétrica ou *software*.

Através de equipamentos de movimentação de cargas/produtos, a intralogística é determinante em diversas operações, desde a receção das cargas/produtos até à expedição ou entrega ao cliente final, principalmente, quando falamos de armazéns automáticos (AS/RS).

Os AS/RS são sistemas de armazenamento automático que permitem rececionar, manobrar e expedir uma diversidade enorme de produtos, bem como geri-los e processá-los através de equipamentos chamados máquinas S/R, que podem ser *mini loads*, carros satélite ou transelevadores, que são o objeto de estudo desta dissertação.

1.2 Objetivos

Num processo de montagem, existem vários tipos de desperdício que, ao serem identificados e corrigidos com vista à sua extinção e/ou redução, permitem uma melhoria global de todo o processo, com ganhos efetivos.

Tendo em conta o parágrafo anterior, o objetivo desta dissertação é reduzir o tempo e otimizar o processo de montagem de um transelevador, através da aplicação de ferramentas *Lean*, quantificando no final, através de método de retorno financeiro, o ganho efetivo com as mudanças propostas/implementadas.

1.3 Metodologia

Para o cumprimento do objetivo proposto, irá ser seguida a seguinte metodologia:

1. Levantamento de dados e criação de um diagrama de sequência do atual processo de montagem do transelevador;
2. Análise e identificação de desperdícios do processo de montagem, utilizando a ferramenta *Lean*, sete formas de desperdício;
3. Seleção das ferramentas mais adequadas a aplicar e aplicação das mesmas;
4. Análise dos resultados obtidos e propostas de melhorias;
5. Cálculo do retorno financeiro (*Payback*) tendo em conta as mudanças efetuadas.

A sequência dos passos efetuados cumpre a ordem cronológica, ainda assim, nesta dissertação, a sua apresentação pode não ser respeitada.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação, intitulada “Aplicação de *LEAN Manufacturing* no desenho e montagem de Transelevadores” está dividida em quatro capítulos principais, contendo cada um dos quais subcapítulos.

Neste primeiro capítulo, a introdução, procede-se ao enquadramento do projeto desenvolvido, incluindo objetivos e metodologia aplicada.

No segundo capítulo, a revisão bibliográfica, é feita uma introdução teórica a todos os tópicos relacionados com a dissertação, de maneira a enquadrar o leitor com o tema. É abordado o tema da logística e intralogística, e também são descritas as técnicas de melhoria de sistemas produtivos aplicadas na dissertação.

O terceiro capítulo, o desenvolvimento, também pode ser considerada a parte prática. Primeiramente é apresentada a Consoveyo, S.A., empresa onde foram recolhidos todos os dados e onde foi desenvolvida a dissertação. De seguida, é feita uma descrição do processo atual, incluindo todos os dados importantes para que a caracterização e identificação do problema seja possível, sendo este o subcapítulo seguinte. Após a caracterização do problema, é feito um *brainstorming* com vista à sugestão de ideias e/ou soluções para melhoramento do processo, sendo estas ideias alvo, no subcapítulo seguinte, de escrutínio e desenvolvimento para aplicação. Nos últimos três subcapítulos são analisados os resultados, verificadas as ideias passíveis de aplicação ou não e, por fim, uma “discussão” com vista à comparação dos resultados com outros aplicados em situações semelhantes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Logística e cadeia de abastecimento

2.2 Intralogística

2.3 Sistemas de armazenamento

2.4 Técnicas de melhoria de sistemas produtivos

2.5 Métodos de análise de retorno financeiro

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será abordado o mercado, as circunstâncias de aplicação do sistema de armazenamento automático e, conseqüentemente, a aplicação e utilização de transelevadores nestes sistemas.

Posteriormente, serão descritas as metodologias utilizadas na realização desta dissertação.

2.1 Logística e cadeia de abastecimento

2.1.1 História da logística

A história da logística remete para o fim da segunda guerra mundial, altura em que os mercados procuravam novas formas de retomar a produtividade e rendimento. O mercado tinha modificado, passando a ser um mercado consumidor, repleto de pedidos. O consumidor desempenhava um papel secundário e o desenvolvimento tecnológico estava voltado para as linhas de produção.

Após esta fase de regresso ao mercado por parte das empresas, os produtos começaram a ganhar novas variantes, tais como, cor e tamanho, o que obrigou as empresas a lidar com uma maior variedade de *stocks* e, conseqüentemente, com o crescimento dos custos. Nascia assim uma maior preocupação com a pós-produção, que foi conquistando progressiva, mas rapidamente, um espaço importante na indústria.

Passado este período de surgimento, o planeamento logístico foi conquistando o seu espaço e mudando o mercado, fazendo com que a comunicação dentro da empresa e entre os fornecedores e clientes fosse melhor e mais flexível. Depois dos anos 80 surgiram também os dados eletrónicos, como os códigos de barras e o controlo de *stocks*, que vieram substituir definitivamente as informações estritamente manuais [1].

A partir deste momento, a logística, outrora meramente física, passa a ser vista pelas empresas de forma estratégica como alavanca de competitividade e ganho de mercado, o que veio revolucionar o mercado e fazer com que os lucros e qualidade da empresa estejam diretamente relacionados com a logística.

2.1.2 Logística na cadeia de abastecimento

É, neste contexto, importante distinguir logística de cadeia de abastecimento, tal como evidenciado na Figura 1. Logística é a gestão do movimento de mercadorias e também, de acordo John J. Cole [2], “(...) é obter o produto certo, para o cliente certo, na quantidade certa, na condição certa, no lugar certo, na hora certa e no custo certo”; enquanto que a cadeia de abastecimento abrange muitas outras áreas, incluindo a logística. De forma simplista, a cadeia de abastecimento abrange todas as tarefas para que haja uma otimização máxima do fluxo de materiais e informação entre os vários negócios. Tal como Michael Hugos [3] refere “Logística refere-se, normalmente, a atividades que ocorrem dentro dos limites de uma única organização e a cadeia de fornecimento refere-se a redes de empresas que trabalham juntas e coordenam as suas ações para entregar um produto ao mercado”.

“A cadeia de abastecimento (Supply Chain Management (SCM)) refere-se à coordenação de produção, *stock*, localização e transporte entre os participantes de uma cadeia de abastecimento para alcançar o melhor conjunto de capacidade de resposta e eficiência para o mercado a ser servido” [3], exemplificado na Figura 2.

O presente trabalho tem como tema de análise o transelevador, utilizado em armazéns automáticos. Desta forma, este equipamento está diretamente relacionado com a logística e a gestão da cadeia de fornecimento.



Figura 1 - Importância da logística dentro da cadeia de abastecimento



Figura 2 - Ilustração da gestão da cadeia de abastecimento

2.2 Intralogística

Quando se pensa em logística, relaciona-se este termo com o transporte de matérias e/ou materiais externo, isto é, transporte rodoviário, marítimo, aéreo e fluvial, deixando para segundo plano o transporte interno, dentro das instalações. É a este transporte interno que se refere a intralogística.

A intralogística é um conceito relativamente recente, tanto que ainda não existe uma definição unânime do mesmo. Desta maneira, e tendo em conta algumas definições escritas em alguns dos mais importantes jornais/livros, a intralogística define-se como a organização, automatização e otimização do fluxo de materiais e informações dentro de armazém, centro de distribuição ou depósito. A intralogística pode também abranger o fluxo logístico dos materiais em toda a cadeia de abastecimento.

A intralogística requer uma equipa multidisciplinar, especializada em gestão de projetos, engenharia, desenho de sistemas, integração e implementação, apoio técnico e monitorização remota. Só desta forma é possível reduzir exponencialmente o inventário, os custos de controlo e processamento da informação, o tempo em que produto “sai” para o mercado e aumentar a segurança dos trabalhadores. A intralogística deixa de ser assim apenas um conceito relacionado com o uso de máquinas e ferramentas para a movimentação de materiais. O verdadeiro propósito da intralogística é assegurar a análise constante da operação, assegurando a máxima eficiência do armazém, acarretando várias oportunidades de melhoria tal como pode ser visto na Figura 3 [4] [5] [6] [7].



Figura 3 - Oportunidades de melhoria com a aplicação da intralogística

2.2.1 Armazéns automáticos

A eficiência na indústria é, hoje em dia, fulcral para a sobrevivência e competitividade de uma empresa. Esta eficiência tem de começar dentro de portas. Daí o abandono cada vez maior dos armazéns não automatizados (Figura 4) e a maior relevância do uso de armazéns automáticos, relacionado com o termo intralogística, e tudo o que este acarreta, seja para alguns tipos de indústria vital.

Um armazém tem como função armazenar produtos em quantidade, de forma organizada. Geralmente, estes permitem rececionar, manobrar e expedir uma diversidade enorme de produtos, bem como geri-los e processá-los.

As várias funções de um armazém são [8]:

1. Rececionar os produtos
2. Configurar os produtos
3. Expedir os produtos para o armazém
4. Ordenar os pedidos
5. Expedição dos produtos
6. Organizar os registos



Figura 4 - Exemplo de um armazém não automatizado

Com tantas e variadas funções a serem executadas num armazém, a probabilidade de falha e perda de informação é bastante elevada, sendo que o custo de operacionalidade também se torna acrescido. Por estas razões, surgiu a necessidade da automatização dos armazéns (Figura 5), tornando-os mais eficientes, rápidos, flexíveis e confiáveis.



Figura 5 - Exemplo de um armazém automático

O armazém automático implica a automatização das funções de um armazém manual, usando robôs e sistemas informáticos centralizados [9] [10].

Como John J. Bartholdi e Steven T. Hackman [11] referem, os “Armazéns são os pontos da cadeia de fornecimento onde o produto fica parado, por instantes, e/ou é movimentado. Isso consome espaço e tempo (pessoa-hora), sendo ambos, uma despesa “. O objetivo de um armazém automático é reduzir os requisitos de espaço, tempo e, consequentemente, os custos.

2.2.2 Integradores de sistema

Para que um armazém automático funcione em pleno, é necessário que todos os seus componentes funcionem em uníssono e de forma coordenada. Desta necessidade, surgiu o conceito e a necessidade dos integradores de sistema - método que consiste em criar comunicações automáticas “dentro” do armazém automático, isto é, criar um sistema computadorizado que combina *hardware*, *software*, produtos e pessoas [12].

Um sistema integrado compreende três características fundamentais [13], conforme descrito na Tabela 1:

Tabela 1 - As três características de um sistema integrado

Características	Descrição
Coeso	Incorpora interação mecânica manual, semiautomática e / ou automática com os produtos, bem como a recolha e gestão das informações associadas aos processos que ocorrem no sistema (fabrico, armazenamento, receção, envio e organização).
Coordenado	Facilita um fluxo contínuo e coordenado de materiais ao longo de cada etapa de produção e manipulação, desde o fabrico até ao armazenamento e envio, por exemplo. Essa coordenação reduz atrasos, esperas e atividades de armazenamento intermédio.
Conectado	“Liga” dois ou mais dispositivos de manipulação de materiais a uma rede de comunicações, para a sincronização precisa de processos e atividades, incluindo lançamento de pedidos para separação, alertas de reabastecimento e entrega de componentes a uma linha de montagem.

Tendo em conta estas características, as principais e fundamentais vantagens de um sistema integrado estão descritas na Tabela 2:

Tabela 2 - Principais vantagens de um sistema integrado

Características	Descrição
Movimentação do produto oportunamente	Os processos de movimentação são mais simplificados, rápidos e expeditos.
Melhor controlo do produto	A localização dos produtos/materiais por toda a instalação/armazém é melhor monitorizada e gerida.
Informações precisas	O sistema faz monitorização contínua dos produtos e processos em tempo real, ajudando a melhorar a gestão de inventário e o comportamento do desempenho do processo.

Em suma, os sistemas integrados para garantir um perfeito funcionamento de um armazém têm que funcionar em perfeita simbiose, entre todos os intervenientes que o compõe, nomeadamente, entre o homem e máquina.

2.3 Sistemas de armazenamento

Quando falamos de armazéns automáticos, é obrigatório falarmos de sistemas de armazenamento. Estes sistemas existem para cumprir funções de receção, descarga, carregamento, arrumação e conservação de matérias-primas, produtos acabados ou semiacabados. Uma vez que este processo envolve produtos, apenas produz resultados quando é realizada uma operação com objetivo de lhes acrescentar valor [14].

A função principal destes sistemas é, na prática, localizar e entregar o *stock* necessário num sistema de transporte, saída manual ou numa estação onde esteja um operador. Isto traduz-se numa redução da mão de obra, espaço físico e na quantidade de *stock*, aumentando a precisão e a produtividade, em comparação com os métodos de armazenamento manual [15].

Uma das formas de melhorar e tirar o máximo partido deste tipo de sistemas de armazenamento, é automatizá-los, o que acarreta várias vantagens como pode ser visto na Figura 6. Estes sistemas de armazenagem automático, são chamados de sistemas AS/RS (Automated Storage / Retrieval System).



Figura 6 - As principais vantagens de um sistema AS/RS [16]

Estes sistemas são, geralmente, compostos por uma estante, que poderá ser de vários tipos, onde funcionará, em paralelo, um transelevador que poderá ou não ter alguns subequipamentos embarcados. Na periferia, existe um sistema de transportadores, elevadores, carros, etc, como pode ser observado na Figura 7. Estes equipamentos serão abordados nos capítulos seguintes, dando especial ênfase ao equipamento objeto de análise nesta tese, o transelevador [17][18].

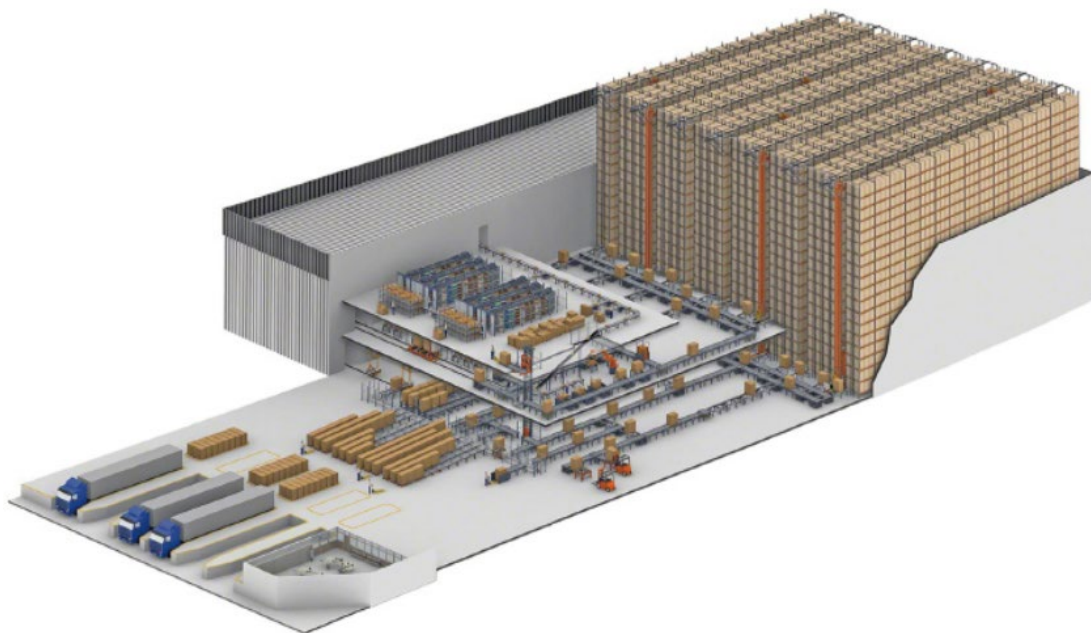





Figura 7 - Exemplo de um sistema de armazenamento [115]

Como forma de normalizar o processo de movimentação e armazenamento, os produtos são transportados e dispostos de diferentes maneiras. Para esta função são utilizados vários tipos de estruturas, apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Tipos de estruturas usadas para normalizar as cargas

Designação	Definição
<p>Paletes</p> 	<p>Uma estrutura plana de madeira sobre a qual são colocadas mercadorias pesadas, de modo que possam ser movidas com a utilização de “garfos” [19].</p>
<p>Paletes de derrapagem – “Skids”</p> 	<p>Em tudo igual à paleta “normal”, mas que permite a utilização de cargas mais pesadas, tendo uma tábua completa ou mais tábuas perfazendo uma só no seu topo, conforme imagem ao lado [19].</p>
<p>Folha de deslizamento – “Slip Sheet”</p> 	<p>Trata-se de uma folha de papel ou plástico que é colocada por baixo da carga. A superfície superior da folha tem um COF (<i>Coefficient of Friction</i> – Coeficiente de Atrito) maior que permite que o produto permaneça imóvel. A superfície inferior (<i>SLIP</i>) tem muito menor COF, o que permite que a carga se mova livremente. A folha de plástico pode ser agarrada por um dos lados, com um dispositivo colocado num empilhador - <i>push-pull</i> [20].</p>
<p>Caixas - “Tote pans”</p> 	<p>São caixas de pequenas/médias dimensões, usadas para o transporte e armazenamento de produtos pequenos e “soltos”. Podem ser reutilizadas [6].</p>

Designação	Definição
<p data-bbox="280 264 654 338">Caixas com palete e folha de deslizamento</p> 	<p data-bbox="715 327 1342 528">São contentores de médias/grandes dimensões, utilizados para armazenar e proteger artigos “soltos”. Podem ser reutilizados e permitem a utilização de garfos e/ou plataformas na sua movimentação [6].</p>
<p data-bbox="292 663 643 696">Caixas, cestos e prateleiras</p> 	<p data-bbox="751 712 1337 831">São contentores de pequenas dimensões, usados para armazenar e proteger pequenos artigos. Podem ser reutilizados [6].</p>
<p data-bbox="360 976 576 1010">Caixas de cartão</p> 	<p data-bbox="778 1025 1310 1227">São contentores de pequenas/médias dimensões utilizados para armazenar e proteger artigos “soltos”. São pouco reutilizáveis, e são geralmente reciclados após utilização [21].</p>

2.3.1 Estantes

As estantes são parte fundamental de um armazém, permitindo uma melhor organização, maximização do espaço e aumento da produtividade, e resolvendo problemas, tais como, a simplificação do carregamento e recolha de produtos, a eficiência do trabalhador e a automatização de parte do trabalho para armazenar e recolher paletes [22].

Para a escolha do tipo de estante a utilizar, ver Figura 8, devem ser considerados alguns fatores, tais como:

- Número total de paletes/cargas a armazenar;
- Dimensões das paletes/cargas a armazenar;
- Peso da paleta/carga;
- Tipo de produto a armazenar;
- Tempo de armazenamento;
- Método de colocação da paleta/carga na estante;
- Atividade sísmica onde a estante está instalada.

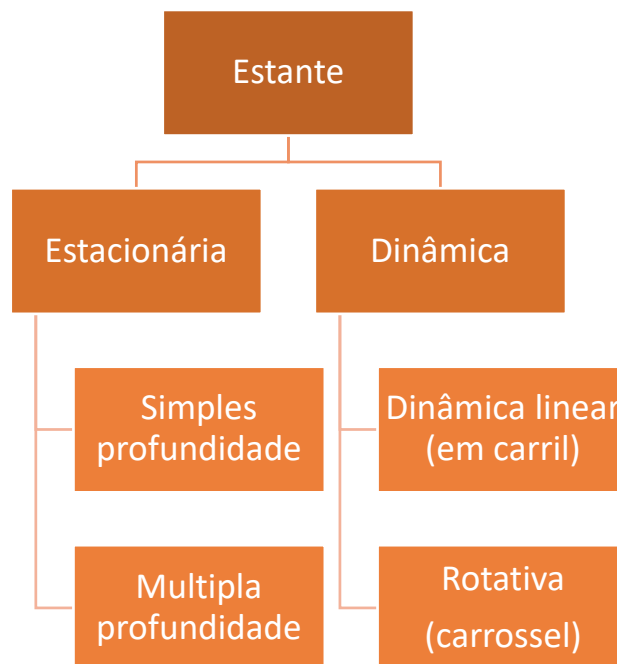


Figura 8 - Tipos de estantes

2.3.1.1 Estantes estacionárias

As estantes estacionárias estão fixas ao chão e têm pouca flexibilidade para mudanças, até porque são muitas vezes autoportantes, isto é, são parte estruturante do armazém sendo que suportam todo o edifício. Ainda assim é possível, muitas vezes, aumentar a sua capacidade. Estes tipos de estantes podem ser de simples profundidade (Figura 9 - (a)) e múltipla profundidade (Figura 9 - (b)) [6][23].

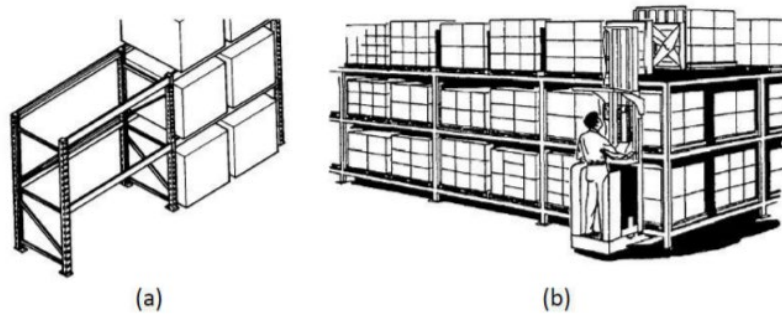


Figura 9 - Estante de simples profundidade (a) e múltipla profundidade (b) [6]

As estantes estacionárias são as estantes mais utilizadas aquando do uso de transelevadores, uma vez que estes são instalados nas diferentes alas da estante. Geralmente, estas estantes são de simples, dupla ou múltipla profundidade, dependendo do tipo de funcionalidade: as de simples e dupla profundidade são utilizadas quando se utilizam garfos como sistema de manipulação da carga; as de múltipla profundidade são utilizadas quando o transelevador tem um carro satélite embarcado.

2.3.1.2 Estantes dinâmicas

As estantes dinâmicas ocupam menos espaço e permitem uma maior flexibilidade em relação às estantes estacionárias, mas, em contrapartida, são bastante mais caras e, por esta razão, não são usadas em AS/RS (*Automated Storage And Retrieval Systems*). Este tipo de estantes pode ter um movimento linear (Figura 10 - (a)), sob carris, ou rotativo, tipo carrossel (Figura 10 - (b)) [6].

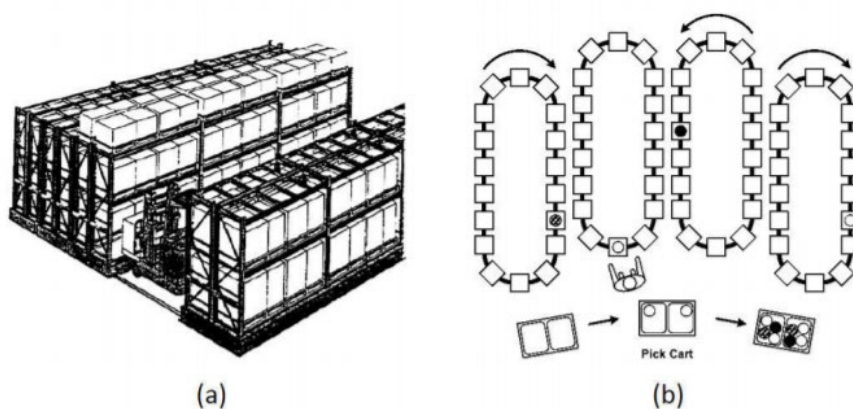


Figura 10 - Estante dinâmica linear (a) e rotativa (b) [6]

2.3.2 Máquinas S/R

As máquinas S/R (*Storage/Retrieval*), tal como a estante, são parte fundamental de um armazém automático, sendo que estas apenas existem onde existe uma estante. Estas máquinas têm como função recolher a carga no ponto de entrada e armazená-la de forma rápida e segura no alvéolo da estante, até que esta receba ordem de saída. A máquina irá buscá-la e levá-la até ao ponto de saída. Existem vários tipos de máquina S/R, tal como está descrito na Figura 11.

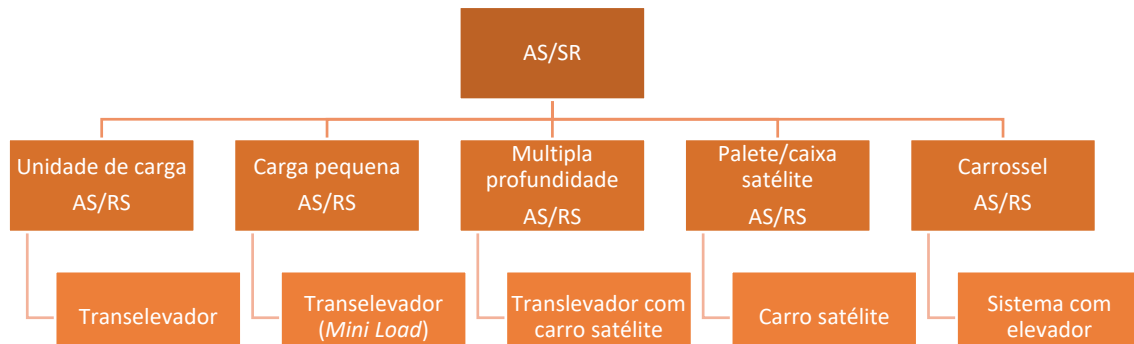


Figura 11 - Tipo de AS/RS e respetivas máquinas S/R

2.3.2.1 Transelevador

Os transelevadores são máquinas automatizadas, que realizam o armazenamento e a recolha de cargas nas estantes e nos pontos de entrega e recolha tal como exemplificado na Figura 12. Estes permitem o controlo total das atividades do armazém, garantindo operações de armazenamento e recolha isentas de erros, suaves, rápidas e seguras.

Este tipo de máquinas permite uma grande amplitude de cargas, tanto em termos de peso como forma, sendo que estas podem ser armazenadas até uma altura de 50 metros, dependendo da marca e do modelo do transelevador. A utilização destas máquinas permite também a adaptação a condições especiais de trabalho, tais como, humidade, temperaturas negativas (até -25 °C) e ambientes ATEX [24] [25].

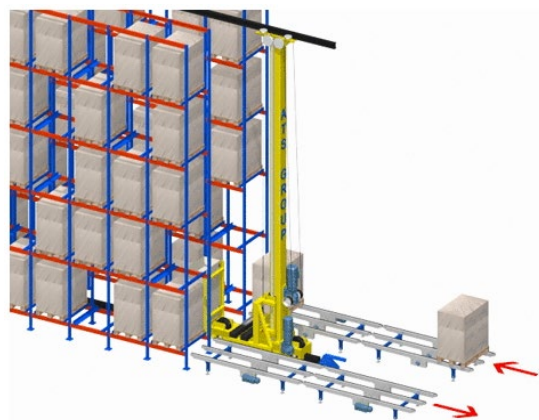


Figura 12 – Funcionamento de transelevador num AS/RS

Sendo esta uma máquina modularizada, existem algumas características configuráveis para uma melhor adaptação à indústria a que será aplicada, e que se listam de seguida [24]:

- Configuração de armazenamento: simples, dupla ou múltipla profundidade;
- Configuração do sistema: dependendo do número de alas, um ou vários transelevadores, sendo que poderá ser um único transelevador em curva a fazer as várias alas;
- Tipo de unidades de carga movimentadas: paletes, contentores, caixas, caixas de cartão, etc...;
- Número de dispositivos de manipulação de carga;
- Capacidade de carga: peso total;
- Tipo de transelevador: monomastro ou bimastro;
 - Altura máxima de operação;
 - Condições de trabalho.

O transelevador está instalado geralmente no meio da estante, isto é, tem alvéolos de um lado e do outro, conforme a Figura 12, e desloca-se sobre um carril instalado no solo. É guiado no seu topo por uma guia, geralmente guia H, sendo esta parte integrante da estante e fornecida pela mesma. Sendo monomastro ou bimastro, o transelevador é composto por seis “conjuntos” principais conforme mostrado na Figura 13.

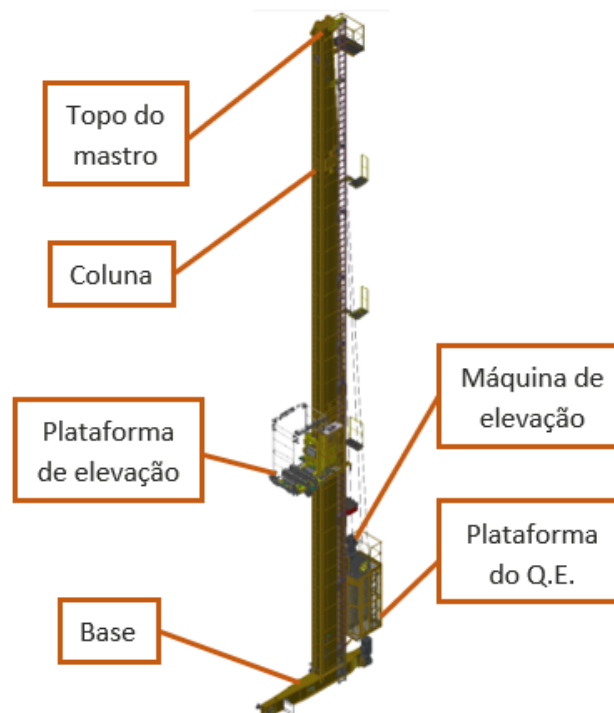


Figura 13 – Estruturas principais de um transelevador

2.3.2.2 Transelevador – *Mini Load*

Os *mini load* (Figura 14), como são chamados geralmente este tipo de transelevadores, são em tudo iguais aos transelevadores apresentados no capítulo 2.3.2.1, tendo apenas a particularidade de serem concebidos para o transporte de cargas mais leves e de menores dimensões. Por esta razão, a estrutura deste equipamento é bastante mais leve e mais rápida, ainda que não atingindo uma altura tão significativa como os restantes. Geralmente rondam os 27 metros, para um peso máximo de uma carga de 300 kg [26] [27].

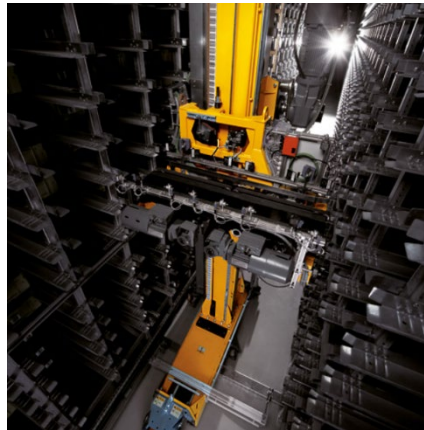


Figura 14 - *Mini load*

2.3.2.3 Transelevador com carro satélite

Estes transelevadores são praticamente iguais aos transelevadores descritos no capítulo 2.3.2.1, diferenciando-se apenas no sistema de transferência de carga, dado que permitem uma múltipla profundidade (Figura 15), enquanto que o transelevador “tradicional” permite apenas simples e dupla profundidade. Este sistema de transferência de carga é geralmente composto por um carro satélite e um transportador (Figura 16), sendo o carro satélite que se desloca da plataforma, permitindo a múltipla profundidade [6].

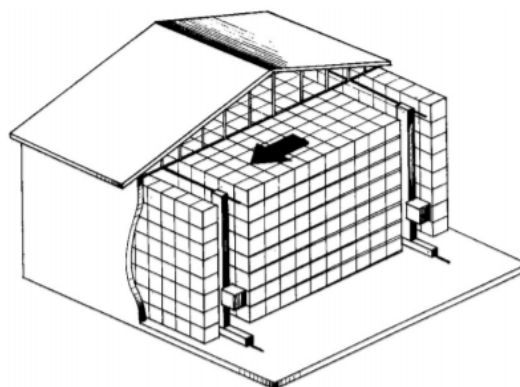


Figura 15 - Exemplo AS/RS de múltipla profundidade

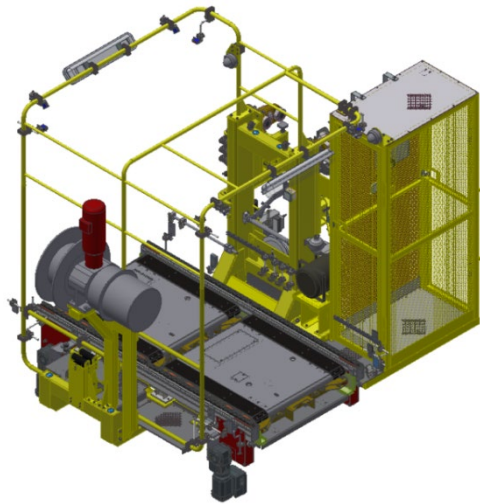


Figura 16 - Plataforma com sistema de transferência de carga - multipla profundidade

2.3.2.4 Carro satélite

O carro satélite (Figura 17) trabalha em paralelo com outros equipamentos complementares ao sistema, e é especialmente usado em sistemas de múltipla profundidade. Pode trabalhar de maneira solitária ou em conjunto, como podemos ver no capítulo 2.3.2.5, e exige uma estante própria que possua guias sobre as quais se move [6].



Figura 17 - Carro satélite

2.3.2.5 Sistema com elevador

Este sistema com elevador (Figura 18) é reconhecido pelo seu rendimento, flexibilidade e eficiência sendo composto por três equipamentos que trabalham em paralelo: um transportador vertical (elevador), um carro satélite e um carro de transporte do carro satélite (Figura 19) [28].



Figura 18 – Aplicação do sistema carro satélite



Figura 19 - Carro satélite e carro de transporte

Para além deste sistema idealizado para cargas de maiores dimensões e peso, dentro deste grupo também estão incluídos os armários automáticos (Figura 20), usados para cargas/artigos de pequenas dimensões, como por exemplo, parafusaria e/ou documentação [29].

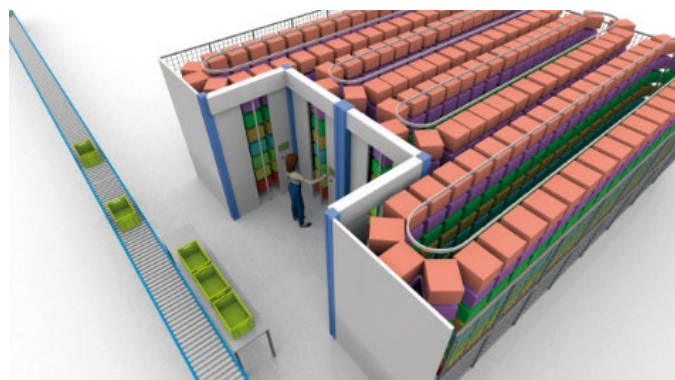


Figura 20 - Exemplo de armário automático

2.3.3 Pontos I/O

Num armazém automático existem sempre pontos *I/O* (*Input/Output*), isto é, pontos de entrada e pontos de saída de cargas, respetivamente. Estes pontos podem estar no mesmo local, uma vez que pode haver entrada e saída de cargas pelo mesmo ponto. A colocação e número de pontos *I/O* depende do tipo de indústria e da necessidade de cada cliente e, muitas vezes do próprio espaço. Por esta razão, estes pontos devem ser estudados, uma vez que têm influência direta na cadência do armazém.

Existem duas configurações principais para a colocação destes pontos:

- A primeira, e mais usual (*flow-trough*), implica colocar o ponto de entrada de um e de saída no lado oposto da ala, permitindo que muitos dos alvéolos tenham a mesma conveniência em termos de armazenamento e recolha, o que se demonstra apropriado para armazéns com muita capacidade (Figura 21);
- A segunda, e menos usual (*U-flow*), converge os pontos de saída e entrada do mesmo lado da ala, sendo que a conveniência para recolha e armazenamento vai mudando ao longo da ala, dado que do lado oposto ao ponto *I/O*, a demora no trajeto vai ser muito maior (Figura 22) [11].

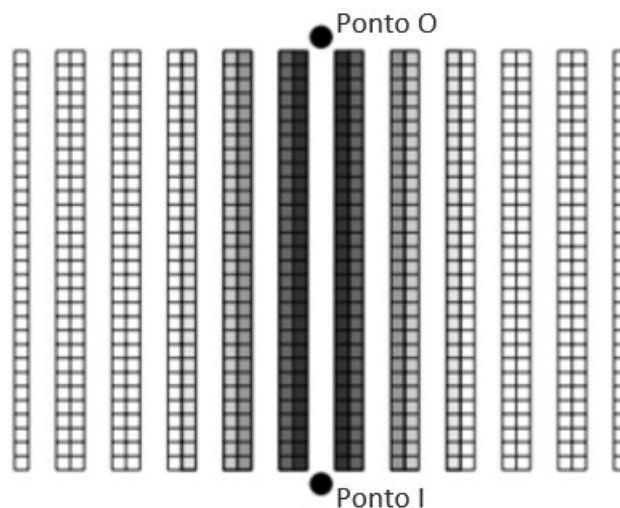


Figura 21 - Armazém com pontos I/O em lados opostos da ala

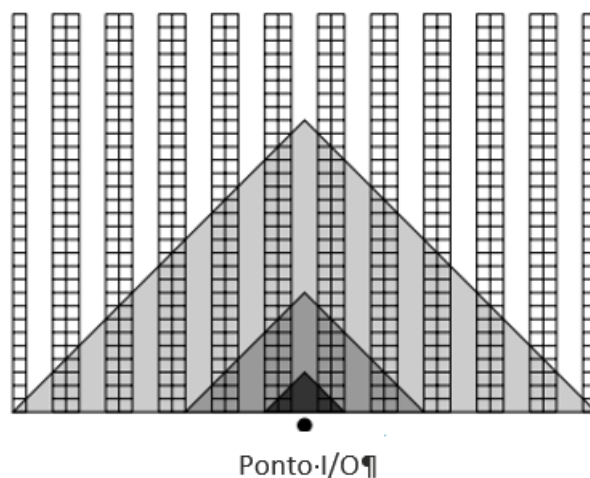


Figura 22 - Armazém com pontos I/O do mesmo lado da ala

2.3.4 Equipamentos periféricos

Os equipamentos periféricos são parte integrante de um AS/RS, tendo igual importância/relevância no seu funcionamento. Estes têm várias funções dentro de um AS/RS, tal como movimentar cargas, tanto no plano horizontal como no vertical. Sendo tão variadas as suas funções, surgiu a necessidade de os dividir em dois grandes grupos: os de transporte, que se referem a todos os equipamentos de movimento contínuo que permitem a deslocação da carga de um ponto para outro; e os de posicionamento, dos quais fazem parte todos os equipamentos afetos a uma estação de trabalho e que requerem pequenos movimentos de posicionamento das cargas.

Dada a variedade de equipamentos, estes dois grandes grupos, estão divididos em subequipamentos tal como se pode verificar na Figura 23 [30] [31] [6].

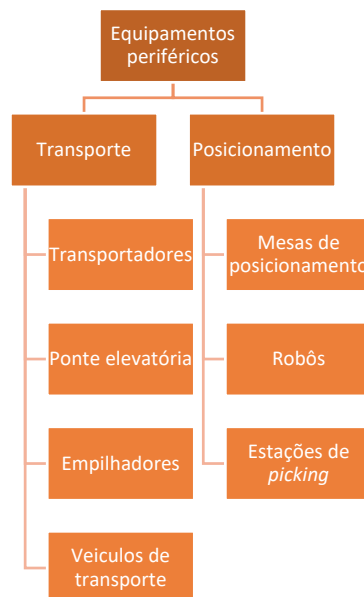






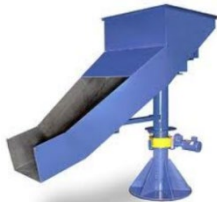

Figura 23 - Equipamentos periféricos- grupos e subgrupos

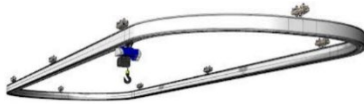




2.3.4.1 Transportadores

Os transportadores são os equipamentos mais comuns num armazém automático, permitindo o transporte de carga de um ponto para um outro, de forma rápida e eficiente, com variedade e cadência de cargas considerável e funcionando através de gravidade ou motorizações.

Os transportadores mais usados num armazém, são os transportadores de correntes e rolos, sendo comum encontrar estes últimos motorizados ou a funcionar através da gravidade. Apesar destes serem os mais usados, neste capítulo serão abordados os transportadores mais relevantes no mercado, apresentados na Tabela 4 [32] [33] [34] [6].

Tabela 4 - Tipos de transportadores

Designação	Definição
<p>Transportador de esferas</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que utilizam uma série de rodízios de esferas, montados para permitir o transporte multidirecional e sem alimentação eléctrica.</p>
<p>Transportador de correia</p> 	<p>São sistemas de movimentação de materiais que usam correias contínuas para transportar produtos ou materiais. Este tipo de transportadores são motorizados, podendo ser ajustada a sua velocidade.</p>
<p>Transportador magnético</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que usam ímãs móveis sobre placas fixas, mesas, etc., para movimentar materiais magnéticos (ferrosos), geralmente na forma de sucata maquinada, etc.</p>
<p>Transportador de “balde”</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que utilizam recipientes, geralmente em forma de balde, ligados a cabos ou correntes</p>
<p>Transportador magnético</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que usam a gravidade para transportar o produto ao longo de superfícies lisas de um nível para outro.</p>
<p>Transportador de “arrasto”</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que usam dispositivos mecânicos presos a peças móveis, geralmente correntes ou cabos, para “arrastar” ou “reboçar” produtos.</p>

Designação	Definição
<p>Transportador suspenso</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos montados no teto ou outra estrutura superior, que usam carrinhos e/ou transportadores acionados por correntes, cabos ou equipamentos semelhantes.</p>
<p>Transportador de rolos motorizados</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que usam rolos motorizados montados em estruturas (longarinas), para transportar produtos.</p>
<p>Transportador de gravidade</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que utilizam rolos montados em estruturas (longarinas), para transportar o produto por ação da gravidade ou manualmente.</p>
<p>Transportador vertical</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que movimentam o produto verticalmente, entre os níveis das linhas de transporte. São vulgarmente conhecidos como elevadores.</p>
<p>Transportador de correntes</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que usam correntes motorizadas montadas em estruturas (longarinas), para transportar produtos.</p>

2.3.4.2 Pontes elevatórias

As pontes elevatórias são equipamentos maioritariamente de elevação de cargas, que permitem também a sua movimentação, ainda que restrita, embora maior que a permitida pelos transportadores. Estes equipamentos são geralmente utilizados quando o seu fim não exige cadências muito elevadas, ou quando não há alternativa, permitindo uma grande variedade de cargas.

Existem três tipos principais de pontes elevatórias usados em AS/RS, apresentados na Tabela 5 [6].

Tabela 5 - Tipos de pontes elevatórias

Designação	Definição
<p>Ponte</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos montados em guias na parte superior do armazém, estando restringidas a uma área retangular. Estas pontes possuem um guincho que pode elevar e movimentar a carga dentro de toda a área retangular. São usados para cargas médias/pesadas [35] [36] [37] [38].</p>
<p>Guindaste</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos que funcionam como os guindastes usados na construção civil. Têm uma área de cobertura circular e são usados quando não há possibilidade de montagem de um trilho, uma vez que ocupa espaço no chão da fábrica. São usados para cargas ligeiras/médias[35] [36] [37] [38].</p>
<p>Guindaste de pórtico</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos montados sobre trilhos no chão, geralmente usados em portos marítimos. São usados para cargas muito pesadas[35] [36] [37] [38].</p>


2.3.4.3 Empilhadores

Os empilhadores são bastante usuais em AS/RS, sendo que estes podem ser manuais ou motorizados. Estes equipamentos são os mais utilizados para movimentar cargas/produtos, uma vez que permitem flexibilidade na distância e na trajetória e uma grande variedade de cargas. Geralmente, estes equipamentos são acionados por sistemas manuais, elétricos, pneumáticos ou hidráulicos.

Existe uma grande variedade de empilhadores, tendo em conta o tipo de carga e funcionalidade. Na Tabela 6 estão representados os principais tipos [6].

Tabela 6 - Tipos de empilhadores

Designação	Definição
<p>“Carrinho” de mão</p> 	<p>São sistemas de movimentação manual de cargas/produtos não paletizados. Consiste numa plataforma em forma de "L", com duas rodas na parte inferior. A parte inferior da prateleira serve para deslizar por baixo da carga, e com o movimento de inclinação, levanta-a, ficando as rodas a suportar parte do peso e facilitando toda a tarefa [39] [40].</p>
<p>Porta paletes manual</p> 	<p>São sistemas de movimentação manual de cargas/produtos paletizados. Este equipamento funciona através de um sistema hidráulico acionado manualmente que permite a elevação da carga, sendo depois possível a sua movimentação [41].</p>
<p>Porta paletes elétrico</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos paletizados acionados eletricamente/hidraulicamente. Este equipamento é em tudo igual ao porta paletes manual, não sendo neste necessário o esforço do trabalhador, sendo um equipamento totalmente eletrificado [42].</p>
<p>Porta paletes elétrico com plataforma</p> 	<p>São sistemas de movimentação de cargas/produtos paletizados acionados eletricamente/hidraulicamente. Este equipamento é em tudo igual ao porta paletes elétrico, sendo que este permite que o operador vá embarcado numa plataforma instalada no porta paletes [43].</p>
<p>Plataforma de transporte</p> 	<p>São sistemas de movimentação manual de cargas/produtos paletizados. Trata-se de uma plataforma apoiada em quatro castores, que permitem a sua movimentação [44].</p>

Designação	Definição
<p data-bbox="256 253 655 286">Empilhadores com contrapeso</p> 	<p data-bbox="699 275 1337 544">São sistemas de movimentação de cargas/produtos paletizados acionados eletricamente/hidraulicamente. Estes equipamentos possuem um contrapeso na parte traseira, sendo este que define a carga a ser levantada na frente. Estes equipamentos podem ser acionados a gás ou eletricamente [45].</p>

2.3.4.4 Veículos de transporte autónomos

Os veículos autónomos de transporte são cada vez mais utilizados em AS/RS. Estes veículos permitem produtos/cargas de todas as formas e tamanhos, e movimentam-se dentro de um espaço pré-definido, fazendo cargas e/ou descargas e realocação, aumentando a eficiência geral. Apesar de se movimentarem num espaço pré-definido e controlado, estão equipados com sistemas que os fazem parar quando encontram um obstáculo, sem a necessidade de intervenção humana, o que reduz a probabilidade de acidentes e, conseqüentemente, a responsabilidade por danos pessoais e patrimoniais.

Existem três tipos principais de veículos de transporte autónomos, apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Tipos de Veículos de transporte autónomos

Designação	Definição
<p data-bbox="432 383 491 409">AGV</p> 	<p data-bbox="719 309 1327 846">Os AGVs permitem a movimentação segura e totalmente automática de cargas/produtos, uma vez que não requerem um operador humano. Estes equipamentos são alimentados por baterias embarcadas, sendo a sua navegação autónoma obtida por meio de um aparelho de reflexão a laser, sensores para navegação natural, fios indutivos, faixas magnéticas / pontos ou uma combinação destes, de acordo com os requisitos da aplicação. Para o carregamento da bateria podem ser usados sistemas de automáticos de troca de baterias ou escovas de carregamento [46] [47].</p>
<p data-bbox="432 927 491 954">RGV</p> 	<p data-bbox="719 857 1327 1272">Os RGVs permitem a movimentação segura e totalmente automática de cargas/produtos, uma vez que não requerem um operador humano. Estes equipamentos são caracterizados pela sua alta velocidade e por serem guiados por um carril fixo ao chão, o que faz com que o seu percurso seja fixo e, geralmente, em circuito fechado. Trata-se de uma opção eficiente, económica e rápida, permitindo a ligação entre pontos bastantes distantes [48].</p>
<p data-bbox="432 1420 491 1447">OMV</p> 	<p data-bbox="719 1283 1327 1818">Os OMVs, ou eletrovias, permitem a movimentação “aérea” segura e totalmente automática de cargas/produtos, uma vez que não requerem um operador humano. Estes equipamentos são caracterizados pela sua alta velocidade e por serem guiados por um carril fixo ao tecto, o que faz com que o seu percurso seja fixo e, geralmente, em circuito fechado. Uma vez que se deslocam acima no nível do solo, permitem um maior aproveitamento de espaço no chão de fábrica. Trata-se de uma opção eficiente, económica e rápida, permitindo a ligação entre pontos bastantes distantes [49].</p>

2.3.4.5 Mesas de posicionamento

As mesas de posicionamento, ou equipamento de posicionamento, são usadas para posicionar e/ou elevar as cargas/produtos num único local, prejudicando por vezes a cadência do próprio armazém, uma vez que o material não progride nestes locais. Estes equipamentos são usados, geralmente, para rodar as cargas quando estas necessitam de mudar de direção, necessitam de ser viradas ou elevadas. Existem vários tipos de mesas. Na Tabela 8 estão apresentados os principais tipos de mesas [30] [6].

Tabela 8 - Tipos de mesas de posicionamento

Designação	Definição
<p>Mesa elevatória</p> 	<p>Este tipo de mesas permite a elevação de uma grande variedade de cargas/produtos, sendo caracterizadas por um curso limitado. Estas podem ser acionadas eletricamente, hidráulicamente ou serem pneumáticas, dependendo da velocidade e da carga que movimentam, possuindo geralmente um transportador embarcado. Têm como função, por exemplo, a ligação entre dois transportadores a alturas diferentes [50].</p>
<p>Mesa de transferência</p> 	<p>As mesas de transferência consistem numa combinação entre um transportador de rolos e correntes, permitindo a mudança de direção de uma paleta. Para que esta mudança de direção seja possível, um dos transportadores está estático, verticalmente, enquanto o outro eleva ou baixa a carga, geralmente o transportador de rolos [51].</p>
<p>Mesa rotativa</p> 	<p>As mesas rotativas permitem a rotação da carga/produtos em 360°. A diferença em relação às mesas de transferência, para além da possibilidade de uma maior rotação, é que, neste caso, não é necessária a elevação da carga para a mudança de direção [51].</p>
<p>Mesa de inclinação</p> 	<p>As mesas de inclinação permitem a inclinação da carga/produto. São usadas para permitir um melhor acesso ao interior das caixas, por exemplo, ou para transferir a carga para outra linha, fazendo-a deslizar quando inclinada. Pode ser usada ou não com um transportador embarcado [52].</p>

2.3.4.6 Robôs

Os robôs estão cada vez mais presentes no nosso dia-a-dia, nas casas, no emprego, e invariavelmente nos AS/RS. Com o crescimento da procura, estes tornaram-se cada vez mais indispensáveis no contexto industrial, apresentando as vantagens descritas na Tabela 9.

Tabela 9 - As vantagens da utilização de robôs

Vantagens	Descrição
Aumento da qualidade	Permitem a execução de tarefas de elevada repetição, alta precisão e, entre outras, aumentando a qualidade produtiva.
Aumento da qualidade do ambiente de trabalho	Podem executar tarefas em ambientes contaminados e com cargas elevadas e perigosas, evitando que estas tarefas sejam feitas por um humano.
Relação preço-qualidade	Podem trabalhar 24 horas por dia sem parar, sendo impossível o mesmo horário por um só humano. O retorno/amortização será bastante mais rápido, em comparação com um humano.
Flexibilidade produtiva	Podem executar várias tarefas diferentes sem necessidade de período de aprendizagem, apenas pela simples reprogramação.

Pelas vantagens enumeradas acima, os robôs estão cada vez mais a ganhar espaço no mundo da logística [6] [53], como se pode verificar na Figura 24.



Figura 24 - Exemplo de um robô



2.3.4.7 Estações de *picking*

Num armazém automático, a intenção é de que haja a menor intervenção humana direta possível, evitando-se ao máximo essa intervenção, exceto quando é indispensável ou mesmo por opção. Um caso em que a intervenção humana é indispensável é o das estações de *picking*, em que o operador manipula, na maior parte das vezes, o produto diretamente, tendo intervenção direta no processo.

As estações de *picking* assentam no conceito de “produto-ao-homem” e têm como características serem rápidas, ergonómicas e com manipulação cuidadosa, com o cuidado de se posicionarem de forma a permitir o aproveitamento de espaço do armazém, em espaços fixos e estratégicos. Como o próprio nome indica, este conceito assenta na base de que o produto é que vai ao encontro do operador e não ao contrário, diminuindo desta maneira o risco de acidente e aumentando a produtividade do operador.

Existem dois tipos de solução para *picking* utilizando o conceito de “produto-ao-homem”, os quais estão representados na Tabela 10 [54] [6].

Tabela 10 - Os dois tipos de solução para *picking*

Designação	Definição
<p>Estação de <i>picking</i> para um único tipo de encomenda</p> 	<p>Neste tipo de estação, o operador trabalha numa única encomenda de cada vez, existindo apenas um elemento de cada tipo, o que evita erros, mas diminui a cadência de saída do armazém.</p>
<p>Estação de <i>picking</i> para vários tipos de encomendas</p> 	<p>Neste tipo de estação, o operador trabalha em várias encomendas ao mesmo tempo, existindo vários elementos de cada tipo, aumentando a probabilidade de erro, mas aumentando também a cadência de saída de material do armazém.</p>

2.4 Técnicas de melhoria de sistemas produtivos

Neste subcapítulo serão abordados alguns conceitos *Lean* tidos em conta na realização desta tese:, os que foram utilizados e outros que foram descartados por opção baseada na experiência e no próprio enquadramento destes no tema.

2.4.1 *Lean Manufacturing*

O conceito *Lean Manufacturing* tem como base o TPS (*Toyota Production System* -Figura 25), criado por necessidade numa fábrica japonesa de automóveis, a Toyota Motor Company, por *Taiichi Ohno* e *Eiji Toyoda*. O conceito de *Lean Manufacturing*, aparece pela primeira vez em 1990 no livro Daniel Jones e Daniel Ross, “*The machine that changed the world*” [55].

O TPS surgiu de um estudo sobre um modelo já existente aplicado na fábrica da Ford, sendo esta, na altura, a unidade mais eficiente e complexa do mundo. Henry Ford tinha, até então, criado um modelo de produção em massa, contrapondo o antigo modelo de produção que apenas construía centenas de automóveis por ano. O volume de produção era quase nulo quando comparado com o dos dias atuais – a produção atingia o seu pico em 1000 carros por ano, sendo que nenhum deles era idêntico.

Com as várias visitas de estudo que os autores da TPS fizeram às fábricas da Ford, foram-se apercebendo que o mercado japonês não era igual ao americano, sendo que este exigia qualidade, baixo custo, baixo *lead-time* e flexibilidade. Tendo em conta estes conceitos, e por meio de *benchmarking*, adaptaram a própria teoria às necessidades do mercado japonês [56].

A partir deste momento, foi adotada uma linha de montagem contínua, tal como a Ford tinha, mas com uma melhoria da redução do desperdício, estabelecendo-se a produção conforme a necessidade do cliente, pelo sistema *Just in Time* combinado com o *Kanban*, o que reduziu drasticamente o *stock*. Nesta, e atendendo à melhoria contínua, foi também aplicado o método *PDCA* nestas fábricas japonesas.

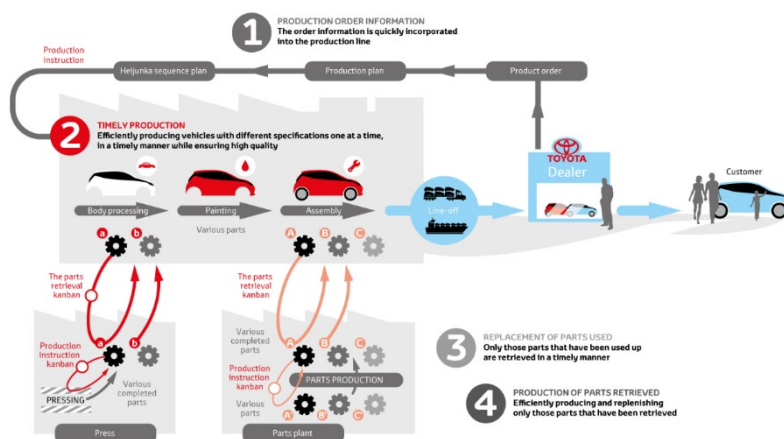


Figura 25 - Ilustração TPS atual da Toyota

Nos dias de hoje, o termo *Lean Manufacturing* pode encontrar alguns significados diferentes dependendo do autor, como pode ser verificado na Tabela 11, uma vez não ser consensual a sua definição. Segundo Muffatto (1999) e Hines et al. (2004), o *Lean* está em constante evolução, implicando que qualquer "definição" do conceito seja apenas uma "imagem parada" de um alvo em movimento. Ainda assim, todos os autores também a apelidam de produção enxuta [57].

Tabela 11 - Definições de *Lean* vs. Autores

Autores	Definições
Womack e Jones (1990) [58]	É uma abordagem que procura uma forma melhor de organizar e gerir os relacionamentos de uma empresa com os seus <i>stakeholders</i> , desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo a qual é possível fazer cada vez mais com menos (menor quantidade de equipamento, menor esforço humano, menor tempo, menor custo, etc.)
Shah e Ward (2002) [59]	Engloba uma ampla variedade de práticas de gestão, incluindo <i>just in time</i> , sistemas de qualidade, produção, entre outros.
Chase (1999) [60]	O pensamento <i>Lean</i> é muito mais que a aplicação de uma ou duas ferramentas, é uma aplicação de várias ferramentas tendo como foco o cliente final
Hines et al. (2004) [57]	Vê o <i>Lean</i> de uma perspectiva filosófica ou estratégica considerando a criação de valor e concentra-se na compreensão do valor do cliente

O sistema TPS, é ilustrado, geralmente, como uma casa como a Figura 26, em que os pilares desta “casa” são o *Just-in-time* e *Jidoka*, na base estão representadas as várias filosofias/técnicas que sustentam este sistema, como o *Kaizen*, *Heijunka* e o trabalho padronizado, tudo isto, para atingir os objetivos definidos pelo sistema TPS, que se encontram no telhado da casa. Esta é uma analogia que representa na perfeição o sistema TPS, uma casa é construída desde o chão até ao telhado e não ao contrário.

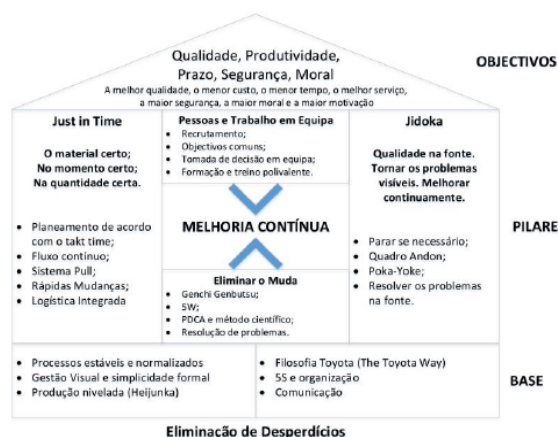


Figura 26 - Casa do TPS, adaptado Liker (2004)

2.4.2 Pensamento *Lean*

O pensamento *Lean* ou, como é vulgarmente conhecido, pensamento magro/enxuto, tornou-se conhecido através de James Womack e Daniel Jones em 1996 e é definido como uma abordagem inovadora às práticas de gestão e liderança, com orientação para a eliminação gradual do desperdício e para obtenção de resultados através de processos simples [60].

Para esta filosofia, o desperdício é toda e qualquer atividade que não acrescenta valor, isto é, todas as atividades e recursos que não são usados e/ou aplicados corretamente e que contribuem para o aumento de custos, de tempo e da não-satisfação do cliente ou *stakeholders* [61] [60].

Tal como James Womack e Daniel Jones em 1996 escreveram no seu livro, o pensamento *Lean* assenta sobre cinco princípios fundamentais (Figura 27), desenvolvidos na Tabela 12 [55].

Tabela 12 - Os cinco princípios fundamentais do pensamento *Lean* [62] [63]

Princípios	Definição
1- Especificar o valor na perspetiva do cliente	Consiste na definição de valor na perspetiva do cliente, ou seja, tudo o que cria valor para o cliente e/ou <i>stakeholders</i> .
2- Identificar o fluxo de valor	Consiste na identificação de todos os processos que trazem valor ao produto, eliminando todos os processos que não acrescentam valor, reduzindo o desperdício.
3- Criar fluxo entre os processos geradores de valor	Consiste na otimização do fluxo de produção. Tem como objetivo uma sincronização perfeita entre processos, eliminar tempos de espera e paragem, diminuindo <i>stocks</i> e <i>lead-time</i> .
4- Ao ritmo do cliente (Sistema <i>Pull</i>)	Consiste em produzir em consonância com a procura do mercado. Só existe produção se o mercado assim o “necessitar”. Desta forma, é reduzido ao mínimo o <i>stock</i> . Sendo assim, é o mercado que “puxa” pela produção e não os produtos a serem “empurrados” para o mercado.
5- Procura da perfeição	Consiste em melhorar cada vez mais e mais, uma vez que segundo a filosofia <i>Kaizen</i> , a perfeição é inalcançável. Desta forma, este último princípio refere-se à melhoria contínua, com vista à eliminação de todos os tipos de desperdício.

Figura 27 - Princípios do pensamento *Lean*

Para que esta filosofia funcione, todos os *stakeholders* têm que estar envolvidos e têm de ter em si incutidos todos estes princípios, sendo, para isso, necessário incidir sobre a otimização de recursos, comunicação e trabalho de equipa, com incentivo constante à formação e motivação das pessoas. Para incentivo, e como frase de “bandeira” desta filosofia, e que se enquadra perfeitamente, temos: “Nas organizações, nada se perde tudo se transforma!...”.

2.4.3 Oito formas de desperdício

O principal objetivo de uma organização é gerar lucro. Para isso, o melhor caminho é a redução de custos, eliminando desperdícios e incrementando a produtividade através de melhorias no fluxo produtivo.

Este conceito tem como objetivo a redução de sete tipos de desperdício (Tabela 13) identificados pelo engenheiro Taiichi Ohno [64], tendo como ponto de vista o *Lean Manufacturing*. Estes desperdícios identificados, servem de guia para que uma empresa os detete e desenvolva ações de forma a eliminá-los [65] [66].

Tabela 13 - Os sete tipos de desperdício

Princípios	Definição
Transporte	Consiste na movimentação dos materiais de um lado para o outro. Na realidade, esta movimentação trata-se de um desperdício uma vez que não acrescenta valor ao produto.
Inventário	O inventário, ou <i>stock</i> , tem de ser armazenado, embalado e transportado. Todas estas operações custam dinheiro, não acrescentam valor ao produto. Para além de não acrescentarem valor, existe ainda a possibilidade de se danificarem ou se tornarem obsoletos com o tempo.

Princípios	Definição
Movimento	Trata-se de movimentos dos operadores ou das máquinas que não são tão reduzidos e simples como na realidade poderiam ser.
Esperas	Este desperdício é um dos mais importantes e trata-se de todas as esperas ou tempos mortos durante a conceção de um produto, devido, por exemplo, a atrasos de fornecedores, decisões de outros departamentos, ou até mesmo tempo de espera até consertarem uma máquina.
Processamento impróprio/defeituoso	Este defeito ocorre quando o processo é inadequado aos requisitos do cliente, e acontece, na maior parte das vezes, quando as instruções de trabalho são confusas, o objetivo não é claro, ou até mesmo quando os requisitos de qualidade são excessivos.
Retrabalho ou defeito	É o mais comum dos desperdícios, ainda que seja um dos mais difíceis de detetar. Este está diretamente relacionado com a qualidade e, cada vez que esta falha, leva ao retrabalho ou substituição do produto, levando muitas vezes à perda de clientes.
Excesso de produção	Trata-se de um desperdício onde existe um excesso de produção inadequado à procura do mercado. Isto acontece quando usamos técnicas inadequadas, equipamentos sobredimensionados e execução de trabalhos que não são pedidos/exigidos pelo cliente. Em suma, este desperdício acontece quando investimos em equipamentos e usamos técnicas que na realidade são demasiado “boas”, e consequentemente mais caras do que na realidade necessitamos.

Como referência para aplicação desta técnica, foram consultados os artigos apresentados na Tabela 13, que resultam da combinação desta técnica com outras.

Tabela 14 - Três exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica - Sete formas de desperdício

Autor(s)	Objetivos	Metodologia	Resultados
Tomé Pombal (2019) [67]	Melhoria na gestão de materiais consumíveis na oficina de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir conhecimentos acerca do pensamento/manutenção <i>lean</i>. - Identificação e análise dos problemas em questão. - Aplicação de técnicas para a resolução dos problemas encontrados. - Análise e quantificação dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria em 70% do tempo gasto - Poupança de 30 % em <i>stock</i> mínimo exigido existente
P. Arunagiria and A. Gnanavelbabu (2014) [68]	Identificação do maior desperdício na indústria automóvel	<ul style="list-style-type: none"> - Elaboração de um questionário - Fazer questionário aos trabalhadores e líderes de equipa. - Identificar o maior desperdício através da análise dos respectivos questionários 	Segundo este artigo, os desperdícios ordenam-se por ordem decrescente da seguinte maneira: Transporte; Esperas; Movimento; Inventário; Processamento impróprio/defeituoso; Excesso de produção; Retrabalho ou defeito
Alain Fercoq, Samir Lamouri, Valentina Carbone (2016) [69]	Aplicação de técnicas <i>Lean</i> de redução de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> - Formulação do problema - Identificação dos problemas - Identificação dos factores passíveis de controlo -Preparação e execução da experiência - Análise estatística - Interpretação dos resultados obtidos 	Segundo este artigo, com a aplicação desta técnica houve uma melhoria significativa na redução de desperdícios: <ul style="list-style-type: none"> -Caso de estudo 1 – 70% -Caso de estudo 2 – 50%

Em suma, todos os defeitos, segundo Ohno [70], são consequência de um defeito, o excesso de produção. Assim, adequando a produção às exigências do mercado de forma realista, muitos dos outros seis defeitos vão diminuir ou até mesmo desaparecer.



Figura 28 - Os 7 desperdícios de Ohno [60]

Recentemente, foi adicionado um novo desperdício aos sete já existentes, a falta de aproveitamento do conhecimento dos funcionários, denominado como “Recursos humanos”, este desperdício acontece quando, geralmente, existe uma falta de reconhecimento, recompensa, justiça, motivação, objetivos, conhecimento e/ou recursos; e leva a uma perda de tempo, ideias, *skills*, melhorias e oportunidades de aprendizagens, isto, por não envolver os funcionários no processo de tomada de decisão [71]. Desta forma, e adicionando este último desperdício identificado, os oito desperdícios estão identificados na Figura 29.



Figura 29 - Os oito tipos de desperdícios [71]

2.4.4 VSM (*Value Stream Mapping*)

O *Value Stream Mapping* ou Mapeamento do Fluxo de Valor, como podemos ver na Figura 30, trata-se de um método em que são identificadas todas as atividades ao longo do processo produtivo: as que acrescentam e não acrescentam valor e as que são necessárias e/ou desnecessárias. Este método permite, assim, identificar e desenhar os fluxos de informação, processos e materiais, identificar e eliminar os desperdícios e as suas principais fontes, identificar ações de melhoria na fábrica e no fluxo de valor e, por fim, estabelecer uma metodologia representativa de avaliação de processos [72] [73].

Como referência para aplicação desta técnica, foram consultados os artigos apresentados na Tabela 16, que resultam da combinação desta técnica com outras.

Tabela 16 - Três exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica - VSM

Autor	Objetivos	Metodologia	Resultados
Conceição Rosa (2017) [75]	Melhorar a qualidade e produtividade na montagem de cabos de aço na indústria automóvel	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir conhecimentos acerca do pensamento/manutenção <i>lean</i>. - Identificação e análise do processo e dos problemas e dificuldades implícitos ao mesmo, utilizando o VSM. - Análise e propostas de melhoria do processo e implementação das ideias. - Acompanhamento da aplicação das ideias implementadas através da aplicação do PDCA. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da produtividade em 41% - Tempo de ciclo com uma redução de 29% - Aumento de peças por operador de 41% - Equilíbrio na linha de montagem de 3%
Damásio Correia (2018) [76]	Melhorar as linhas de montagem de dispositivos eletrónicos aplicando ferramentas <i>Lean</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Análise do fluxo do processo, utilizando ferramentas <i>Lean</i> (VSM), identificando os desperdícios e as oportunidades de melhoria. - Aplicação das ideias de melhoria à linha e monitorização da mesma para recolha de dados. - Análise dos resultados e propostas de alteração. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da produtividade em 10%
Eduardo Sousa (2018) [77].	Aplicar a metodologia SMED na produção de rolhas de cortiça	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir conhecimentos acerca do pensamento/manutenção <i>lean</i>. - Apresentação do equipamento em que o estudo se baseia - Análise do fluxo do processo, utilizando ferramentas <i>Lean</i> (VSM, A3), identificando os desperdícios e as oportunidades de melhoria. -Aplicação das várias melhorias e cálculo do OEE. - Análise dos resultados obtidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de <i>setup</i> em 43%

2.4.5 *Standardized Work*

Este método é considerado outra das ferramentas do TPS, como tal, é baseado em atividades de controlo de tempo de produção, melhoria da qualidade e menor custo de produção.

O *standardized work*, ou trabalho padronizado, é caracterizado por ser a maneira mais simples, segura, fácil e eficiente de executar uma tarefa, criando um sistema que pode ser aplicado ao longo da produção, sendo que não existe uma apenas uma maneira de atingir estes objetivos. Desta maneira, este processo deve ser liderado pelos trabalhadores e ter sempre em vista a melhoria contínua do processo. Os principais objetivos desta ferramenta são a maximização da produtividade, através de atividades que não são difíceis, mas são eficientes e ativas.

Para que uma tarefa seja caracterizada como um *standardized work* é necessário que existam procedimentos para cada tarefa de cada operador, tendo em conta os três elementos chave apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Os três elementos chave do *standardized work*

Elementos chave	Definição
Tempo “ <i>takt</i> ”	É o tempo disponível para a produção, dividido pela procura de mercado.
Sequência de trabalho	Ordem pela qual as tarefas devem ser executadas.
<i>Standard In-Process Stock</i> (<i>Stock</i> em processo padrão)	É a quantidade mínima de peças sempre disponíveis para processamento durante e entre subprocessos.

Sendo esta uma ferramenta amplamente aplicada na indústria, e bastante habitual até, foram definidos os seguintes passos para a sua aplicação:

1. Definir o tempo de produção de uma unidade;
2. Elaborar uma folha de capacidade de produção;
3. Determinar a padronização/rotina de operações;
4. Elaborar procedimentos com as tarefas padronizadas;
5. Treinar e fazer verificação periódica aos operadores.

Em paralelo, deve também ser determinado o número de operadores necessários para a realização das operações, uma vez que o trabalho manual ainda é uma das maiores requisições de uma indústria. Neste âmbito, sabe-se que um operador qualificado é capaz de executar tarefas que, por vezes, dois trabalhadores não qualificados não conseguem. Por esta razão, é tão importante formar os operadores e verificar o seu trabalho, tendo sempre como objetivo a melhoria contínua [78].

Como referência para aplicação desta técnica, foram consultados os artigos apresentados na Tabela 18, que resultam da combinação desta técnica com outras.

Tabela 18 - Três exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica – *Standardized Work*

Autor	Objetivos	Metodologia	Resultados
Isadora Antonioli (2017) [79]	Otimizar e standarizar uma linha de produção de componentes automóveis	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir conhecimentos acerca do pensamento/manutenção <i>Lean</i> realcionados com o estudo. - Análise e estudo do processo. - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos ao processo. Medição dos tempos por tarefa. - Implementação de feramentas de melhoria continua, <i>Kaizen</i> e <i>Standard Work</i>. - Análise dos resultados obtidos e cálculo do OEE. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de ciclo em 4,5 s. - Aumento médio do OEE da linha ed produção em 16%.
Hugo Tiago Rocha (2018) [80]	Analisar e melhorar os processos na indústria de jóias	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de literatura enquadrando o processo em questão. - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos ao processo. - Implementação das ideias e ferramentas estudadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhor organização do processo. - Normalização dos procedimentos. - Maior controlo da produção por parte do chefe de produção.
Conceição Rosa (2017) [56]	Aplicar a metodologia SMED na redução dos tempos de <i>setup</i> na montagem de cabos de aço na indústria automóvel	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir conhecimentos acerca do pensamento/manutenção <i>Lean</i>. - Identificação e análise do processo e dos problemas e dificuldades implícitos ao mesmo, e medição dos tempos. - Implementação da técnica SMED, combinada com outras técnicas como o <i>Standardized Work</i>. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de <i>setup</i> em 58,3%.

2.4.6 5S

O 5s surgiu no Japão em meados do século XX, e consiste no compromisso das pessoas em organizar o local de trabalho ao nível da limpeza, da padronização e da disciplina na realização do trabalho, com o mínimo de supervisão possível, tendo em vista a criação de um ambiente de trabalho adequado, para uma maior produtividade [60].

Esta metodologia foi nomeada desta maneira, uma vez que as cinco práticas a que esta se refere são cinco palavras que em japonês começam por “S”, conforme o descrito na Tabela 19.

Tabela 19 - As cinco práticas do 5S

Práticas	Definição
SEIRI (Organizar)	Sentido de utilização, arrumação, organização, seleção.
SEITON (Arrumar)	Sentido de ordenação, sistematização, classificação.
SEISO (Limpar)	Sentido de limpeza, cuidado.
SEIKETSU (Normalizar)	Sentido de higiene, saúde, integridade.
SHITSUKE (Manter)	Sentido de autodisciplina, educação, compromisso.

Segundo alguns autores, existem cada vez mais empresas a acrescentar um sexto “S” aos anteriormente referidos, tratando-se este sexto “S” do “S” da Segurança, sendo que este não pode ser dissociado dos anteriores, nem de qualquer atividade realizada na empresa, como ilustrado na Figura 31.



Figura 31 - Os 5S [60]

Esta é, geralmente, uma das primeiras metodologias a aplicar quando as empresas pensam *Lean*, ainda que exija uma mudança profunda na mentalidade das organizações e dos próprios funcionários. Um bom argumento é que, com esta metodologia, em particular, é relativamente fácil mostrar que todos ganham ao implementá-la, uma vez que os resultados são praticamente imediatos e “palpáveis”.

Todas estas ações promovem a eficiência e organização em todo o processo, tendo sempre como objetivo de fundo a redução do desperdício [81] [60].

Como referência para aplicação desta técnica, foram consultados os artigos apresentados na Tabela 20, que resultam da combinação desta técnica com outras.

Tabela 20 - Três exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica – 55

Autor	Objetivos	Metodologia	Resultados
Patricia Neves (2018) [82]	Implementar ferramentas <i>Lean</i> na produção de produtos textéis	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo do processo com a criação de um fluxograma. - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos ao processo. - Atuação sobre as causas raiz do problema. - Aplicação de ferramentas <i>Lean</i> com vista à eliminação dos desperdícios identificados. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de ciclo em 10%, correspondendo esta poupança a cada operador.
Andreia M. Freitas (2019) [83]	Aumentar a eficiência num armazem híbrido	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de literatura enquadrando o processo em questão. - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos ao processo. - Aplicação dos conceitos teóricos ao caso de estudo. - Sugestão de soluções para os problemas identificados. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento do espaço livre total de 125,26 m² - Redução do tempo de picking em 35 min.
Cláudio Costa (2018) [84]	Aplicar a metodologia 5s na indústria metalúrgica	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo de todo o processo - Revisão de literatura, enquadrando o processo em questão. - Identificação dos problemas e desperdícios implícitos ao processo e propostas de melhoria. - Implementação das ideias para resolução dos desperdícios e análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Melhoria da comunicação interna. - Melhoria das relações interpessoais. - Aumento do bem-estar dos trabalhadores e, conseqüentemente, orgulho em trabalhar. - Aumento da produtividade.

2.4.7 SMED

A metodologia *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*), foi desenvolvida por Shigeo Shingo [85] no Japão entre os anos de 1950 e 1960 e levou 19 anos para ser concluída, sendo descrito por Shingo a partir de três experiências: em 1950, na fábrica da Mazda em Toyo Kogyo, Hiroshima, em 1957, no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries também em Hiroshima, e em 1969, na fábrica principal da Toyota Motor Company. Segundo Shingo, a metodologia foi desenvolvida e implementada com resultados efetivos na Toyota, quando, em 1969, se conseguiu reduzir os tempos de *setup* de quatro horas para noventa minutos numa prensa de 1000 toneladas.

Esta metodologia, conhecida também como troca rápida de ferramentas, é caracterizada como uma abordagem científica à redução de tempos de *setup*, que pode ser aplicada a qualquer indústria e/ou qualquer máquina. Tendo em conta isto, a *SMED* é definida como o mínimo tempo necessário para modificar/trocar o tipo de produção ou atividade, sendo este tempo medido entre a última peça que sai da máquina sem alterações e a primeira peça que sai da máquina após *setup*.

Shingo definiu duas operações como as principais para compreensão e execução da metodologia *SMED*, conforme descrito na Tabela 21.

Tabela 21 - Os dois tipos de "tempo" definido por Shingo

Nomenclatura	Definição
Tempo (<i>Setup</i>) interno	A operação só pode ser executada enquanto a máquina ou processo está parado.
Tempo (<i>Setup</i>) externo	A operação pode ser executada enquanto a máquina ou processo está em execução.

Tendo em conta estes conceitos criados por Shingo [85], um dos principais princípios desta metodologia é transformar todos os processos de tempo interno em externo, não prejudicando desta forma o processo devido aos *setup's* das máquinas.

Para aplicação do *SMED*, existem seis fases predefinidas:

1. Conhecer o processo atual;
2. Examinar as operações de *setup* atuais;
3. Otimizar as operações de *setup*;
4. Ensaiar e examinar as novas operações de *setup*;
5. Uniformizar as novas operações de *setup*;
6. Definir sistemas de desempenho na procura da melhoria contínua.

Esta metodologia tem sofrido algumas alterações e evoluções ao longo do tempo. A primeira mudança acontece quando começa a ser chamada por *OTED* (*One Touch Exchange of Die*), que consiste em restringir ao máximo as intervenções dos operadores nas mudanças de ferramenta. Recentemente, a evolução do método *SMED*, é o *NTED* (*No Touch of Die*), que passa por efetuar a mudança de ferramenta em tempos nulos e sem a intervenção do operador [60] [86] [87] [88].

Como referência para aplicação desta técnica, foram consultados os artigos descritos na Tabela 22, que resultam da combinação desta técnica com outras.

Tabela 22 - Quatro exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica – *SMED*

Autor	Objetivos	Metodologia	Resultados
Marc Martins (2018) [89]	Implementar <i>SMED</i> na maquinação por feixes na indústria automóvel	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de literatura enquadrando o processo em questão. - Análise e estudo de todo o processo - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos ao processo. - Atuação sobre as causas raiz do problema utilizando o <i>SMED</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de <i>setup</i> em 50%.
Radu Godina (2018) [90]	Estudar as últimas tendências do <i>SMED</i> quando aplicado a várias indústrias	<ul style="list-style-type: none"> - Recolha de várias publicações e estudos acerca e onde foi aplicado o <i>SMED</i>. - Categorização e compilação da recolha de dados. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - O <i>SMED</i> tem vindo a ser cada vez mais utilizado. - O <i>SMED</i> é maioritariamente aplicado à indústria automóvel.
Domingos Ribeiro (2011) [91]	Aplicar a metodologia <i>SMED</i> numa empresa de componentes elétricos	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de literatura enquadrando o <i>SMED</i>. - Recolha de casos de estudo de <i>SMED</i>. - Análise e estudo de todo o processo. - Aplicação do <i>SMED</i> no processo em questão - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de <i>setup</i> por máquina (3 máquinas), 58,7%, 89,7% e 83,7%. - Redução na distância percorrida por operador relativa a cada máquina, 97,3%, 99,2% e 96,7%.
Conceição Rosa (2017) [56]	Aplicar a metodologia <i>SMED</i> na redução dos tempos de <i>setup</i> na montagem de cabos de aço na indústria automóvel	<ul style="list-style-type: none"> - Adquirir conhecimentos acerca do pensamento/manutenção <i>Lean</i>. - Identificação e análise do processo e dos problemas e dificuldades implícitos ao mesmo, e medição dos tempos. - Implementação da técnica <i>SMED</i>, combinada com outras técnicas como o <i>Standardized Work</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de <i>setup</i> em 58,3%.

2.4.8 Poka Yoke

A *Poka Yoke* é um método que foi desenvolvido por Shiego Shingo [85] em 1961 no Japão e tem como pressuposto que o erro no processo tem origem no erro humano. A forma mais simples e direta de evitar o erro é o aviso e, por vezes, a repreensão, mas o controlo absoluto de um operador não é possível uma vez que não é possível controlar continuamente as tarefas de um operador. Tendo em conta este pressuposto este método atua diretamente tendo como principal objetivo evitar o erro humano, tornando o sistema à prova de erro, atuando sempre antes do erro conforme descrito na Tabela 23 [92].

Tabela 23 - Métodos de aplicação do *Poka Yoke*

Método	Definição
Método de paragem (desligar) ou prevenção	Neste método, os dispositivos Poka Yoke verificam os parâmetros críticos do processo e, no caso deste se desviar para fora das tolerâncias previamente estipuladas, este pára e/ou desliga.
Método de controlo	Neste método, os dispositivos Poka Yoke são dispositivos de controlo. Estes indicam ou mostram ao operador que foi produzido um defeito, parando o processo, devendo este atuar imediatamente para que o processo prossiga.
Método de alerta/aviso	Neste método, os dispositivos Poka Yoke são dispositivos de aviso, que tornam o operador consciente de que algo está errado. Estes indicam ou mostram ao operador que foi produzido um defeito, devendo este atuar.

Para a simplificação da aplicação deste método, foram definidos seis passos para a aplicação do mesmo:

1. Identificar o problema;
2. Observar a estações de trabalho em causa;
3. *Brainstorming* para resolução do mesmo;
4. Selecionar a(s) melhores ideais;
5. Planear a implementação e implementação;
6. Monitorizar e concluir o processo;

Este método é, geralmente, implementado com o PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), obtendo desta maneira resultados imediatos, uma vez que estão praticamente interligados, tendo uma relação de simbiose [93].

Como referência para aplicação desta técnica, foram consultados os artigos descritos na Tabela 24, que resultam da combinação desta técnica com outras.

Tabela 24 - Quatro exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica – *Poka-Yoke*

Autor	Objetivos	Metodologia	Resultados
A.J.A. Magalhães <i>et al.</i> (2019) [94]	Criar um novo conceito de operação de classificação de fios curvados entre <i>workstations</i> na produção de peças automóveis	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo de todo o processo. - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos ao processo. - Descrição do equipamento atual. - Idealização dos requisitos do novo equipamento. - Desenvolver o novo equipamento. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo ciclo. - Redução dos defeitos através de sistemas anti-defeito (<i>Poka-Yoke</i>). - Aumento da gama de produtos.
Claudio Costa <i>et al.</i> (2018) [95]	Desenvolver uma garra hidráulica para maquinar peças metálicas de elevada complexidade	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo do processo. - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos ao processo. - Estudo e idealização de melhorias a implementar. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do custo de fabrico (através também, de sistemas anti-defeito (<i>Poka-Yoke</i>)). - Redução do tempo de ciclo. - Redução dos recursos necessários.
Tiago Castro <i>et al.</i> (2017) [96]	Otimizar ferramenta de cravar terminais elétricos	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo do processo, ferramenta e componentes. - Recolha de dados para otimização da ferramenta - Implementação das otimizações. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da gama de produtos sem prejudicar o produto através de sistemas anti-defeito (<i>Poka-Yoke</i>).
Mário Costa <i>et al.</i> (2018) [97]	Resolver problemas de qualidade por meio de ferramentas totalmente automatizadas de sistemas de produção	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo do processo. - Descrição do equipamento em estudo. - Identificação dos problemas e dificuldades. - Estudo e idealização de melhorias a implementar. - Análise dos resultados obtidos 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da produtividade em 19%. - Menos peças com defeito produzidas. - Deixou de ser necessário um operador alocado permanentemente à máquina.

2.4.9 Análise SWOT

A análise SWOT foi desenvolvida na década de 60 por Kenneth Andrews e Roland Christensen, mas apenas na década de 70 é que começou a ser mais usada, tornando-se, hoje em dia, numa das ferramentas mais comuns para a análise de indústrias [60].

Esta ferramenta é utilizada no planeamento e gestão estratégica nas organizações, sendo um modelo de apoio à decisão para a construção de estratégias organizacionais e competitivas. Para a aplicação desta ferramenta, é necessário perceber que as organizações são constituídas por todos os que tem influência direta ou indireta nela. Desta maneira, a organização é afetada pelos ambientes em que estes intervenientes coexistem, tanto fora como dentro da organização. Assim, a análise SWOT analisa não só a organização, mas também os ambientes em que esta está inserida, sendo que estes podem ser internos ou externos (Figura 32).

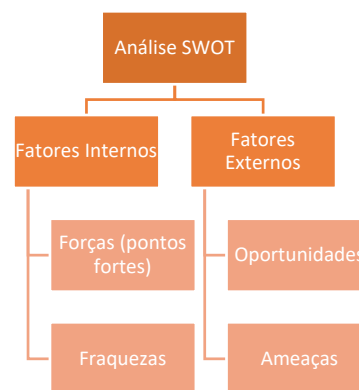


Figura 32 - Fatores internos/externos na análise SWOT

Como podemos ver na imagem, a análise SWOT inclui quatro variáveis, sendo estas separadas em dois grupos, fatores internos e externos. Geralmente, esta análise é feita num quadro dividido em quatro, correspondendo cada uma das divisões a uma variável, como podemos ver na Tabela 25 e na Figura 33 [98] [99].

Tabela 25 - As quatro variáveis da análise *SWOT*

Variáveis	Definição
Força (pontos fortes)	São características que trazem vantagens em relação à concorrência, por exemplo elementos diferenciadores.
Fraquezas	São características trazem desvantagens em relação à concorrência.
Oportunidades	São elementos externos à organização que podem trazer algum tipo de benefício.
Ameaças	São elementos externos à organização que podem trazer algum tipo de prejuízo.

A análise SWOT fornece informações que são úteis para combinar os recursos, fortalecendo as áreas mais necessitadas e aproveitando oportunidades, tornando-se, desta maneira, uma ferramenta poderosa e clara para uma organização num ambiente tão competitivo como o de hoje em dia.

Figura 33 - Quadro representativo de análise *SWOT*.

Como referência para aplicação desta técnica, foram consultados os artigos referidos na Tabela 26 [100] [101] [96].

Tabela 26 - Três exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica – Análise SWOT

Autor (s)	Objetivos	Metodologia	Resultados
Bruno Moreira <i>et al.</i> (2017)	Criar um novo conceito de produção e montagem integrados	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo dos diferentes processos. - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos à integração. - Estudo e idealização de melhorias a implementar. - Implementação das otimizações propostas. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da produtividade. - Aumento da flexibilidade produtiva. <p>Nota: Os resultados e preocupações podem ser observados numa análise SWOT.</p>
Jingyang Zhou, Pengwang He, Yanjun Qin, Dandan (2019)	Determinar uma estratégia adequada de pré-fabricados a sua implementação em áreas rurais baseado numa análise SWOT	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de literatura enquadrando o tema. - Avaliação dos fatores que influenciam a implementação de pré-fabricados (internos e externos). - Definição dos métodos a utilizar e escolha do mesmo. - Aplicação do método escolhido. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definida a melhor estratégia para implementação dos pré-fabricados, tendo como suporte uma análise SWOT.
Tiago Castro <i>et al.</i> (2017)	Otimizar ferramenta de cravar terminais elétricos	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo do processo, ferramenta e componentes. - Recolha de dados para otimização da ferramenta. - Implementação das otimizações. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da gama de produtos, comprovado por uma análise SWOT, deixando em aberto algumas melhorias, ameaças, e fraquezas.

2.4.10 Fluxograma

Os fluxogramas apareceram pela primeira vez para documentar negócios em 1920, pelas mãos de Frank e Lillian Gilbreth [102] tendo ganho realmente relevância em 1947, quando a ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) adotou um sistema de símbolos para estes diagramas, tomando a partir daqui tal relevância que, nos dias de hoje, é usada em praticamente todas as indústrias e organizações.

Um fluxograma é um diagrama que permite descrever um processo, usando para tal setas que definem o fluxo, sequência e símbolos como retângulos, círculos, entre outros, tendo cada um deles o seu significado no processo e definindo os passos ao longo do mesmo, tal como descrito na Figura 34. Estes diagramas são utilizados nas mais variadas áreas, uma vez que permitem documentar, estudar, planear, melhorar e comunicar processos de forma clara e objetiva, como pode ser verificado no exemplo dado na Figura 34. São adequados para processos bastante simples, podendo ser desenhados à mão, mas também para processos complexos com várias etapas e subprocessos desenhados por meio de programas informáticos [103] [60].

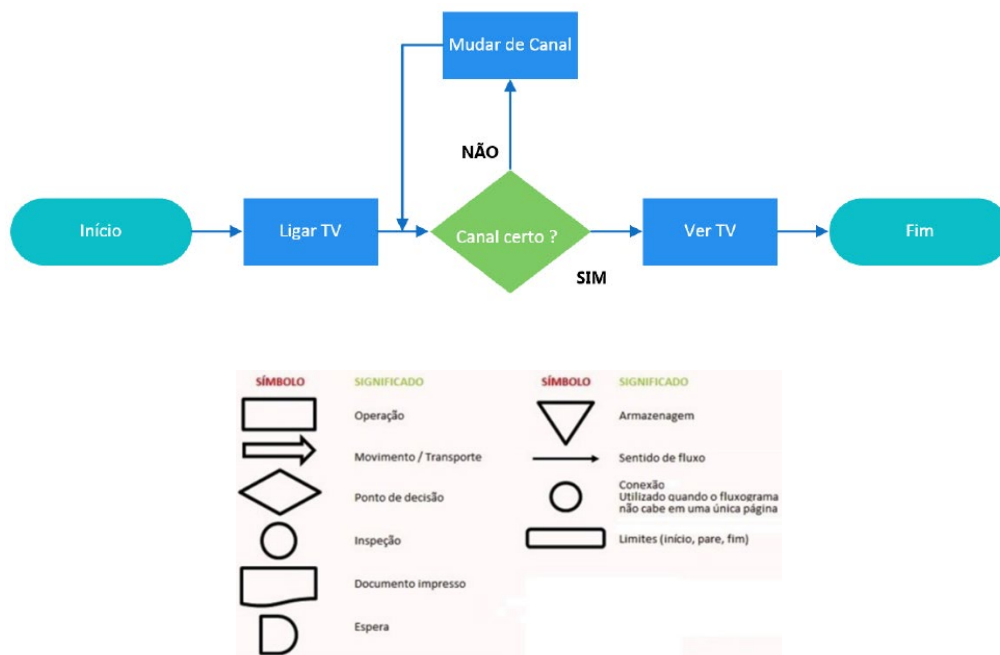


Figura 34 – Simbologia dos fluxogramas

Como referência para aplicação desta técnica, foram consultados os artigos descritos na Tabela 27, que resultam da combinação desta técnica com outras.

Tabela 27 - Três exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica – Fluxograma

Autor	Objetivos	Metodologia	Resultados
Patricia Neves <i>et al.</i> (2018) [82]	Implementar ferramentas <i>Lean</i> na produção de produtos texteis	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo do processo com a criação de um fluxograma. - Identificação dos problemas, dificuldades e desperdícios implícitos ao processo. - Atuação sobre as causas raiz do problema. - Aplicação de ferramentas <i>Lean</i> com vista à eliminação dos desperdícios identificados. - Análise dos resultados obtidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Redução do tempo de ciclo em 10%, correspondendo esta poupança a cada operador. <p>Nota: O fluxograma permitiu uma análise exaustiva do processo, permitindo identificar os desperdícios e atuando da melhor maneira.</p>
Francisco Silva <i>et al.</i> (2018) [104]	Estabelecer diretrizes para melhorar o processo de fundição de peças complexas	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de literatura, enquadrando o processo em questão. - Análise e escolha do caso de estudo representativo. - Experiências com o objectivo de atingir o resultado pretendido. - Análise dos resultados obtidos e definição de directrizes. 	<ul style="list-style-type: none"> - Foram definidas as directrizes <p>Nota: O fluxograma permitiu uma análise exaustiva do processo, permitindo identificar os defeitos e atuando da melhor maneira.</p>
Bebiana Pinto <i>et al.</i> (2019) [105]	Criação de um modelo estratégico para que as empresas rumem à Indústria 4.0	<ul style="list-style-type: none"> - Análise do problema. - Pesquisa. - Criação do conceito de modelo. - Aplicação do modelo. - Validação do modelo. 	<ul style="list-style-type: none"> - O modelo foi criado com sucesso, definindo as características necessárias <p>Nota: O fluxograma permitiu uma análise dos vários modelos, permitindo identificar onde atuar para que o resultado seja satisfatório.</p>

2.4.11 *Brainstorming*

O termo “*brainstorming*” surgiu pela primeira vez na década de 30, pela mão de Alex Osborn [106], um publicitário, e desde então esta técnica sofreu bastantes melhorias, até aos dias de hoje.

Esta técnica tem como objetivo a resolução de problemas, sendo caracterizada pela maneira informal e “relaxada” como se faz, encorajando as pessoas a contribuir com ideias e pensamentos, mesmo que no início pareçam descabidas, ou até um pouco desajustadas da realidade. O conceito é que todas estas ideias possam contribuir para a resolução do problema, para a discussão e troca de ideias, até que se chega a uma solução abrangente, ou até uma solução completamente inovadora e “fora da caixa”. Para que isto seja possível, é determinante que todas as ideias sejam respeitadas e ouvidas, por mais descabidas que pareçam, sendo que é proibido criticar as ideias apresentadas [107].

Esta ferramenta tem um maior efeito quando utilizada em grupo, uma vez que a “tempestade” / “chuva de ideias” é maior. Apesar disso, existem alguns estudos que apontam que por vezes o “*brainstorming*” individual é mais eficaz que em grupo. Individualmente, a ausência de egos e personalidades de outros intervenientes, permite uma maior desinibição e, desta forma, a ausência do medo do julgamento.

Para que esta ferramenta seja aplicada de maneira eficaz, definiram-se três passos fundamentais, para que o orador/responsável tenha sucesso, conforme a Tabela 28.

Tabela 28 - Os três passos do *brainstorming*

Passos	Descrição
1- Preparar o grupo:	<ul style="list-style-type: none"> - Criar um bom ambiente. - Fornecer as ferramentas, informações e documentação necessárias. - Convidar apenas as pessoas adequadas para o mesmo, de preferência pessoas de diferentes áreas, criando um grupo heterogéneo.
2- Apresentar o problema:	<ul style="list-style-type: none"> - Definir de forma clara o problema e o objetivo da reunião. - Disponibilizar um tempo inicial aos intervenientes para que estes possam pensar acerca do problema e escrever as ideias que têm para a resolução do mesmo. - Pedir para que estes partilhem as suas ideias, sendo dada oportunidade a todos os intervenientes para exporem as suas ideias de maneira equitativa.

Passos	Descrição
3- Moderar a discussão:	<ul style="list-style-type: none">- Após a partilha das ideias, permitir que estas sustentem uma discussão, provocando desta maneira o aparecimento de novas ideias a partir das ideias iniciais.- O orador/responsável também deve partilhar as suas ideias com o restante grupo.- A discussão deve ser guiada de maneira a não se perder o foco e o objetivo da mesma.- Não deixar que uma ideia seja demasiadamente debatida, permitir que todas o sejam, uma vez que o importante é a quantidade e não qualidade, nesta ferramenta.

Após o “*brainstorming*”, devem ser escolhidas um conjunto de ideias, as melhores, e serem desenvolvidas de maneira mais séria, com vista à resolução do problema [107] [108].

Como referência para aplicação desta técnica foram consultados os artigos descritos na Tabela 29, que resultam da combinação desta técnica com outras.

Tabela 29 - Três exemplos de artigos em que foi aplicada a técnica – *Brainstorming*

Autor	Objetivos	Metodologia	Resultados
Amer Shakir Zainola <i>et al.</i> (2009) [109]	Usar o <i>brainstorming</i> em grupo no contexto de design industrial, quais os fatores inibidores e a expor	<ul style="list-style-type: none"> - Análise e estudo do processo. - Escolha dos participantes, tema e análise do grupo. - Escolha dos instrumentos de “medição” e cálculo dos resultados. - Análise dos resultados obtidos. 	- É positivo o uso do <i>brainstorming</i> em grupo, neste contexto industrial.
Hosam Al-Samarraie, Shuhaila Hurmuzan (2017) [110]	Rever as técnicas de <i>brainstorming</i> no ensino superior	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de literatura de maneira a enquadrar o processo em questão. - Definir a unidade de análise. - Compilação de documentação e publicações relacionadas com o assunto. - Classificação do contexto. - Avaliação do material usado para abordar o impacto. 	- No contexto empresarial/industrial, o estudo sugere, que o <i>brainstorming</i> foi das técnicas mais utilizadas, e que é benéfico e motivacional para os alunos/empresa.
Bebiana Pinto <i>et al.</i> (2019) [111]	<i>Brainstorming vs. Brain-writing</i> : Caso de estudo para educação em engenharia de sistemas	<ul style="list-style-type: none"> - Revisão de literatura de maneira a enquadrando o tema. - Definição e vantagens do <i>Brainstorming</i> e <i>Brain-writing</i>. - Conclusão e ilações do estudo. 	- O <i>brainstorming</i> é a técnica preferida, mas tende a impor membros dominantes, ao contrário do <i>brain-writing</i> , que promove a igualdade.

2.5 Métodos de análise de retorno financeiro

Desde sempre, que todas as organizações com fins lucrativos, querem ter lucros a partir dos seus investimentos. Para que isto seja possível, é necessário fazer uma análise ao investimento em questão, levantando algumas questões: “Quanto tempo é necessário para este investimento dar lucro?”, “Em quanto tempo vai ser amortizado?”, “Esta é a melhor altura para investir?”. Todas estas perguntas devem ser feitas antes da realização de um investimento. Para isto, é necessário fazer uma análise de retorno financeiro, geralmente conhecido como “*payback*”. Esta análise funciona como um indicador que permite verificar quanto tempo é que este investimento vai demorar até estar amortizado, isto é, em quanto tempo é que vamos reaver o dinheiro investido [112] [60].

O “*payback*” tem uma fórmula de cálculo que permite aferir o retorno financeiro de um investimento, sendo esta a seguinte:

$$Payback = \frac{Investimento}{Retorno\ esperado} \quad (1)$$

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA, DOS PROCESSOS E DO PROBLEMA

3.1 Caracterização da empresa

3.2 Caracterização do processo atual

3.3 Caracterização do problema

3 Caracterização da empresa, dos processos e do problema

Neste capítulo, será caracterizada a empresa, o processo e o problema. Este será constituído por três subcapítulos, iniciando com uma breve apresentação da Consoveyo, S.A. onde esta tese foi desenvolvida e, de seguida, um subcapítulo com uma descrição detalhada acerca do processo atual de montagem de um transelevador tipo. Por fim, será caracterizado o problema. Desta forma, estará concentrada nestes três subcapítulos todo o levantamento de informação relacionada com a empresa e processo.

3.1 Caracterização da empresa

Neste capítulo será realizada uma descrição abrangente da empresa, incluindo história, área de negócio e posição dentro do grupo.

3.1.1 História da Consoveyo, S.A

A Consoveyo, S.A. é uma empresa especialista e líder global em sistemas automatizados com cerca de 35 anos, uma vez que o seu início remonta ao ano 1984 [113]. A cronologia de desenvolvimento da empresa pode ser analisada na Figura 36.



Figura 35 – Cronologia da empresa

3.1.2 Área de negócio da Consoveyo, S.A

A Consoveyo, S.A. pertence ao grupo Körber, estando enquadrada na área de negócio dos sistemas logísticos. Pertencendo a este grupo, a Consoveyo, S.A. tem várias empresas "irmãs", tendo cada uma delas uma área de negócio, sendo que a Consoveyo, S.A., tal como a Aberle GmbH, se enquadram no ramo dos integradores, que como foi explicado anteriormente é uma área bastante abrangente. A constituição do grupo é mostrada na Figura 37.

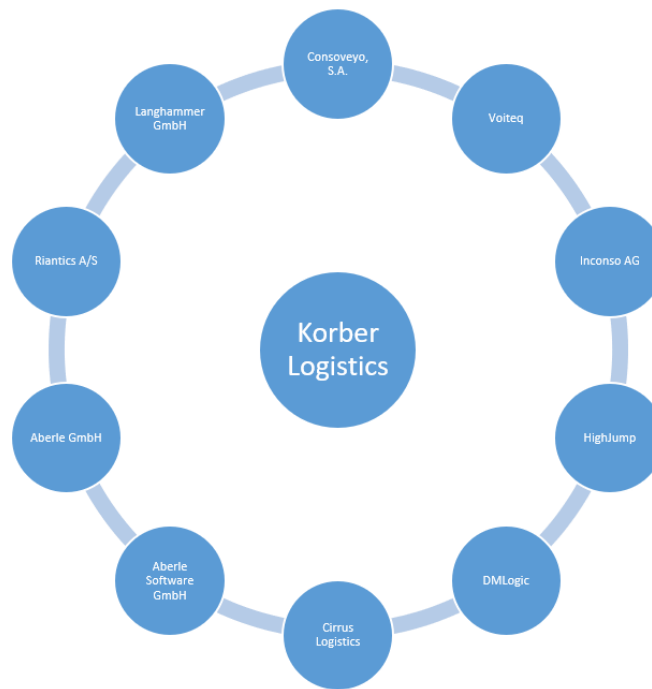


Figura 36 - Constituição do grupo Korber Logistics

A Consoveyo, S.A., para além de ser uma empresa do ramo da integração de sistemas, é também uma empresa fabricante de produto, tendo no seu portefólio um leque variado de produtos capazes de equipar um armazém completo. Dentro dos produtos produzidos pela empresa, podemos destacar, os RGV's, os transportadores de todos os tipos e o principal, designado como o produto “core” da empresa, os transelevadores. Desta forma, a Consoveyo, S.A. está talhada para projetos bastante customizados, tendo como principal característica a execução de projetos “chave na mão” [114].

3.2 Caracterização do processo atual

Neste capítulo, irá ser abordado e descrito o processo de montagem atual de um transelevador. Neste caso, foi estudado apenas um dos modelos de transelevadores existentes, sendo que o processo de montagem descrito é, na maior parte dos casos, transversal a todos os modelos.

3.2.1 Sequência de operações

Neste subcapítulo, é descrito o processo atual de montagem sob forma de sequência cronológica, sendo importante a sua compreensão para que a análise e propostas de melhoria sejam de mais fácil compreensão. Como forma de facilitar a compreensão do processo supracitado, na Figura 38 encontra-se uma imagem com o conjunto e subconjunto de um transelevador. Posteriormente, foram elaborados digramas com a sequência cronológica em que são identificadas as tarefas, o número de pessoas e tempo total para as executar, estes digramas podem ser vistos na Figura 39 e na Tabela 30.

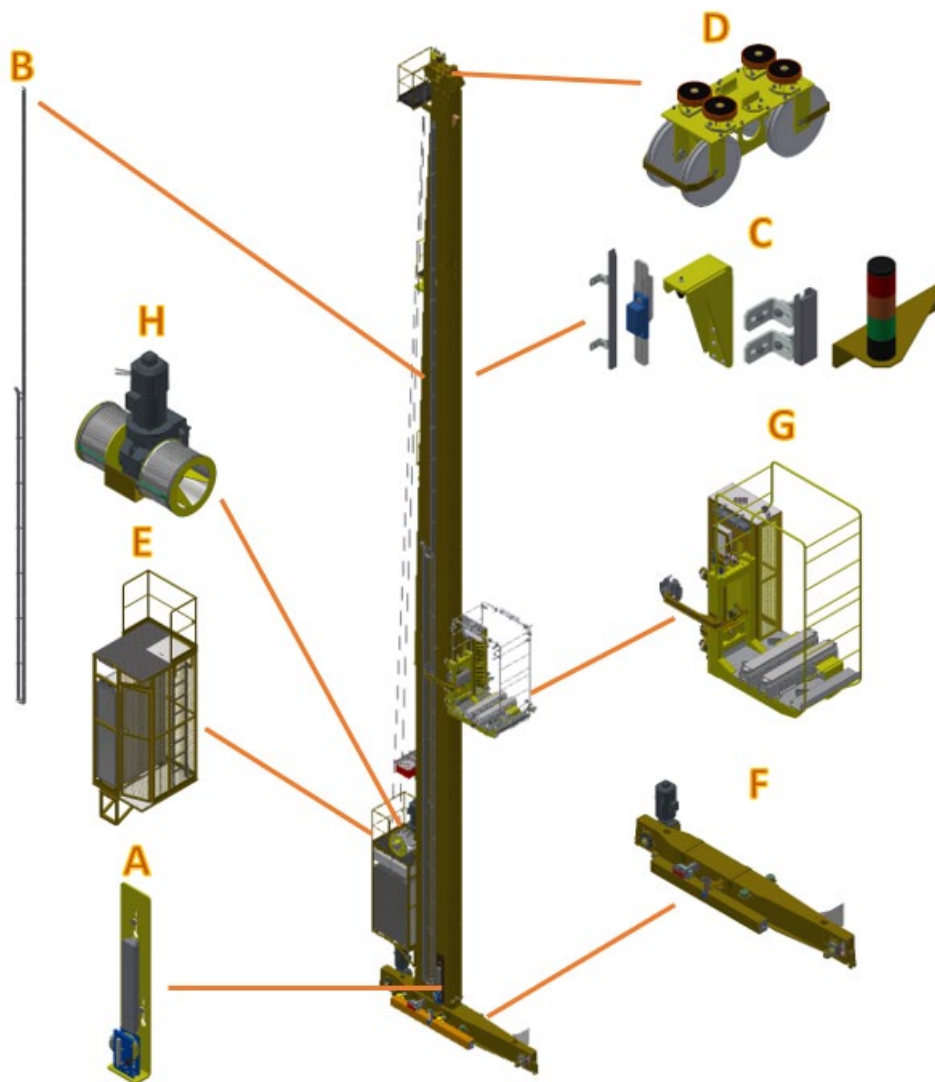


Figura 37 - Transelevador e subconjuntos

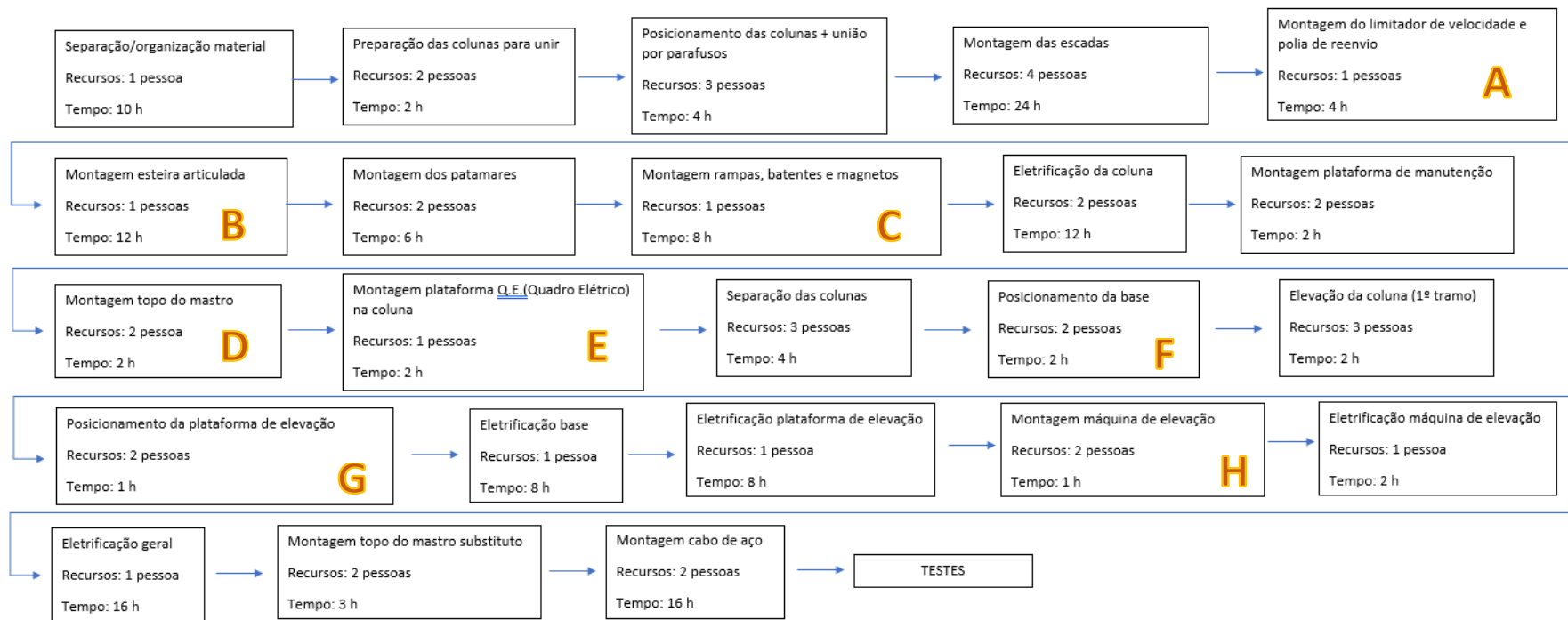
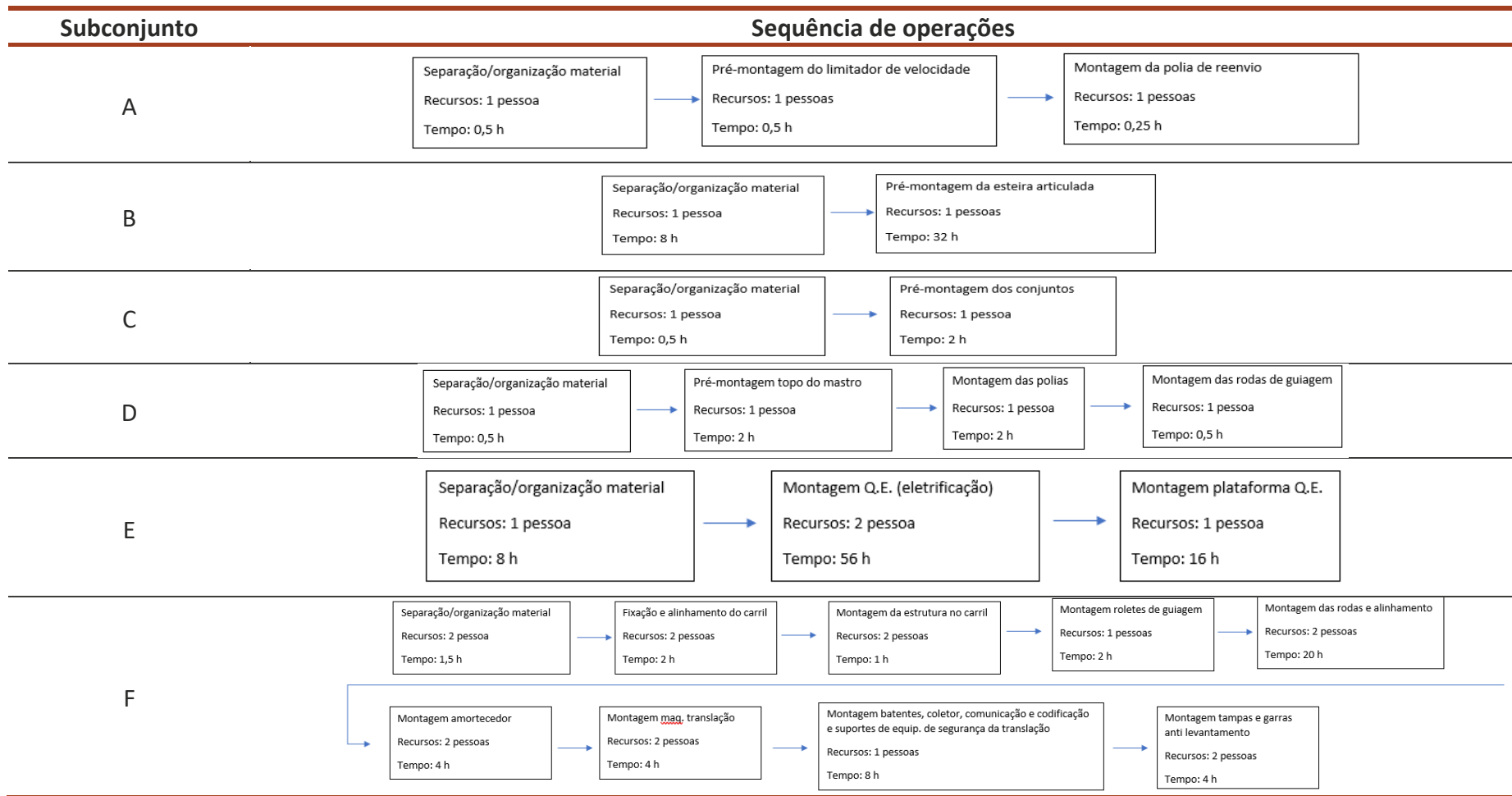
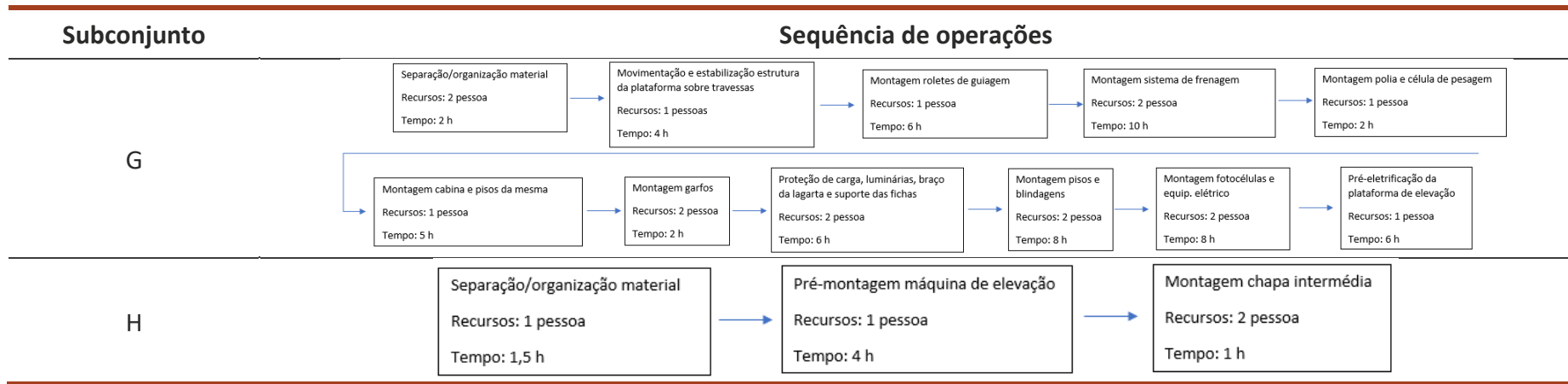


Figura 38 - Sequência de montagem geral transelevador

Tabela 30 - Sequência de montagem dos subgrupos



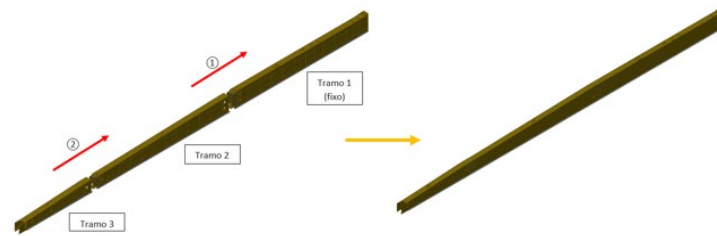


3.2.2 Descrição detalhada do processo

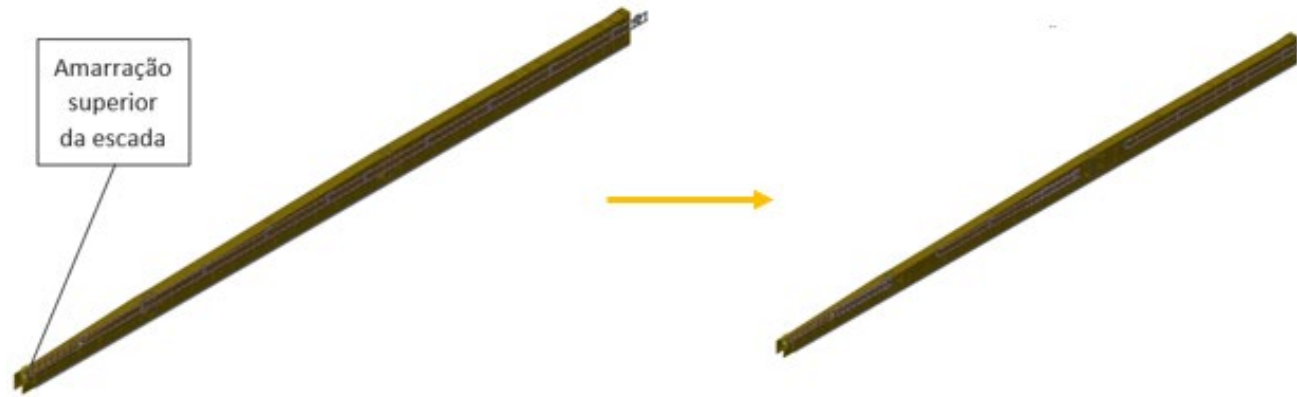
Neste subcapítulo será feita uma descrição detalhada de todo o processo de montagem, por ordem sequencial, respeitando o fluxo anteriormente apresentado e permitindo desta forma uma identificação mais fácil e eficaz dos pontos de atuação, conforme exposto na Tabela 31.

Tabela 31 - Descrição detalhada do processo

Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
Separação/ organização material	1	10	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a montagem inicial.
Preparação das colunas para unir	2	2	Nesta tarefa, os operadores procedem ao desgorduramento das guias e desimpedimento e passagem do macho nos furos, para que cada um dos tramos esteja em perfeitas condições para proceder à união.
Posicionamento das colunas e união	3	4	Nesta tarefa, os operadores posicionam os vários tramos, até quatro, em linha, ao longo do chão da fábrica, apoiados em calços de madeira, fazendo uma pré-montagem das chapas e/ou parafusos que fixam um tramo ao outro, posicionando-os para posterior união. Feita esta pré-montagem e alinhamento dos vários tramos, as colunas são unidas com a ajuda de um empilhador e de uma ponte rolante, pela ordem descrita na imagem. Não é aplicado o binário final nos parafusos de fixação, uma vez que a coluna será desmontada para posterior transporte.



Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
Montagem das escadas	4	24	<p>Após a união de todos os tramos da coluna e esta formar uma peça única, é feita uma pré-montagem da escada na coluna, tendo como ponto de partida a amarração superior da escada que é fixa em 1º lugar (feita a marcação e furação). Após a montagem da amarração superior, são posicionados todos os suportes e marcados todos os pontos com uma referência onde os suportes da escada são fixos na coluna. De seguida, a coluna é furada/roscada para posterior fixação da escada. Feitos os furos, a escada é montada ao longo da coluna, para verificação de funcionalidade e alinhamento. Depois desta verificação, são retirados os lanços de escadas que ficam entre uniões da coluna e amarrados à escada, para posterior transporte, uma vez que os suportes já não serão mais desmontados da coluna durante todo o processo.</p> <p>Nota: A furação do suporte da escada na base é feita posteriormente, quando o 1º tramo é montado na base.</p>



Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
Montagem do limitador de velocidade e polia de reenvio (A)			Pré-montagem.
Separação/organização do material	1	0,5	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.
Montagem do limitador de velocidade	1	0,5	Nesta tarefa, o conjunto do limitador de velocidade é pré-montado.

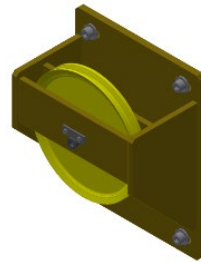


Montagem da polia de reenvio

1

0,25

Nesta tarefa, o conjunto da polia de reenvio é pré-montado.



Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
---			Montagem na coluna.
Montagem do limitador de velocidade e polia de reenvio	1	4	Feita a pré-montagem de ambos os conjuntos usados, é feita em primeiro lugar a fixação da polia de reenvio, sendo que a coluna já é fornecida com furação para a aplicação deste conjunto. É necessário colocar o conjunto na correta posição e apertar os parafusos já com o binário final, uma vez que esta polia já não será mais retirada. Após aplicado o conjunto da polia de reenvio, é montado o conjunto do limitador de velocidade. Este posicionamento é dado pelo desenho de conjunto feito pelo respetivo projetista e, uma

vez que a coluna não vem furada para o efeito, o conjunto é colocado na posição com a ajuda de uma ponte rolante, marcado com uma referência os locais de fixação do mesmo. Com o conjunto em posição, é feita a furação, servindo este de *gabarit* para a furação. Furada a coluna, são aplicados os parafusos de fixação, sendo dado o binário final, uma vez que este conjunto já não será mais retirado.



Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
Montagem da esteira articulada (B)			Pré-montagem.
Separação/ organização do material	1	8	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.
Pré-montagem da esteira articulada na coluna	1	32	É feita uma pré-montagem da esteira na coluna, tendo como ponto de partida a amarração intermédia da esteira que é fixa inicialmente (feita a marcação e furação) após a montagem da amarração intermédia. São posicionados todos os suportes/fichas e

marcados todos os pontos com uma referência onde os suportes da esteira são fixos na coluna. Estas marcações têm que estar coincidentes com as cotas dadas no desenho de projeto. Após esta marcação, a coluna é furada/roscada para posterior fixação das guias da esteira. Feitos os furos, as guias da esteira são montadas ao longo da coluna, para verificação de funcionalidade e alinhamento.

Montagem na coluna.

Montagem da esteira articulada

1

12

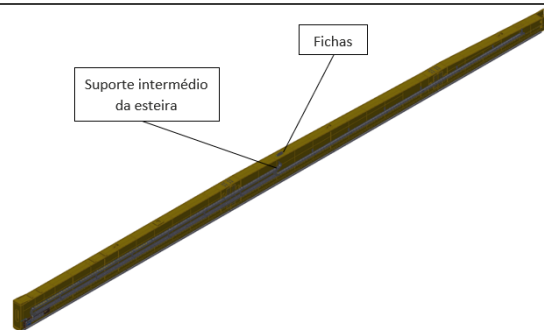
Após feita a furação e respetiva pré-montagem das guias, a esteira é montada passando no interior das guias. A esteira é então fixa no suporte intermédio e testada a sua funcionalidade. No final da funcionalidade estar garantida, é montado o suporte das fichas da lagarta na coluna. Estando todos os suportes alinhados com a guia, são retiradas as guias que ficam entre uniões da coluna e amarrados à guia que fica fixa à coluna para posterior transporte, uma vez que os suportes já não serão mais desmontados da coluna durante todo o processo.

Tarefa

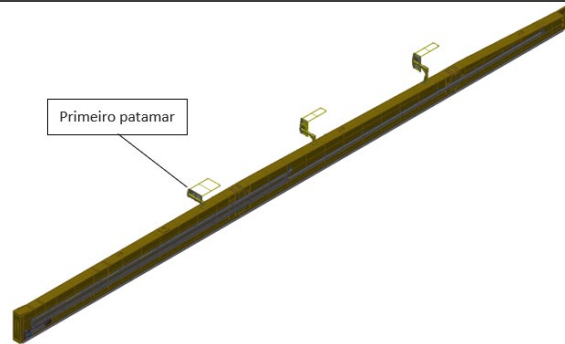
Recursos
(p.)

Tempo
(h)

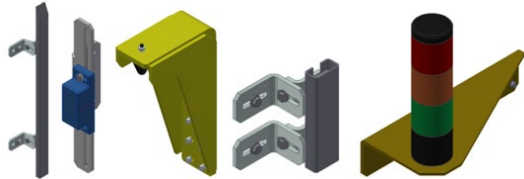
Descrição

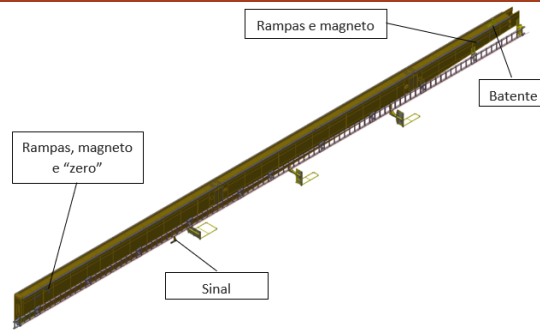


Montagem dos patamares.			
--- Separação/ organização do material	1	1	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.
Montagem dos patamares na coluna	2	6	São colocados e marcados os pontos de fixação, com uma referência, os patamares nas cotas dadas pelo desenho de projeto, começando pelo primeiro patamar instalado no primeiro tramo da coluna. Marcados os pontos de fixação, os patamares são retirados e feitas as respectivas furações. Feitas as furações, os patamares são montados e é dado o binário final, uma vez que estes não são mais retirados durante o processo.

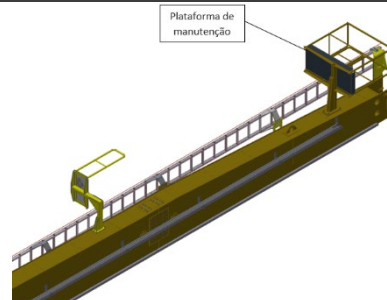


Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
Montagem das rampas, magnetos, batentes, "zero" da plataforma e sinal luminoso (C)			Pré-montagem.
Separação/ organização do material	1	0,5	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.

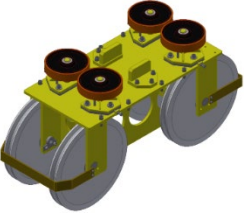
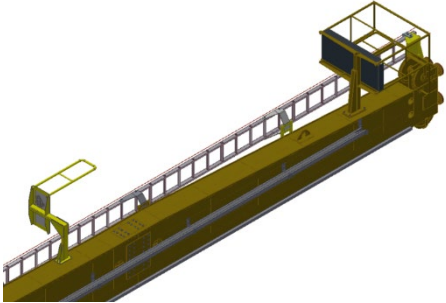
<p>Pré-montagem das rampas, magnetos, batentes, “zero” da plataforma e sinal luminoso</p>	<p>1</p>	<p>2</p>	<p>São montados os conjuntos das rampas, magnetos, batente, “zero” da plataforma e sinal luminoso.</p>
			
<p>---</p>	<p>Montagem na coluna.</p>		
<p>Montagem das rampas, magnetos, batentes, “zero” da plataforma e sinal luminoso</p>	<p>1</p>	<p>6</p>	<p>São colocados os diferentes conjuntos e marcados os pontos de fixação, com uma referência, às cotas dadas pelo desenho de projeto. Marcados os pontos de fixação, os conjuntos são retirados e feitas as respectivas furações. Depois, os conjuntos são montados e é dado o binário final, uma vez que estes não serão mais retirados durante o processo.</p>
<p>Tarefa</p>	<p>Recursos (p.)</p>	<p>Tempo (h)</p>	<p>Descrição</p>



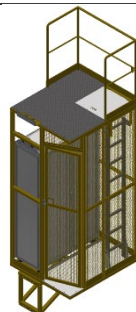
Pré-eletrificação da coluna	2	12	Nesta tarefa, a coluna é pré-eletrificada, sendo colocados cabos e calhas para proteção dos mesmos. Estes cabos são deixados com comprimento suficiente para ligação posterior ao quadro elétrico embarcado na coluna.
Montagem da plataforma de manutenção	2	2	É montada a plataforma de manutenção no topo da coluna, com a ajuda de um empilhador e/ou ponte rolante. Após colocada na posição final, é fixa na parte inferior na furação, previamente dada pelo fornecedor na coluna, sendo, dados dois furos na lateral da coluna para fixação final da plataforma. Feitos estes dois furos, é dado o binário final de aperto em todos os parafusos que fixam a plataforma, uma vez que esta não vai ser mais retirada ao longo do processo.



Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------

Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
Montagem do topo do mastro (D)			Pré-montagem.
Separação/ organização do material	1	0,5	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.
Pré-montagem do topo do mastro	1	5,5	Nesta tarefa, o conjunto do topo do mastro é montado.
			
---			Montagem na coluna
Montagem do topo do mastro	2	2	O topo do mastro é montado na coluna com a ajuda de empilhador e/ou ponte rolante. Os parafusos que fazem a ligação entre o topo do mastro e o último tramo. Devem ser apertados com o binário final, uma vez que o topo do mastro não vai ser mais retirado durante o processo.
			

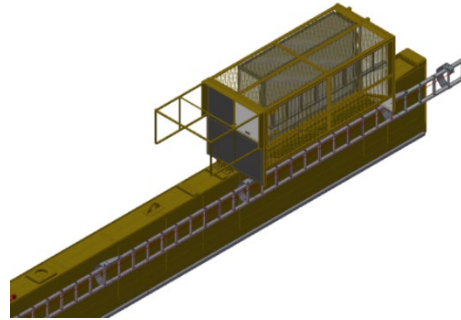
Montagem da plataforma Q.E. na coluna (E)		Pré-montagem.	
Separação/ organização do material	1	8	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.
Montagem do Q.E. (eletrificação)	2	56	Nesta tarefa, o(s) quadro(s) é/são eletrificados segundo os esquemas fornecidos pelos projetistas elétricos.
Montagem do Q.E. na estrutura	1	16	Nesta tarefa o(s) quadro(s) é/são montados na estrutura projetada para o efeito, sendo dado o binário final no seu aperto, uma vez que não serão mais retirados até ao final do processo. Estando o quadro(s) fixo(s), é finalizada a sua eletrificação.



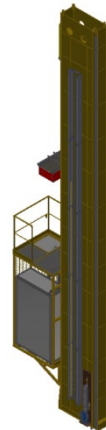
Montagem na coluna.

Montagem da plataforma Q.E. na coluna	1	2	Nesta tarefa a estrutura já com o quadro(s) instalado(s) é fixo à coluna. Neste caso, o binário final pode ou não ser dado, uma vez que para transporte e/ou instalação, pode ser necessário retirá-la.
---------------------------------------	---	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------


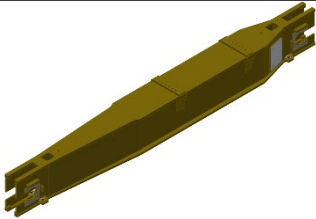
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------



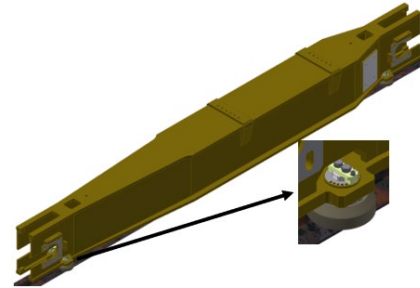
Separação das colunas	3	4	Nesta tarefa, os tramos das colunas são separados com a ajuda de um empilhador e/ou ponte rolante.
Preparação dos tramos para transporte	1	8	Todos os tramos são preparados para transporte, excetuando o primeiro tramo que será utilizado no restante processo de montagem e testes em fábrica. Esta preparação consiste na proteção de guias, material elétrico e outros.



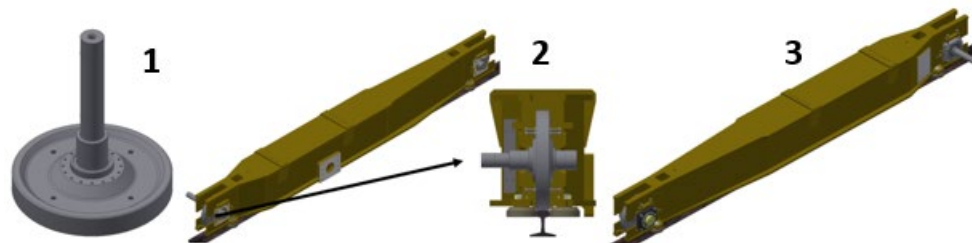
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------

Posicionamento da base (F)			Pré-montagem.
Separação/ organização do material	2	1,5	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.
Fixação e alinhamento/ nivelamento do carril	2	2	É fixo um carril, predefinido pelo projetista, e alinhado/nivelado no chão da fábrica, onde será colocada posteriormente a base.
			
Montagem da estrutura da base no carril	2	1	É colocada a estrutura da base sobre o carril, já com os parafusos e mola de elevação para manutenção montados. Estes parafusos ajudam, nesta fase, a manter a base à distância correta do carril. Após a colocação do carril sobre a base, esta é alinhada com o carril com a ajuda de um laser, e alvo de marcações feitas manualmente pelos operadores, definindo o centro da base.
			
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição

Montagem dos roletes de guiagem	1	2	Nesta tarefa, são montados os quatro roletes de guiagem na parte inferior da base.
---------------------------------	---	---	------------------------------------------------------------------------------------



Montagem das rodas e alinhamento	2	20	Nesta tarefa, são pré-montados os veios nas rodas (1). Após esta pré-montagem o conjunto da roda é montado na base com ajuda de uma ponte rolante, a roda é alinhada com a base/carril com a ajuda de parafusos colocados entre a roda e a estrutura da base, em conjunto com um laser e um alvo (2). Estando a roda perfeitamente alinhada, são colocadas as caixas das chumaceiras e os rolamentos das chumaceiras, as anilhas de afinação, e alinhadas chumaceiras com os veios, sendo fixadas na sua posição final com o binário adequado, uma vez que não serão mais removidas durante o processo (3).
----------------------------------	---	----	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



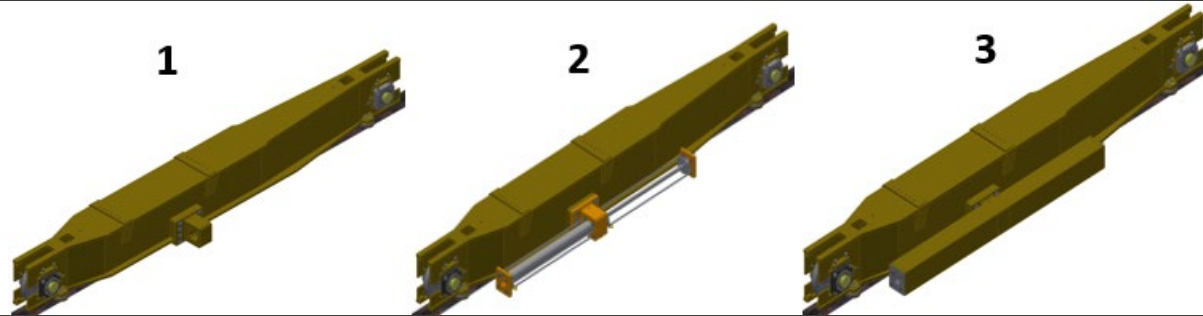
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------

Montagem do amortecedor

2

4

Nesta tarefa, é feita em primeiro lugar a montagem do bloco central do amortecedor, sendo dado o binário final aos parafusos que o fixam à base, uma vez que este não vai ser mais removido durante o processo (1). Estando fixo o bloco, o amortecedor é colocado no bloco juntamente com os tirantes e flanges, respeitando as distâncias fornecidas pelo departamento de projeto (2). Estando finalizada a montagem, é colocada a blindagem (3).

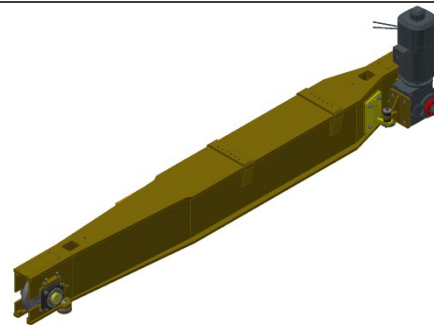


Montagem da máquina de translação

2

4

Nesta tarefa, é montada a máquina de translação, sendo dado o binário final apenas na chapa de fixação do braço de reação à base, uma vez que por vezes é necessário retirar o motor de translação para transporte.



Tarefa

Recursos
(p.)

Tempo
(h)

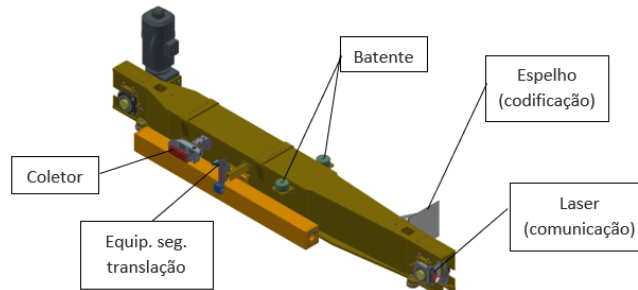
Descrição

Montagem batentes, coletor, comunicação e codificação e suportes de equip. de segurança da translação

1

8

Nesta tarefa, são colocados os diferentes conjuntos e marcados os pontos de fixação, com uma referência, segundo as cotas dadas pelo desenho de projeto. Marcados os pontos de fixação, os conjuntos são retirados e feitas as respectivas furações. Feitas as furações, os conjuntos são montados e é dado o binário final, uma vez que estes não serão mais retirados durante o processo.

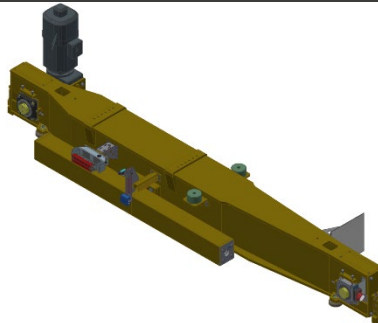


Montagem tampas e garras anti levantamento

2

4

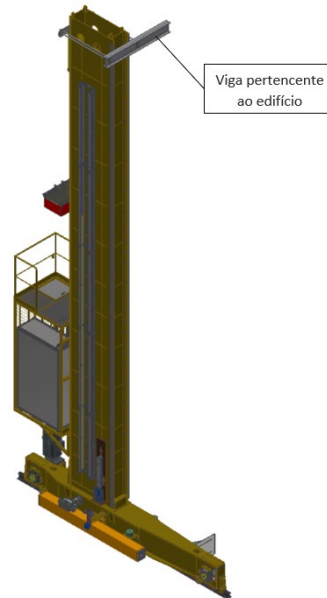
Nesta tarefa, são colocadas as tampas com as garras anti levantamento nos topos da base.




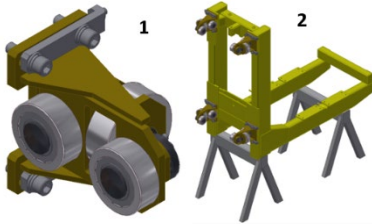
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------

Montagem no conjunto geral.			

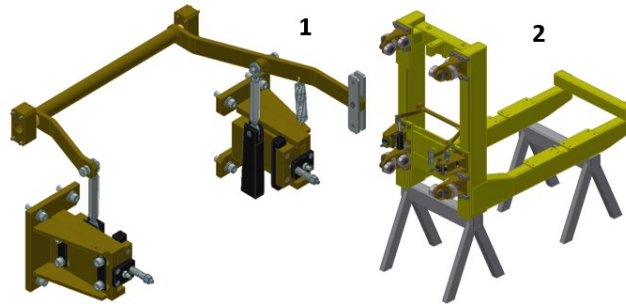
Posicionamento da base	2	2	Nesta tarefa, a base é posicionada para que seja montado o 1º tramo da coluna. A base é montada na “nave alta” do armazém, área com maior pé-direito da fábrica.
Elevação da coluna (1º tramo)	3	2	É montado o 1º tramo da coluna, com todos os equipamentos montados anteriormente na base. A fixação entre os dois conjuntos é feita por parafusos, sendo dado o binário final, apesar destes virem a ser desmontados posteriormente. No topo do 1º tramo são colocados uns pernos e uma chapa, para fixação desta à estrutura da fábrica, ficando desta maneira em segurança.



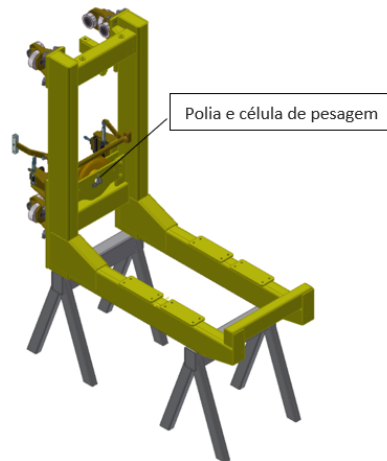
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------

Posicionamento da plataforma de elevação (G)				Pré-montagem.
Separação/ organização do material	2	2	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.	
Movimentação e estabilização da estrutura da plataforma de elevação	1	4	Nesta tarefa, a estrutura da plataforma é movimentada e colocada sobre dois cavaletes, garantindo que esta fica estabilizada e segura para os trabalhos que se seguem.	
				
Montagem dos roletes de guiagem	1	6	Nesta tarefa, os roletes de guiagem são pré-montados (1), sendo depois colocados na estrutura da plataforma. Estes roletes são apertados, de forma a que fixem apenas o conjunto, uma vez que serão afinados posteriormente (2).	
				
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição	

Montagem do sistema de frenagem	2	10	Nesta tarefa, o sistema de frenagem é pré-montado (1), sendo depois colocado na estrutura da plataforma. Os parafusos do sistema de frenagem são apertados, de forma a que estes apenas fixem o conjunto, uma vez que serão afinados posteriormente (2).
---------------------------------	---	----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

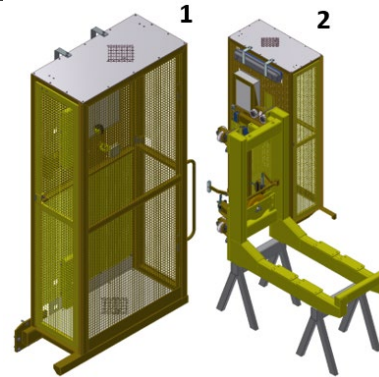


Montagem polia e célula de pesagem	1	2	Nesta tarefa, é montada a polia e a célula de pesagem na plataforma, uma vez que estas funcionam em conjunto.
------------------------------------	---	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------

Montagem da cabine	1	5	Nesta tarefa, é pré-montada a cabine da plataforma de elevação (1) e colocada na plataforma. Esta é fixa de forma permanente, sendo dado o binário final aos parafusos de aperto, uma vez que esta já não será mais removida durante o processo (2).
--------------------	---	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Montagem dos garfos	2	2	Nesta tarefa, são montados os garfos na plataforma, sendo dado o binário final nos parafusos de aperto, uma vez que estes não serão mais removidos da plataforma durante o processo.
---------------------	---	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



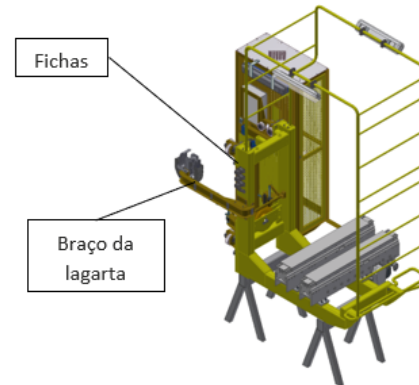
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------

Montagem proteção de carga, luminárias, braço da lagarta e fichas

2

6

Esta tarefa é iniciada pela colocação da proteção de carga, seguida da fixação das luminárias. Após estarem fixos os conjuntos, é feita a marcação com uma referência, e feitos os furos para fixação do braço da lagarta e das fichas à cota dada pelo departamento de projeto. Estando os furos feitos, é feita a pré-montagem do braço da lagarta, colocado na plataforma em conjunto com as fichas.

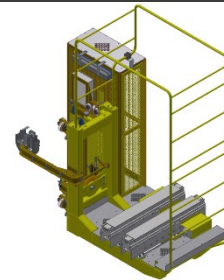


Montagem dos pisos e blindagens

2

8

Nesta tarefa, são montados todos os pisos e blindagens da plataforma de elevação e os respectivos suportes. A furação para a fixação dos pisos, blindagens e dos suportes, é feita no momento da montagem.



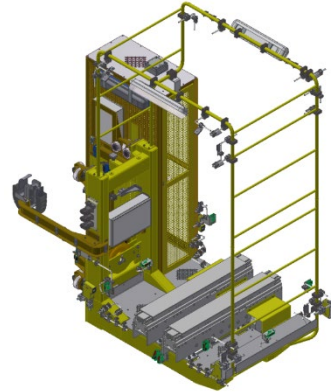
Tarefa

**Recursos
(p.)**

**Tempo
(h)**

Descrição

Montagem fotocélulas e equip. elétrico	2	10	Nesta tarefa, são montadas as fotocélulas e equipamento elétrico, tais como caixas elétricas e leitor de código de barras.
----------------------------------------	---	----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

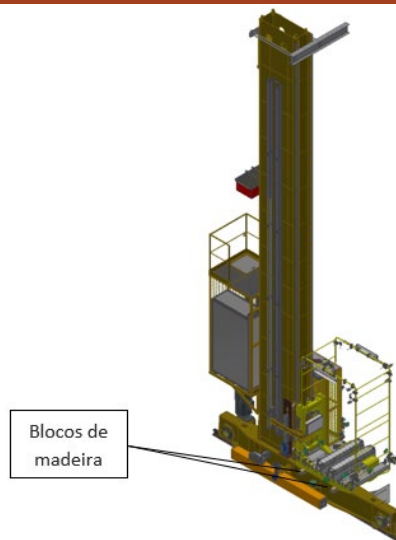


Pré-eletrificação da plataforma de elevação	1	6	Nesta tarefa, é feita a pré-eletrificação da plataforma de elevação.
---------------------------------------------	---	---	----------------------------------------------------------------------

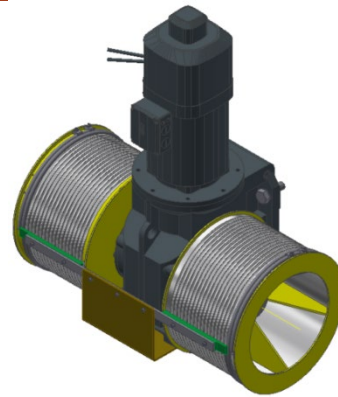
Montagem no conjunto geral.

Posicionamento da plataforma de elevação	2	1	Nesta tarefa, a plataforma de elevação é fixa no pré-conjunto composto pela base e o 1º tramo da coluna, previamente montados. Nesta operação, são retirados os roletes de guiagem do lado contrário à cabine, para mais fácil montagem, sendo estes colocados após posicionamento da plataforma no 1º tramo da coluna. Após posicionamento, a plataforma é descida até ficar apoiada sobre blocos de madeira previamente colocados sobre a base.
------------------------------------------	---	---	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------



Eletrificação da base	1	8	Nesta tarefa, a base é eletrificada e finalizada. Esta tarefa inclui a fixação de cabos e calhas à mesma.
Eletrificação da plataforma de elevação	1	10	Nesta tarefa, a plataforma de elevação é eletrificada e finalizada. Esta tarefa inclui a fixação de cabos e calhas à mesma.
Montagem da máquina de elevação (H)			Pré-montagem.
Separação/ organização do material	1	1,5	Nesta tarefa, é separado e organizado todo o material necessário para a tarefa.
Pré-montagem da máquina de elevação	1	4	A máquina de elevação é pré-montada, sendo dado o binário final a todos os parafusos, uma vez que não serão mais removidos durante o processo.
Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição



Montagem no conjunto geral.

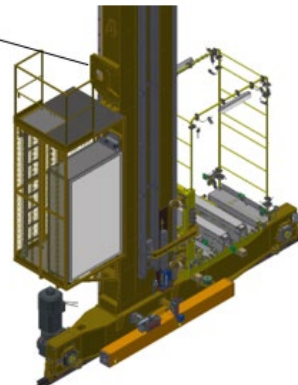
Montagem chapa de ligação

2

1

Nesta tarefa, é montada na coluna a chapa intermédia de ligação entre a máquina de elevação e a coluna. É dado o binário final nos parafusos, uma vez que estes não serão mais retirados durante o processo.

Chapa intermédia



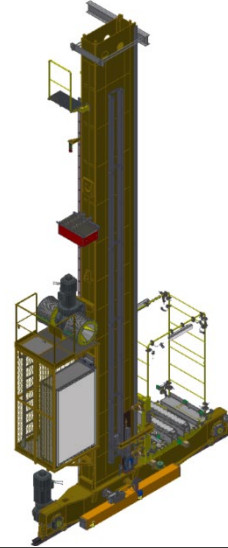
Tarefa

Recursos
(p.)

Tempo
(h)

Descrição

Montagem da máquina de elevação	2	1	Nesta tarefa, é montada a máquina de elevação na coluna, não é dado o binário final nos parafusos, uma vez que a máquina será desmontada para transporte.
---------------------------------	---	---	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Eletrificação da máquina de elevação	1	2	Nesta tarefa, a máquina de elevação é eletrificada e finalizada, esta tarefa inclui a fixação de cabos e calhas.
--------------------------------------	---	---	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

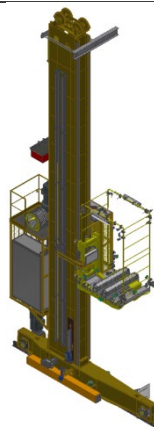
Eletrificação geral transelevador	1	16	Nesta tarefa, a eletrificação do transelevador é finalizada.
-----------------------------------	---	----	--------------------------------------------------------------

Montagem estrutura de substituição do topo do mastro	2	3	É feita a montagem de uma estrutura de substituição do topo do mastro, para que seja possível a montagem do cabo de aço e respetivo cabo de aço. Esta estrutura depende de transelevador para transelevador.
------------------------------------------------------	---	---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tarefa	Recursos (p.)	Tempo (h)	Descrição
--------	---------------	-----------	-----------



Montagem cabo de aço	2	16	Nesta tarefa, é feita a montagem do cabo de aço para que possam ser realizados os testes. O cabo utilizado é o mesmo aplicado em obra, sendo o excedente enrolado, uma vez que a plataforma não irá fazer a totalidade do curso.
----------------------	---	----	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



TESTES

3.3 Caracterização do problema

Neste capítulo abordar-se-á o porquê de ser necessária a análise e proposta de melhoramento do processo de desenho e produção (montagem) dos transelevadores. Na parte de conceção do produto, tem que ser pensada a maneira como este é montado/afinado em oficina, sendo que há vários tipos de transelevadores.

3.3.1 Análise do problema na fase de projeto

A história da Consoveyo S.A. começou há cerca de 35 anos, tempos em que projetistas pouco ou nada eram envolvidos e incentivados a pensar e facilitar a fase de montagem dos equipamentos. Durante estes anos, foram feitas algumas melhorias ligeiras nas estruturas e conjuntos dos transelevadores, pensando na fase de montagem e nos próprios tempos de execução. Ainda assim, nunca o problema foi analisado de trás para a frente, uma vez que os transelevadores não foram desenvolvidos tendo como um dos principais focos a fase montagem e transporte, o que, hoje em dia, é quase tão importante como a sua funcionalidade, uma vez que está diretamente relacionado com o *payback* do equipamento.

Tendo em conta todos estes aspetos, durante a execução desta tese, muitos dos problemas que serão identificados na fase de montagem, são na realidade problemas da fase de projeto, tendo que ser resolvidos e melhorados na fase de projeto, no futuro.

3.3.2 Análise do problema na fase de montagem

Analisando todos os dados atuais, podemos identificar uma série de problemas, típicos de um equipamento que nunca foi abordado do ponto de vista de montagem. Alguns problemas são inerentes à tipologia do equipamento, sendo, por isso, incontornáveis. Outros, identificados na Tabela 32, são passíveis de melhoria e até mesmo de eliminação, sendo considerados um total desperdício. Para análise do problema na fase de montagem, foi utilizado o método das oito formas de desperdício, incluindo o oitavo desperdício, apresentado no cap. 2.4.3.

Tabela 32 - Desperdícios identificados na fase de montagem

Desperdícios	Melhorável (Sim/Não)	Razão
Transporte	Sim	Devido ao <i>layout</i> atual da fábrica, existem demasiados movimentos de transporte.
Inventário	Não	---
Movimento	Sim	Devido à falta de estruturas adequadas à montagem dos componentes, os operadores fazem demasiados movimentos considerados não corretos do ponto de vista ergonómico, sendo muitas vezes estes movimentos desnecessários.
Esperas	Sim	Sendo o transelevador montado em blocos, a falta de coordenação e de um fluxo definido e pensado, cria demasiadas esperas.
Processamento impróprio/defeituoso	Sim	A não existência de procedimentos, métodos e, muitas vezes, ferramentas inadequadas gera produtos defeituosos.
Retrabalho ou defeito	Sim	Este acontece na sequência do ponto anterior.
Excesso de produção	Não	---
Recursos humanos	Sim	Este desperdício acontece por falta de interação entre as equipas, por vezes por falta de tempo, para discutir a melhor abordagem ao processo.

Tendo em conta esta análise, podemos concluir que de oito desperdícios considerados, apenas dois não são considerados, o que significa que o processo global é extramente inadequado e precisa de intervenção urgente. Conseguindo atuar sobre estas áreas, tornaremos o processo mais eficaz e eficiente.

Foi usada a técnica das oito formas de desperdício tendo como referência os resultados obtidos com a aplicação da mesma em artigos identificados no cap. 2.4.3.

DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

4.1 *Brainstorming*

4.2 Justificação da seleção das ideias

4.3 Desenvolvimento das ideias filtradas

4.4 Análise crítica dos resultados

4.5 Implementação

4.6 Discussão

4 Desenvolvimento e resultados

Neste capítulo, será desenvolvida a tese com base em todos os conceitos práticos e teóricos, bem como todo o levantamento de dados descritos nos capítulos anteriores. Este será constituído por seis subcapítulos, iniciando com um *brainstorming* em busca de todas as soluções possíveis para os problemas encontrados, sendo estas filtradas e selecionadas no subcapítulo seguinte.

De seguida, irá ser feita uma análise crítica dos resultados obtidos, permitindo aferir se é viável a sua aplicação ou não, e tendo em conta esta análise, irá ser descrita a implementação destas soluções.

Por fim, a discussão, onde serão feitas comparações com casos de estudo e respetivos resultados obtidos com as implementações feitas ao longo do desenvolvimento, por analogia.

4.1 *Brainstorming*

Neste capítulo será feito um *brainstorming* de todas as ideias que surgiram para a resolução dos desperdícios identificados no capítulo anterior. Foi criada uma tabela permitindo a análise detalhada de cada um dos desperdícios identificados. Uma vez que os desperdícios identificados na fase de montagem estão, muitas vezes, diretamente relacionados com a fase de projeto, serão encontradas soluções para a sua resolução como um todo e não individualmente. Todas as ideias tiveram como base o pensamento *Lean*.

Para realização do *brainstorming* foi criada uma equipa que inclui as várias áreas que envolvem a execução e montagem de um transelevador: a engenharia, representada por mim e por outro colega, responsáveis pelo desenho e lançamento do transelevador; a fábrica, representada pelos dois chefes de oficina da parte mecânica, responsáveis pela coordenação das equipas de montagem em fábrica e com uma vasta experiência na montagem deste tipo de equipamentos; a gestão industrial, representada por um engenheiro de gestão industrial, responsável por toda a fábrica e também pela implementação da metodologia *Lean* na mesma.

Tabela 33- Tabela *brainstorming* de ideias para eliminação dos desperdícios

Desperdícios	Motivo/razões	Hipóteses/ideias	Técnica/ ferramentas passíveis de aplicação
Transporte	A principal razão para a existência deste desperdício é o <i>layout</i> atual fábrica, como tal, na sugestão de ideias foi assumido que todas as estações de trabalho são móveis e modulares.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reformular totalmente o <i>layout</i> da fábrica, direcionando-o apenas para a montagem de transelevadores. 2. Passar todas as tarefas de montagem do transelevador para a nave alta, idealizando e refazendo o <i>layout</i> apenas para a nave alta, estando esta zona dedicada apenas e só à montagem de transelevadores. 3. Refazer e reformular o <i>layout</i> da nave alta apenas para as grandes e principais estruturas do transelevador (base, coluna, plataforma do. Q.E., plataforma de Elevação), ficando as estruturas/conjuntos de menores dimensões e demais fácil movimentação alocados à nave baixa, bem como a montagem dos Q.E.. 	Fluxograma
Inventário	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável
Movimento	Este desperdício acontece maioritariamente pela falta de condições adequadas à execução de alguns processos, bem como a falta de organização do local de trabalho, nomeadamente, nas estruturas de grandes dimensões.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Disposição de bancadas e ferramentas de trabalho adequados ao trabalho (<i>gabarits</i>, cavaletes, etc...). 2. Envolvimento dos projetistas na resolução destes problemas. Por exemplo, pedir as estruturas já com todas as furações, e outros que ajudem na melhor e mais adequada montagem dos componentes, mesmo que isso signifique uma mudança nas estruturas. 	- 5s - SMED

Desperdícios	Motivo/razões	Hipóteses/ideias	Técnica/ ferramentas passíveis de aplicação
Esperas	A principal razão para este desperdício ocorrer são os atrasos do fornecedor, a falta de inspeção ou até inspeção precária, o que leva a uma identificação tardia dos erros e, conseqüentemente, a esperas, alterações ou definições pela parte de projeto tardias, e até mesmo atrasos durante a montagem dos diferentes componentes que levam ao atraso/ paragem da tarefa seguinte.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir prazos a fornecedores, com respetiva folga para a linha de montagem, contemplando algum atraso por parte do fornecedor, aplicando multas ao mesmo se assim for necessário. 2. Reforçar, formar e equipar de forma correta o departamento de qualidade, responsável pela inspeção das peças. 3. Exigir ao departamento de projeto um equipamento totalmente acabado antes de qualquer planeamento de produções, evitando desta maneira alterações de última hora. 	- <i>Standardized work</i>
Processamento impróprio/ defeituoso	A razão pela qual este desperdício é tão gritante ao longo deste processo, é não haver procedimentos fechados e claros de como executar as diferentes tarefas ao longo do processo, bem como a funcionalidade de cada equipamento.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elaborar procedimentos de montagem para todos os conjuntos e subconjuntos do equipamento. 2. Providenciar <i>workshops</i> acerca da máquina e do seu funcionamento, em oficina ou, se não for possível, em obra. 3. Rever PIE's (Plano inspeção e ensaios) de verificação de montagem e voltar a implementá-los. 	- <i>Standardized work</i>

Desperdícios	Motivo/razões	Hipóteses/ideias	Técnica/ ferramentas passíveis de aplicação
Retrabalho ou defeito	A razão pela qual este desperdício ocorre é o facto destas estruturas/equipamentos não serem projetadas para a montagem, ou para a facilitarem, tentando desta maneira obter o erro “zero”.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para evitar o retrabalho ou defeito, as estruturas/equipamentos deverão ser projetadas para evitar o erro, isto é, por exemplo, encaixando só da forma correta, ou sendo utilizados equipamentos extra que ajudem à correta montagem 2. Sendo que as estruturas já estão projetadas e não podem ser modificadas por questões de funcionalidade e outras, é sugerido que se introduzam melhorias no fabrico pensadas pelo departamento de projeto em conjunto com os operadores. 	- <i>Poka Yoke</i>
Excesso de produção		Não aplicável	Não aplicável
Recursos humanos	A principal razão pela qual este desperdício acontece por falta de interação entre as equipas, por vezes por falta de tempo, para discutir a melhor abordagem ao processo, aproveitando as ideias de todos.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Criar uma equipa dedicada à análise do processo que seja transversal a todas as áreas envolventes do processo, permitindo a partilha de ideias/sugestões de todos os departamentos envolvidos. 2. No final de cada projeto, fazer sempre uma reunião de <i>Lessons Learned</i>, com vista, a não repetir os erros num próximo projeto, fazendo com que se torne o processo evolutivo. 	- <i>Brainstoming</i>

4.2 Justificação da seleção das ideias

Neste capítulo, serão analisadas e escolhidas as ideias sugeridas no capítulo anterior. No final deste capítulo, perceber-se-ão todas as ideias válidas para aplicação no processo. Para uma melhor explicação e definição do pretendido, este capítulo foi dividido em subcapítulos.

4.2.1 Transporte

Tal como explicado no capítulo anterior, a principal causa deste desperdício é o *layout* atual da fábrica. Como forma de filtrar as ideias sugeridas no *brainstorming*, foi criada a Tabela 34, descartando ou não as ideias propostas.

Tabela 34 – Filtro de ideias para resolução do desperdício - Transporte

Ideia	Válida / Não válida	Razões
1	Não válida	Uma vez que a fábrica é utilizada para a montagem de outros tipos de equipamentos, não é viável reformular totalmente o <i>layout</i> da fábrica, direcionando-o apenas para a montagem de transelevadores.
2	Não válida	Apesar de ser possível, não é viável que todos os conjuntos e subconjuntos do transelevador sejam montados apenas na nave alta, nomeadamente quadros elétricos que já estão consignados a uma só zona da fábrica, bem como alguns subconjuntos mais pequenos de fácil transporte.
3	Válida	Esta ideia foi escolhida por ser a mais apropriada, tendo em conta as seguintes vantagens: <ul style="list-style-type: none"> - Todas as estruturas de grandes dimensões ficarão na nave alta, ficando, desta maneira, ao alcance de uma só ponte rolante para a sua movimentação, tornando as tarefas de transporte menores e de menor grau de perigosidade. - Todas as grandes estruturas são descarregadas num só cais, apropriado para o efeito. - A montagem dos quadros elétricos continuará consignada a uma zona apropriada para o efeito. - A montagem dos conjuntos de menores dimensões e de fácil transporte, mantendo-se na nave baixa, permite um melhor aproveitamento de espaço da nave alta, necessário para manobrar as estruturas, e ainda diminui o risco de acidente para quem monta estes conjuntos mais pequenos.

4.2.2 Movimento

Relativamente a este desperdício identificado, foram avaliadas as ideias sugeridas no *brainstorming*, e ambas foram validadas, conforme podemos verificar na Tabela 35, onde também são explicadas as razões pelas quais as ideias foram aceites.

Tabela 35 – Filtro de ideias para resolução do desperdício - Movimento

Ideia	Válida / Não válida	Razões
1	Válida	<p>Esta ideia sugerida foi validada, tendo em conta as seguintes vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O uso de cavaletes, <i>gabarits</i>, etc... permite uma melhor organização do trabalho, criando rotinas e evitando movimentos desnecessários. - O uso de bancadas adequadas e definidas de trabalho permite a extinção de movimentos desnecessários e com perigo para o operador.
2	Válida	<p>Esta ideia sugerida foi validada, tendo em conta as seguintes vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Com o envolvimento dos projetistas na resolução de alguns dos problemas sugeridos pela produção, poderão ser introduzidas alterações e antecipados trabalhos que podem ser realizados pelos fornecedores subcontratados.

4.2.3 Esperas

Relativamente a este desperdício identificado, foram avaliadas as três ideias sugeridas no *brainstorming*, e após esta avaliação, estas foram todas aceites, conforme podemos verificar na Tabela 36, onde também são explicadas as razões.

Tabela 36 – Filtro de ideias para resolução do desperdício - Esperas

Ideia	Válida / Não válida	Razões
1	Válida	Esta ideia sugerida, foi validada tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s): - O facto de ser aumentada a exigência para com os fornecedores em termos de prazos, permite um melhor planeamento da montagem em fábrica, permitindo uma antecipação das necessidades e de erros que possam vir a acontecer.
2	Válida	Esta ideia sugerida, foi validada tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s): - Com a implementação desta ideia, será possível antecipar eventuais erros do fornecedor antes das peças serem montadas. Muitas vezes, os erros só são identificados já durante a fase de montagem.
3	Válida	Esta ideia sugerida, foi validada tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s): - Um equipamento completamente terminado e lançado, permite a eliminação de esperas por alterações de última hora.

4.2.4 Processamento impróprio/ defeituoso

Relativamente a este desperdício identificado, foram avaliadas as duas ideias sugeridas no *brainstorming* e, após esta avaliação, ambas aceites conforme podemos verificar na Tabela 37, onde também são explicadas as razões da validação.

Tabela 37 – Filtro de ideias para resolução do desperdício – Processamento impróprio / defeituoso

Ideia	Válida / Não válida	Razões
1	Válida	<p>Esta ideia sugerida foi validada, tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> - O facto de se elaborarem procedimentos de montagem “fechados”, faz com que se diminua a probabilidade de má ou defeituosa montagem, uma vez que a mesma não dependerá de operador para operador, sendo criada uma obrigatoriedade das operações serem realizadas sempre da mesma forma.
2	Válida	<p>Esta ideia sugerida foi validada, tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Com a implementação desta ideia, será possível sensibilizar os operadores para o funcionamento do equipamento, fazendo com que estes percebam o que é mais ou menos importante na montagem do equipamento, e percebendo o que é mais ou menos funcional.

4.2.5 Retrabalho ou defeito

Relativamente a este desperdício identificado, foram avaliadas as duas ideias sugeridas no *brainstorming* e, após esta avaliação, ambas aceites conforme podemos verificar na Tabela 38, onde também são explicadas as razões da validação.

Tabela 38 – Filtro de ideias para resolução do desperdício – Retrabalho ou defeito

Ideia	Válida / Não válida	Razões
1	Válida	Esta ideia sugerida foi validada, tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s): - Com esta ideia, poderemos evitar o erro de forma forçada, uma vez que não há maneira de montar se não a correta.
2	Válida	Esta ideia sugerida foi validada, tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s): - Criando troca de ideias ao longo do processo de montagem, poderemos criar um processo evolutivo e com os <i>inputs</i> dos operadores poderão ser feitas pequenas alterações nos equipamentos que evitem uma má ou defeituosa montagem.

4.2.6 Recursos humanos

Relativamente a este desperdício identificado, foram avaliadas as duas ideias sugeridas no *brainstorming* e, após esta avaliação, ambas aceites conforme podemos verificar na Tabela 39, onde também são explicadas as razões da validação.

Tabela 39 - Filtro de ideias para resolução do desperdício – Recursos humanos

Ideia	Válida / Não válida	Razões
1	Válida	Esta ideia sugerida foi validada, tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s): - Com esta ideia, poderemos antecipar erros e acelerar processos na montagem, contando para isso com <i>inputs</i> das várias áreas.
2	Válida	Esta ideia sugerida foi validada, tendo em conta a(s) seguinte(s) vantagem(s): - Criando esta rotina de no final de cada projeto haver um levantamento de dados e uma reunião de <i>Lessons Learned</i> , permitirá que não se repitam sempre os mesmos erros de um projeto para o outro, tornando o processo evolutivo.

4.3 Desenvolvimento das ideias filtradas

Neste capítulo, serão analisadas as ideias escolhidas no capítulo anterior, bem como o modo de aplicação possível. No final deste capítulo, será possível a aplicação de todas as ideias, melhorando todo o processo. Para uma melhor explicação e definição do pretendido, este capítulo foi dividido em subcapítulos.

4.3.1 Transporte

4.3.1.1 Atual

Neste subcapítulo é demonstrado o layout atual da fábrica, bem como os transportes executados na montagem de um transelevador (Figura 39), bem como o tempo gasto nestas tarefas (Tabela 40).

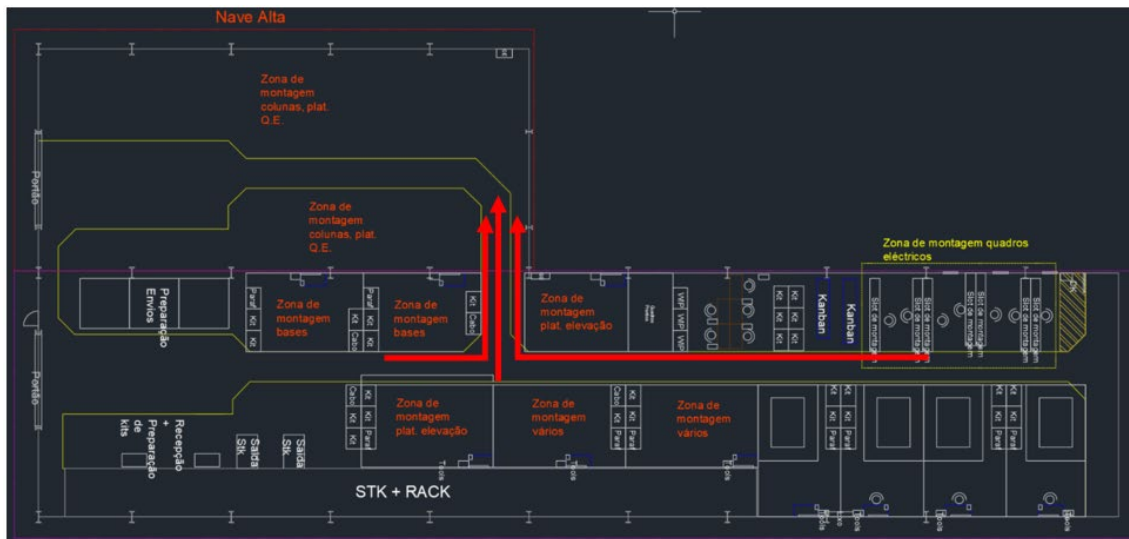


Figura 39 – Layout geral atual fábrica (com setas de fluxo a vermelho)

Tabela 40 - Tarefas de transporte

Tempo (h)	Tarefa
4	Posicionamento das colunas
1	Posicionamento da plataforma de elevação
2	Posicionamento da base
1	Posicionamento máquina de elevação
2	Posicionamento plataforma do Q.E.
1,5	Posicionamento topo do mastro

4.3.1.2 Proposto

Com base nos dados obtidos e na experiência adquirida ao longo dos anos, foi proposto o *layout* em baixo, sendo o resultado estimado esperado apresentado na Tabela 41. Foi considerado apenas o espaço atualmente existente, bem como as normas de segurança em vigor na empresa.

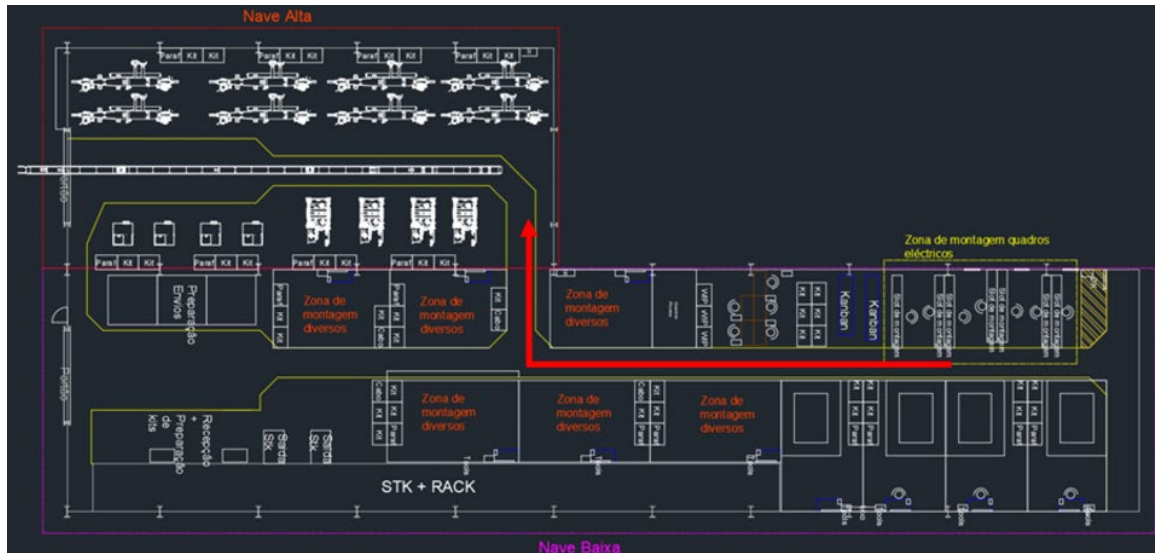


Figura 40 - Layout geral proposto para fábrica (com setas de fluxo a vermelho)

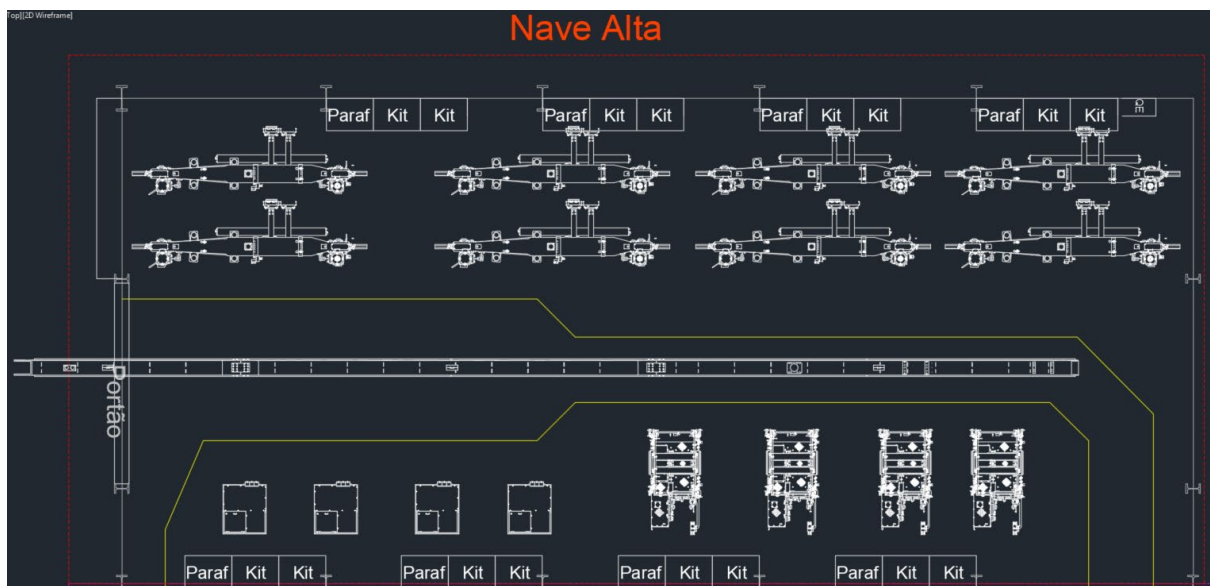


Figura 41 - Pormenor do layout da nave alta

Para que fosse possível a montagem de um transelevador usando o modelo, foram feitas as seguintes alterações:

- A zona de montagem das bases será sempre a mesma, tendo já os carris e/ou elementos de fixação dos mesmos já predispostos e fixos à laje.
- As zonas de montagem das plataformas de elevação e do Q.E. (Quadro Elétrico) poderá ser flutuante e, dependendo do tamanho das plataformas do Q.E., o espaço poderá ser usado para a sua montagem.
- As zonas de montagem das plataformas de elevação e do Q.E terão já cavaletes uniformemente distribuídos e ajustados às respetivas estruturas, permitindo uma segura e rápida fixação.
- A zona central da nave e de passagem será utilizada, como hoje em dia é feito, por falta de espaço, para a pré-montagem das colunas.
- As bases, após a sua montagem/fixação, não são mais movidas até ao seu transporte, uma vez que será montado e testado todo o restante equipamento (1º tramo da coluna, plataforma de elevação e plataforma do Q.E.) naquela mesma zona, aproveitando as vigas existentes na estrutura da fábrica para a fixação da coluna.

Tabela 41 - Tempo de poupança estimado por tarefa

Tempo poupado estimado (h)	Tarefa
=	Posicionamento das colunas
0,85	Posicionamento da plataforma de elevação
1,7	Posicionamento da base
=	Posicionamento máquina de elevação
0,9	Posicionamento plataforma do Q.E.
=	Posicionamento topo do mastro

Com aplicação destas melhorias, também é estimado um acréscimo relativo ao material em cerca de 2 %, à preparação do *layout* da fábrica.

4.3.2 Movimento

4.3.2.1 Atual

Neste subcapítulo é demonstrado o tempo gasto por tarefa identificada no capítulo anterior, sendo que só foram considerados os tempos objeto/passíveis de redução Tabela 42.

Tabela 42 - Tarefas de movimento

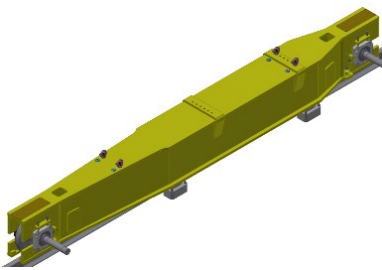
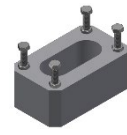
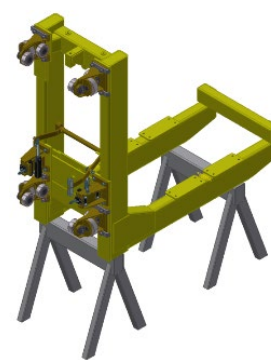

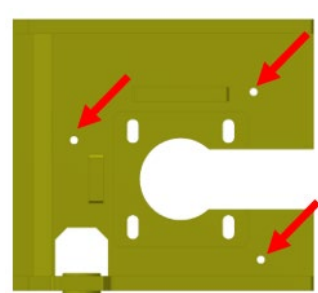
Tempo (h)	Tarefa
2	Fixação e alinhamento do carril
4	Movimentação e estabilização da estrutura da plataforma sobre travessas
20	Montagem das rodas e alinhamento
32	Pré-montagem da esteira articulada
24	Montagem das escadas
2	Elevação da coluna (1ºtramo)
7	Movimentação de estruturas através de cintas (várias)

4.3.2.2 Proposto

Com base nos dados obtidos e na experiência adquirida ao longo dos anos, foram propostas as medidas na Tabela 43, tendo em conta apenas as tarefas passíveis de melhoria. E posteriormente, com a aplicação da técnica de *SMED*, foram alcançados os resultados obtidos os resultados demonstrados na Tabela 44.

A técnica aplicada para redução deste desperdício foi o *SMED*, tendo em conta que todo o desperdício identificado se estava diretamente relacionado com os tempos de *setup*, desta forma, e conhecendo o processo atual, foram examinadas as tarefas, e com base na experiência da equipa de brainstorming, estudou-se a otimização destas mesmas tarefas, chegando aos valores apresentados na Tabela 44.

Tabela 43 – Alterações propostas atendendo a desperdícios de movimento

Ideia	Alteração	Imagem esquemática	Acessório necessário
1	Fixação de carris (cavelete) para montagem das bases nas zonas definidas no cap. 3.5.1.		 Calço ajustável base
1	Fixação de cavaletes para montagem das plataformas de elevação e Q.E. nas zonas definidas no cap. 3.5.1.		 Cavalete
2	Furação auxiliar na base para afinação das rodas.		N/A
2	Todas as furações serão feitas pelo fornecedor subcontratado das respetivas estruturas (base, coluna e plataformas).	N/A	N/A

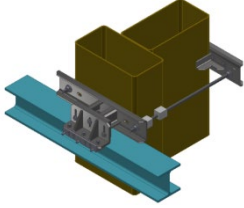
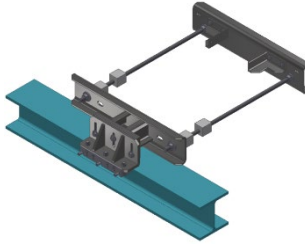
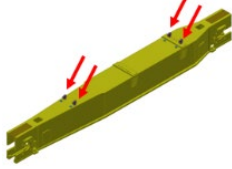
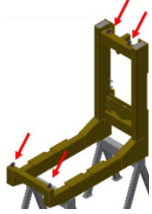

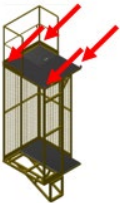
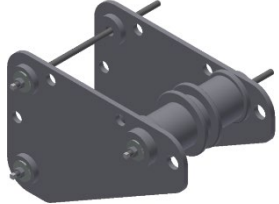
Ideia	Alteração	Imagem esquemática	Acessório necessário
2	Novo sistema de fixação das colunas à estrutura da fábrica (Nave alta).	 (coluna meramente representativa)	 Ferramenta de fixação
2	Formar e sensibilizar os operadores para os perigos e para a importância de manter a bancada arrumada e limpa, aplicando desta forma o método dos 5S.	N/A	N/A
2	Introdução de pontos de ancoragem nas estruturas, para uma mais fácil e segura movimentação.	 Base  Plataforma  Coluna  Plataforma Q.E.	Base - N/A Plataforma – N/A Coluna:  Plataforma Q.E. – N/A

Tabela 44 - Tempo de poupança estimado por melhoria

Tempo poupado estimado (h)	Tarefa
2	Fixação e alinhamento do carril
2	Movimentação e estabilização da estrutura da plataforma sobre travessas
18	Montagem das rodas e alinhamento
16	Pré-montagem da esteira articulada
12	Montagem das escadas
0.5	Elevação da coluna (1ºtramo)
2	Movimentação de estruturas através de cintas (várias)

Com aplicação destas melhorias, também é estimado uma poupança relativa ao material em cerca de 15 %, muito devido ao facto de as furações serem nos fornecedores, isto relativamente às montagens da escada e da esteira, uma vez que há um decréscimo de material referente a, por exemplo, brocas, machos, óleo, e maquinaria necessária à execução da furação.

4.3.3 Esperas

4.3.3.1 Atual

Neste subcapítulo é demonstrado o tempo gasto em média por projeto que é cerca de doze horas. Este tempo é referente às esperas diretamente relacionadas com os problemas identificados anteriormente.

4.3.3.2 Proposto

Com base na experiência da equipa de brainstorming, estudou-se e foram propostas as medidas apresentadas na Tabela 45. É sugerida a aplicação do método de *standardized work*, conforme explicado no cap. 2.4.5, nomeadamente, tendo em conta dois dos três elementos chave descritos, a sequência de trabalho e o *Standard In-Process Stock* (*Stock* em processo padrão). A aplicação deste método, deve ser feita tendo em conta as melhorias descritas na Tabela 45.

Tabela 45 - Alterações propostas atendendo a desperdícios de esperas

Ideia	Alteração	Melhoria
1	Definição de prazos a fornecedores realistas e aplicar multas em caso de incumprimento.	Com a implementação desta ideia, em conjunto, com a aplicação da ideia nº 1 do cap. 3.5.6., é expectável a obtenção de datas mais realistas para entrega das peças, sendo que, esta data terá que ter em conta a data de lançamento das peças por parte de projeto, tendo que ser, por isso, tudo coordenado. Desta forma, é respeitado um dos elementos chave do <i>standardized work</i> , o <i>Standard In-Process Stock</i> .
2	Reforçar, formar e equipar de forma correta o departamento de qualidade, responsável pela inspeção das peças.	Com esta ideia, pretende-se evitar que as peças cheguem à área montagem com algum tipo de defeito, estes têm que ser detetados atempadamente e corrigidos por quem de direito. O que por vezes acontece, por uma questão de prazo, é a tentativa de aproveitamento das mesmas, levando a uma perda tempo e consequente paragem na sequência de montagem.
3	Só começar a montagem de um equipamento após este estar completamente “fechado” por parte do projeto.	Com esta ideia, pretende-se que não haja mudanças de “última hora” no projeto, já durante a fase de montagem, que levam a esperas indesejadas. Desta forma, é respeitado um dos elementos chave do <i>standardized work</i> , a sequência de trabalho.

O resultado estimado após aplicação destas melhorias é de cerca de 1,8 horas.

4.3.4 Processamento impróprio/defeituoso

4.3.4.1 Atual

Neste subcapítulo é demonstrado o tempo gasto em média por projeto que é cerca de seis horas. Este tempo é referente, maioritariamente, ao processamento impróprio e aos defeitos inerentes a esse processamento diretamente relacionadas com os problemas identificados anteriormente.

4.3.4.2 Proposto

Para que este desperdício seja eliminado, é sugerida, tal como no subcapítulo anterior, a aplicação do método de *standardized work* nomeadamente, tendo em conta um dos três elementos-chave descritos, a sequência de trabalho. A aplicação deste método, deve ser feita tendo em conta as melhorias descritas na Tabela 46.

Tabela 46 - Alterações propostas atendendo a desperdícios de processamento impróprio/defeituoso

Ideia	Alteração	Melhoria
1	Elaboração de procedimentos de montagem para conjuntos e subconjuntos.	Com a implementação desta ideia, é expectável, que todos os operadores, após formação, executem a montagem da mesma maneira, evitando processamento impróprio e/ou defeituoso. Desta forma, é respeitado um dos elementos chave do <i>standardized work</i> , a sequência de trabalho.
2	Criação de <i>workshops</i> sobre o funcionamento da máquina.	Com esta ideia, pretende-se despertar uma maior sensibilidade aos operadores e um sentido crítico que será sempre uma mais valia, apesar de que isto exigirá uma perda de recursos durante um determinado tempo, mas que será visto como formação.
3	Revisão aos PIE's e respetiva atualização e voltar a implementá-los.	Com esta ideia, é expectável, que todos os erros por processamento impróprio/defeituoso sejam detetados a tempo para que possam ser corrigidos antes do equipamento sair para o cliente final.

O resultado estimado após aplicação destas melhorias é de cerca de 0,6 horas.

4.3.5 Retrabalho ou defeito

4.3.5.1 Atual

Neste subcapítulo é demonstrado, na Tabela 47, o tempo passível de ser gasto por retrabalho ou defeito. Estes tempos foram obtidos com base na experiência e exemplos do passado, vivenciados por elementos da equipa de *brainstorming*.

Tabela 47 - Tarefas passíveis de retrabalho ou defeito

Tempo (h)	Tarefa
3	Montagem das rodas e alinhamento
16	Pré-montagem da esteira articulada
12	Montagem das escadas

4.3.5.2 Proposto

Para que este desperdício seja eliminado, é sugerida, a utilização da técnica de *poka yoke*. A aplicação deste método, deve ser feita tendo em conta as melhorias descritas na Tabela 48.

Tabela 48 – Alterações propostas atendendo a desperdícios de retrabalho ou defeito

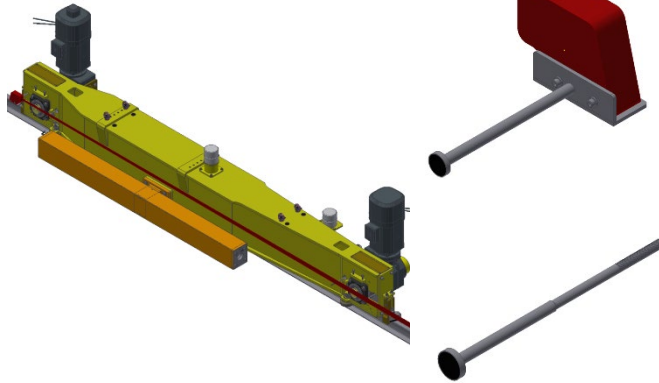
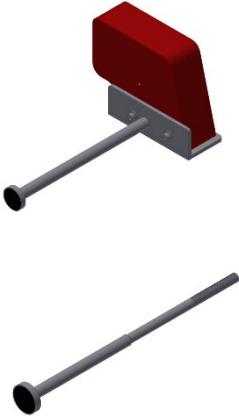
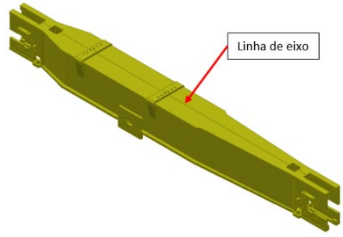
Ideia	Alteração	Imagem esquemática	Acessório necessário
1	Ferramenta para alinhamento das rodas.		
1	Furações feitas no fornecedor, definidas pelo departamento de projeto	N/A	N/A
1	Execução de uma linha de eixo por parte do fornecedor aquando da maquinação permitindo um melhor alinhamento da base com o carril, a referência para o traçar esta linha é dada pelo projeto.		N/A
2	Criação de <i>brainstorming</i> mensal.	N/A	N/A

Tabela 49 - Tempo de poupança estimado por tarefa

Tempo poupado estimado (h)	Tarefa
3	Montagem das rodas e alinhamento
16	Pré-montagem da esteira articulada
12	Montagem das escadas

Foi possível aplicar a técnica de poka yoke e chegar aos resultados apresentados na Tabela 49, seguindo os seis passos para sua aplicação. Começando pela análise dos defeitos mais recorrentes durante o processo e observação da tarefa em questão. Após estes dois passos, foram identificadas as três oportunidades de melhoria. Desta forma foi feito um brainstorming, e deste, foram escolhidas as ideias descritas na Tabela 48.

4.3.6 Recursos humanos

4.3.6.1 Atual

No panorama atual, este, trata-se de um desperdício identificado tal como mencionado anteriormente. Apesar da sua difícil quantificação, estimou-se que este tinha algum impacto tanto durante o projeto (a decorrer) de montagem como no projeto seguinte. Desta forma, não foi possível chegar a um número.

4.3.6.2 Proposto

Para que este desperdício seja eliminado, é sugerida, a aplicação do método de *brainstorming*, tendo em conta que se trata de um desperdício que considera, fundamentalmente a falta de aproveitamento do conhecimento dos operadores. Desta forma foi feito um *brainstorming* para debater e sugerir ideias de como o conhecimento dos operadores poderia ser aproveitado e, fundamentalmente, como estes poderiam ser envolvidos na melhoria contínua do processo. Deste *brainstorming* surgiram as ideias descritas na Tabela 50, tendo estas um resultado não quantificável no imediato, mas sim no futuro.

Tabela 50 - Alterações propostas atendendo a desperdícios de recursos humanos

Ideia	Alteração	Melhoria
1	Criação de reuniões de <i>Kick off</i> direcionadas apenas para a montagem do equipamento.	Com a implementação desta ideia, é expectável, a antecipação de erros e acelerar processos na montagem, contando para isso com <i>inputs</i> das várias áreas, nomeadamente dos chefes de oficina que possuem uma vasta experiência na montagem destes equipamentos. Com este tipo de medida, poderá ser possível implementar algumas alterações no equipamento, na fase de projeto, facilitando desta maneira a montagem por algum requisito em específico do cliente.
2	Criação de reuniões de <i>Lessons learned</i> direcionadas apenas para a montagem do equipamento.	Com esta ideia, pretende-se aprender com os erros e, desta forma, não repetir os erros de um projeto para o outro. Esta ideia implica uma recolha de dados durante todo o processo de montagem por parte de todas a áreas envolvidas.

4.4 Análise crítica dos resultados

Neste capítulo, será feita a análise crítica dos resultados, abordando todas as ideias desenvolvidas no capítulo anterior. Esta análise será feita sob dois pontos de vista, teórico e financeiro, isto é, o retorno financeiro das soluções propostas.

4.4.1 Análise crítica teórica (grau de satisfação com as soluções escolhidas)

Neste subcapítulo, foi definida uma escala por forma a definir e sumarizar o grau de satisfação com as ideias escolhidas. Esta escala está definida na Tabela 51.

Tabela 51 - Definição dos graus de satisfação

Grau de satisfação	Expectativas
Todo satisfeito	Desperdício completamente eliminado. Não fica nada em aberto com hipótese de melhoria
Satisfeito	Desperdício eliminado, ainda que não na sua plenitude. Limitado pelo caso de estudo em si.
Pouco satisfeito	Desperdício não eliminado completamente. Ficam por explorar muitas alternativas de melhoria, não atingidas por limitações do próprio caso de estudo.
Não satisfeito	Desperdício não eliminado

Caracterizados e definidos os graus de satisfação, foi elaborada a Tabela 52 para analisar as ideias escolhidas, tendo em conta os graus de satisfação para cada uma delas.

Tabela 52 - Análise das ideias escolhidas

Desperdício	Ideia	Grau de satisfação	Justificação
Transporte	3	Pouco satisfeito	Este desperdício poderia ser completamente eliminado, mas não é possível devido às características da empresa (mais que um produto) e devido às limitações de espaço
Movimento	1	Muito satisfeito	---
	2	Pouco satisfeito	Para a total satisfação, seria necessária uma reformulação profunda da máquina. Não sendo possível, foram aplicadas pequenas mudanças.
Esperas	1	Satisfeito	Tendo em conta esta ideia, o desperdício poderia ser completamente eliminado, mas, por vezes, os prazos assim não o permitem.
	2	Muito satisfeito	---
	3	Satisfeito	Tendo em conta esta ideia, o desperdício poderia ser completamente eliminado, mas, por vezes, os prazos e as mudanças ao longo do projeto assim não o permitem.
Processamento impróprio / defeituoso	1	Muito satisfeito	---
	2	Satisfeito	Tendo em conta esta ideia, o desperdício poderia ser parcialmente eliminado, mas, a exigência que os prazos impõem, fazem com que seja difícil arranjar tempo para este tipo de iniciativa.
Retrabalho ou defeito	1	Satisfeito	Para a total satisfação, seria necessária uma reformulação profunda da máquina. Não sendo possível, foram aplicadas pequenas mudanças.
	2	Muito satisfeito	---
	3	Muito satisfeito	---

Desperdício	Ideia	Grau de satisfação	Justificação
Recursos humanos	1	Alto (100%)	---
	2	Alto (100%)	---

4.4.2 Análise económica (*Payback*)

Neste subcapítulo, foi feita uma análise económica tendo em conta o impacto das ideias sugeridas. Em alguns casos, foi feita uma estimativa com base na experiência adquirida ao longo dos anos, pessoal e de toda a equipa de *Brainstorming*, uma vez que não foi possível implementar todas as ideias, como podemos observar no cap. 3.8.

Para o cálculo do *payback*, foram tidos em consideração dois fatores, o tempo e o material. No que respeita ao tempo, foi contabilizado o tempo total (gasto atualmente) a partir do cap. 3.2, referente a cada um dos tipos de desperdício (Tabela 53), e posteriormente, foi calculado o tempo total recuperado, tendo em conta a percentagem estimada. Relativamente ao material, apenas foi considerada a percentagem estimada de poupança/excesso.

Tabela 53 - Tempo total gasto em desperdícios identificados

Desperdício	Tempo Total (h)
Transporte	11,5
Movimento	91
Esperas	12*
Processamento impróprio / defeituoso	6*
Retrabalho ou defeito	2

*Média por projeto

Foi considerado que a situação anterior/atual representa um agregado de 100% e, na Tabela 48 estão representadas as poupanças e excedentes de tempo e material, de montagem, estimado pela equipa de *Brainstorming*. Sendo que, o tempo total de poupança é de 39,3 h, e a poupança de material é de 13%.

Tabela 54 - Redução de desperdício estimado

Desperdício	Tempo (%)	Tempo (h)	Material (%)
Transporte	-30	3,45	+2
Movimento	-42	38,5	-15
Esperas	-15	1,8	0
Processamento impróprio / defeituoso	-10	0,6	0
Retrabalho ou defeito	-10	0,2	0
Total	---	44.5	13

Tendo em conta os valores estimados na Tabela 54, e sabendo que o preço-hora de cada operador e o preço total de material gasto por montagem de equipamento, foi determinado o valor poupado, em euros, por recursos humanos e material, sendo que estes valores estão representados na Tabela 55.

Tabela 55 - Preço hora operador e preço total material

	Operador (euro/h)	Material (euro)
	40	1000
Redução de desperdício estimado	44.5 h	13 %
Poupança total	1782 €	130 €

Tendo em conta as implicações no processo, foi estimado um investimento de 40000 euros referentes a tempos de engenharia, projeto e ainda alterações na estrutura e *layout* da fábrica.

$$\textit{Payback} = \frac{\textit{Investimento}}{\textit{Retorno esperado}} \quad (1)$$

$$\textit{Payback} = \frac{40000}{(1782 + 130)}$$

$$\textit{Payback} = 21 \textit{ unidades}$$

Uma vez que o retorno financeiro foi contabilizado por cada unidade produzida, podemos aferir com esta análise económica que com cerca de 21 unidades produzidas, teremos o investimento pago e a partir daí será obtido o lucro desejado.

4.5 Implementação

Neste capítulo, serão identificadas as ideias que foi possível implementar e aquelas que ficarão em aberto para uma possível aplicação no futuro, tendo em conta que algumas destas ideias exigem uma mudança, profunda tanto a nível físico, como da própria maneira de pensar dos colaboradores envolvidos em todas as fases do projeto. Para uma fácil identificação das ideias, foi criada a Tabela 56 em que as ideias são identificadas como aplicadas, não aplicadas e em aplicação, isto é, quando as ideias ainda estão em fase de desenvolvimento e aplicação.

Tabela 56 - Identificação das ideias aplicadas

Desperdício	Ideia	Aplicada / Não aplicada	Razões
Transporte	3	Não aplicada	Esta ideia implicava uma reformulação total na fábrica e, por essa razão, não foi aplicada.
Movimento	1	Não aplicada	---
	2	Não aplicada	---
Esperas	1	Não aplicada	---
	2	Em aplicação	Esta ideia está em fase de aplicação, tendo vindo a ser feito um esforço na formação da equipa.
	3	Não aplicada	Devido à variação de projeto para projeto e à não existência de um produto <i>standard</i> , não foi possível aplicar esta ideia.
Processamento impróprio / defeituoso	1	Em aplicação	Esta ideia está a ser desenvolvida em conjunto com o departamento de projeto.
	2	Não aplicada	Esta ideia não foi implementada devido à escassez de recursos e tempo.
	3	Em aplicação	Esta ideia encontra-se em aplicação, estando na fase de revisão aos PIE's já existentes e criação dos que não existiam.
Retrabalho ou defeito	1	Não aplicada	---
	2	Em aplicação	Esta ideia está em fase de aplicação, tendo vindo a ser feitos <i>brainstorming</i> entre equipas.
Recursos humanos	1	Não aplicada	Esta ideia não foi implementada devido à escassez de recursos e tempo. Sendo que, apenas é feita uma reunião de <i>Kick off</i> para o projeto em geral, e não dedicada a apenas um equipamento.
	2	Em aplicação	Esta ideia está em fase de aplicação, tendo vindo a ser feito o esforço para o registo de todas as alterações necessárias para futura alteração.

4.6 Discussão

Neste capítulo é feita uma comparação entre os resultados obtidos, sendo eles empíricos ou não, e os artigos estudados e identificados ao longo do capítulo 2.4.

Tabela 57 - Tabela comparativa de resultados

Desperdício	Técnica	Resultados artigos	Resultados	Comparação
Transporte	Fluxograma	A aplicação desta técnica permitiu uma identificação dos problemas ao longo do fluxo do produto, conduzindo a uma melhor ação sobre o processo e a resultados positivos [82] [104-105].	Em conformidade com os artigos referenciados, esta técnica permitiu uma melhor caracterização do fluxo do produto e a identificação das áreas onde atuar, o que se traduziu numa poupança de 30% do tempo.	Enquanto que nos artigos usados como compração é alcançado uma redução do tempo de ciclo de 10 % (Patricia Neves, 2018), nesta dissertação é estimada uma poupança de 30 % do tempo total nas tarefas relacionadas com o desperdício de transporte.

Desperdício	Técnica	Resultados artigos	Resultados	Comparação
Movimento	5S	<p>A aplicação desta técnica permitiu uma melhoria da comunicação interna, das relações interpessoais e um aumento do bem-estar dos trabalhadores, e consequentemente, orgulho em trabalhar e da produtividade. Houve uma redução de tempo de ciclo em 10% e reduções de tempo de <i>picking</i> de 35 min, bem como um aumento de espaço livre [82-84].</p>	<p>A combinação destas duas técnicas permitiu um total de 50% do tempo, estando dentro do expectável, uma vez que os resultados de maior retorno foram aplicados na indústria automóvel.</p>	<p>Nos artigos usados como comparação, é possível observar uma redução de movimento entre 96,7 e 99,2 %, sendo que o artigo em questão associa este valor a apenas uma máquina e não a um processo completo, como o que estamos a analisar. Os autores, nos diferentes artigos, alcançam uma redução de tempo de setup entre 10% a 50 %. No estudo em questão, conseguiu-se uma redução de 50 % do tempo, quando comparado com os artigos em questão, é um excelente valor, sendo que, os artigos em questão foram aplicados em indústrias normalizadas e em que os produtos não possuem tantas modificações como os estudados nesta dissertação.</p>
Movimento	SMED	<p>A aplicação desta técnica permitiu uma redução do tempo de <i>setup</i> por máquina (3 máquinas) - 58,7%, 89,7% e 83,7% - e na distância percorrida por operador relativa a cada máquina - 97,3%, 99,2% e 96,7%. Num dos artigos, permitiu uma redução do tempo de <i>setup</i> em cerca de 50% [89-91] [56].</p>		

Desperdício	Técnica	Resultados artigos	Resultados	Comparação
Esperas	Standardized work	A aplicação desta técnica traduziu-se numa melhor organização do processo normalização dos procedimentos e num maior controlo da produção por parte do chefe de produção. Em termos de resultados “palpáveis”, permitiu uma poupança média de 16% e redução de <i>setup</i> em 58,3% [79-80] [56].	Em conformidade com os artigos referenciados, esta técnica permitiu redução do tempo de produção/montagem de 15% (esperas) e 10% (Processamento impróprio/ defeituoso).	É notório que os resultados estimados da dissertação ficam um pouco á quem quando comparados com os resultados obtidos num dos artigos (Conceição Rosa , 2017), isto é justificável, uma vez que este artigo trata de processos completamente normalizados. Mas em relação ao primeiro artigo referenciado (Isadora Antonioli, 2017), os resultados da dissertação são melhores, concluindo desta maneira que os resultados são satisfatórios.
Processamento impróprio/ defeituoso				
Retrabalho ou defeito	- Poka Yoke	A aplicação desta técnica traduziu-se numa redução dos defeitos através de sistemas anti-defeito (Poka-Yoke) [94-97].	Em conformidade com os artigos referenciados, esta técnica permitiu a redução dos defeitos, traduzindo-se em 10% de tempo não desperdiçado.	Em todos os artigos é notória a redução dos defeitos graças à aplicação desta técnica, sendo que em um dos artigos (Mário Costa, 2018) foi conseguido um aumento da produtividade em 19 %. Na dissertação foi conseguida uma redução dos defeitos, que representa uma poupança de tempo em 10%, estando em concordância com os artigos, sendo que estes são aplicados em industrias bastentes diferentes.

Desperdício	Técnica	Resultados artigos	Resultados	Comparação
Recursos Humanos	Brainstorming	Com a aplicação desta técnica, os artigos referenciados, concluem que é positivo, benéfico e motivacional o uso da mesma em contexto industrial [109-111].	Os resultados da aplicação desta técnica, não sendo possível quantificar, é expectável que tenham um impacto significativo tanto na melhoria do equipamento como no bem-estar e motivação de todos os operadores envolvidos.	---

Em suma e tendo em conta a Tabela 57, e quando comparados com os artigos referenciados, os resultados são bastante positivos e já expectáveis para este tipo de análise.

A utilização da técnica “oito formas de desperdício” permitiu seccionar o processo para uma melhor identificação das oportunidades de melhoria e redução dos desperdícios. Foi possível aferir que esta é uma técnica com resultados muito positivos, quando aplicada a processos semelhantes ao desta dissertação, sendo também de fácil aplicação e compreensão.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÕES

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo, serão feitas considerações finais relativas ao tema. Este capítulo está dividido em dois subcapítulos, o primeiro, as conclusões, onde são evidenciados os objetivos e o balanço acerca da dissertação, e o segundo onde são propostos alguns trabalhos que poderão ser realizados acerca do tema.

5.1 CONCLUSÕES

Dada a sua volatilidade, este processo não havia sofrido, até então, um estudo tão profundo, sendo, por isso, este trabalho encarado como um desafio e uma oportunidade de melhoria enorme, com consequências diretas no preço final de cada máquina.

Tendo como base o pensamento *Lean*, que tem vindo a ser implementado ao longo dos últimos tempos na Consoveyo, S.A., esta dissertação permitiu aprofundar conhecimentos sobre os conceitos envolvidos e aplicá-los, fomentando este mesmo pensamento entre os operadores, algo que já vinha sendo alimentado pela própria direção.

Com o conhecimento e aplicação das diferentes técnicas, as melhorias foram evidentes, tanto a nível monetário (redução do custo total da máquina), como entre o bem-estar dos operadores.

Para uma melhor perceção dos resultados obtidos, foi elaborada a Tabela 58, com resultados que foram obtidos através de medições e também de forma empírica, como estimativa com base no *know-how* de toda a equipa de *Brainstorming*.

Tabela 58 - Tabela de objetivos

Objetivos	Cumprido / Não cumprido
Mapeamento de todo o processo de montagem	Cumprido
Aplicação de ferramentas <i>Lean</i>	Cumprido
Otimização do processo de montagem (Tempo)	Cumprido
Otimização do processo de montagem (bem-estar, motivação, ergonomia)	Cumprido
Ganho com mudanças implementadas	Cumprido

O resultado foi bastante positivo, fundamentalmente a nível profissional, permitindo fazer a ponte entre as vertentes teórica e prática da problemática, e, consequentemente, acarretando a expansão de conhecimento empresarial.

5.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Neste subcapítulo, irão ser sugeridas algumas propostas de melhoria em relação ao processo estudado, sem oportunidade de análise no presente trabalho, mas que poderão trazer mais valias no futuro.

As propostas de trabalho futuro estão apresentadas na Tabela 59, bem como alguns dos resultados expectáveis.

Tabela 59 - Propostas de trabalho futuro

Propostas	Resultado expectável
Elaboração de manuais sobre todos os passos de montagem do conjunto e subconjuntos	Redução de defeitos e normalização do trabalho
Transversalização deste processo para os diferentes tipos de transelevadores	Aumento do lucro por cada máquina
Estudo da partilha de processos e peças para os diferentes tipos de transelevadores	Diminuição do tempo de ciclo e de <i>setup</i>

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

6 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Wpengine, “A história da logística: a evolução até o atual momento,” 2017. [Online]. Available: <https://cargox.com.br/blog/historia-da-logistica>. [Accessed: 27-Feb-2019].
- [2] J. J. Coyle, C. J. Langley, R. A. Novack, and Brian J. Gibson, *Supply chain management: a logistics perspective*. Nelson Education, 2016.
- [3] Michael Hugos, *Essentials of Supply Chain Management*, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc., 2003.
- [4] “Intralogistics,” *Logist. J.*, vol. Online, 2011.
- [5] Jay Morris, “What is Intralogistics?,” 2013. [Online]. Available: <https://www.invata.com/what-is-intralogistics/>. [Accessed: 27-Feb-2019].
- [6] João Fernandes, “Development of an innovative shuttle system for automated storage and retrieval systems,” I.S.E.P., 2018.
- [7] Anthony Melanson, “Intralogistics is the Secret to a Smart Supply Chain,” 2018. [Online]. Available: <https://aethon.com/intralogistics-is-the-secret-to-a-smart-supply-chain/>. [Accessed: 27-Feb-2019].
- [8] John F. Magee, *Logística industrial: análise e administração dos sistemas de suprimento e distribuição*. 1977.
- [9] “Warehouse automation what does it mean?,” *Wharehouse Logist. News*, 2015.
- [10] Consoveyo S.A., ““Our company,”” 2019. [Online]. Available: <https://www.consoveyo.com/en/consoveyo.html>. [Accessed: 14-Feb-2019].
- [11] John J. Bartholdi and Steven T. Hackman, *Warehouse & Distribution Science - Release 0.96*. 2014.
- [12] Logistiko, “System Integration,” 2018. [Online]. Available: <https://logistiko.eu/help/system-itegration/>. [Accessed: 27-Feb-2019].
- [13] MHI, “Integrated Material Handling Systems,” 2019. [Online]. Available: <http://www.mhi.org/fundamentals/integrated-material-handling>. [Accessed: 27-Feb-2019].
- [14] João Dias and Carlos Quaresma, *Logística Global e Macrologística*, Sílabo, Ed. 2005.
- [15] MHI, “Automated Storage and Retrieval Systems,” 2019. [Online]. Available: <http://www.mhi.org/fundamentals/automated-storage>. [Accessed: 27-Feb-2019].

- [16] Nilkamal PVt Ltd, "What are the benefits of an automated storage & retrieval system?," 2018. [Online]. Available: https://medium.com/@Nilkamal_MH/what-are-the-benefits-of-an-automated-storage-retrieval-system-d46e5cf8360e. [Accessed: 28-Feb-2019].
- [17] Tom Salata, "Different Types of Pallet Racks for Warehouse Storage," 2013. [Online]. Available: <https://www.tmhnc.com/blog/common-types-of-pallet-racking-to-increase-warehouse-storage>. [Accessed: 27-Feb-2019].
- [18] SHS- Storage & Handling Systems, "Selective Pallet Racking," 2013. [Online]. Available: <http://storagehandlingsystems.com/products/racking/>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [19] Freightera, "Pallet vs skid vs crate," 2018. [Online]. Available: <https://www.freightera.com/blog/pallet-vs-skid-vs-crate-infographic/>. [Accessed: 27-Feb-2019].
- [20] Patkar Extrusions PVT Limited, "Slip Sheet," 2019. [Online]. Available: <https://pelwrap.com/slip-sheet/>. [Accessed: 05-Mar-2019].
- [21] NEFAB, "Caixas em cartão," 2017. [Online]. Available: <https://www.nefab.com/pt/portugal/produtos/embalagem-de-um-so-uso/cartao/>. [Accessed: 06-Mar-2019].
- [22] Mazella Companies, "Warehouse Racking and Pallet Rack Systems: Different Types and Design," 2018. [Online]. Available: <https://www.mazzellacompanies.com/Resources/Blog/warehouse-racking-pallet-rack-systems-different-types-design>. [Accessed: 05-Mar-2019].
- [23] Mecalux, "Armazéns autoportantes," 2019. [Online]. Available: <https://www.mecalux.pt/estantes-paletizacao/armazens-autoportantes>. [Accessed: 05-Mar-2019].
- [24] Consoveyo S.A., "Stacker Cranes," 2019. [Online]. Available: <https://www.consoveyo.com/en/products/stacker-cranes.html>. [Accessed: 06-Mar-2019].
- [25] ATS Group, "Stacker Crane: Automated and Optimized Storage," 2019. [Online]. Available: <https://www.ats-group.com/EN/product-solutions/products/stacker-crane.html>. [Accessed: 06-Mar-2019].
- [26] ULMA, "Transelevadores mini load," 2019. [Online]. Available: <https://www.ulmahandling.com/br/solucoes-logisticas/armazem-automatico/mini-load>. [Accessed: 07-Mar-2019].
- [27] Dambach, "Mini-Load," 2019. [Online]. Available: <https://www.dambach-lagersysteme.de/en/products/automated-storage-systems/storage-retrieval-machines/mini-load.html>. [Accessed: 07-Mar-2019].
- [28] Dambach, "Multiflex System," 2019. [Online]. Available: <https://www.dambach-lagersysteme.de/en/products/automated-storage-systems/pallet-shuttle-system.html>. [Accessed: 07-Mar-2019].

- [29] DGH- Techonogical Solutions, "Document manager," 2019. [Online]. Available: <https://dgh.es/en/healthcare-hospital/document-manager-dgh-seveinfile/>. [Accessed: 07-Mar-2019].
- [30] M. G. Kay, "Material Handling Equipment," in *Material Handling Equipment Taxonomy*, 2012.
- [31] Jerry D. Smith, *The warehouse management handbook*, 2^a. Editors-in-Chief, 1998.
- [32] Sivaranjith, "What are conveyors? Types of conveyors," 2018. [Online]. Available: <https://automationforum.co/what-are-conveyors-types-of-conveyors/>. [Accessed: 12-Mar-2019].
- [33] Matt McDaniel, "Keeping Things Moving Along: 6 Key Types of Conveyor," 2015. [Online]. Available: <https://www.osequip.com/keeping-things-moving-along-6-key-types-of-conveyor/>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [34] Thomas Publishing Company, "Types of Conveyors - A ThomasNet Buying Guide," 2019. [Online]. Available: <https://www.thomasnet.com/articles/plant-facility-equipment/types-of-conveyors>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [35] Abel Womack, "Overhead Warehouse Cranes," 2019. [Online]. Available: <https://www.abelwomack.com/warehouse-overhead-cranes/>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [36] ELLSEN, "Bridge overhead cranes in high quality for sale," 2019. [Online]. Available: <https://ellsenoverheadcraneservice.com/>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [37] A Plus Warehouse, "Deluxe Workstation Jib Cranes," 2019. [Online]. Available: <https://www.apluswhs.com/hoists/jib-cranes/deluxe-workstation-jib-cranes/>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [38] Sophie Moore, "Uses of Gantry Cranes in Industry," 2019. [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/manufacturersofhoists/uses-of-gantry-cranes-in-industry>. [Accessed: 13-Mar-2019].
- [39] Douglas Equipment, "What Is the Difference Between a Dolly, Hand Truck, and a Folding Hand Truck?," 2019. [Online]. Available: <https://www.douglasequipment.com/blog/what-is-the-difference-between-a-dolly-hand-truck-and-a-folding-hand-truck/>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [40] MAGLINER, "Hand Truck 111-AA-1060," 2019. [Online]. Available: <https://www.magliner.com/111-aa-1060>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [41] Toyota, "Porta Paletes Manuais," 2019. [Online]. Available: <https://toyota-forklifts.com.pt/produtos-e-servicos/produtos/porta-paletes-manuais/>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [42] Raymond - Handling Concepts Corporation, "Definition: What is a Electric Pallet Jack?," 2019. [Online]. Available: <https://raymondhandling.com/dictionary/electric-pallet-jack/>. [Accessed: 16-Mar-2019].

- [43] Mecalux, “Porta-paletes elétrico com plataforma (BT BT Levio LPE200/LPE220/LPE250),” 2019. [Online]. Available: <https://www.logismarket.pt/toyota-caetano-portugal/porta-paletes-eletrico-com-plataforma/1731544590-1584078-p.html>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [44] ULINE, “PLATFORM TRUCKS,” 2019. [Online]. Available: https://www.uline.com/Grp_322/Platform-Trucks. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [45] Bendigo Mitchell, “What the different ‘types’ of forklift truck?,” 2019. [Online]. Available: <http://www.bendigomitchell.com/kb/forklift-truck-types>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [46] LanLink-Traffic Systems, “Autonomous Vehicles in the Warehouse,” 2015. [Online]. Available: <http://www.land-link.com/blog/autonomous-vehicles-in-the-warehouse>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [47] Consoveyo S.A., “AGVs,” 2019. [Online]. Available: <https://www.consoveyo.com/en/products/agvs.html>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [48] Consoveyo S.A., “RGVs,” 2019. [Online]. Available: <https://www.consoveyo.com/en/products/rgvs.html>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [49] Consoveyo S.A., “OMVs,” 2019. [Online]. Available: <https://www.consoveyo.com/en/products/omvs.html>. [Accessed: 16-Mar-2019].
- [50] Amber Industries Ltd, “Roller conveyor deck on scissor lift,” 2019. [Online]. Available: <https://www.amber-industries.ltd.uk/ancillary-equipment.html>. [Accessed: 19-Mar-2019].
- [51] WTT-Foerdertechnik, “Pallet transferring,” 2019. [Online]. Available: https://www.wtt-foerdertechnik.de/produkte_en/conveyor-components-for-pallets-and-crates-pallet-transferring.php. [Accessed: 19-Mar-2019].
- [52] WTT-Foerdertechnik, “Pallet turning,” 2019. [Online]. Available: https://www.wtt-foerdertechnik.de/produkte_en/conveyor-components-for-pallets-and-crates-pallet-turning.php. [Accessed: 19-Mar-2019].
- [53] Haveen Joshi, “The power of robots in a warehouse,” 2017. [Online]. Available: <https://www.allerin.com/blog/the-power-of-robots-in-a-warehouse>. [Accessed: 19-Mar-2019].
- [54] SSI-Schaefer, “Pick to tote,” 2019. [Online]. Available: <https://www.ssi-schaefer.com/pt-pt/produtos/order-picking/picking-semiautomático-/pick-to-tote--188752>. [Accessed: 19-Mar-2019].
- [55] J. P. Womack, D. T. Jones, and D. Roos, *The Machine That Changed the World*, 1st ed. 1990.
- [56] C. Rosa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, and R. Campilho, “SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry,” *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1034–1042, 2017.
- [57] M. E. Herrala, A. Pekuri, and A. Aapaoja, “How do you understand Lean?,” *Conf.*

- IGLC20, San Diego, CA, USA.*, 2012.
- [58] M. A. O. da Justa and N. R. Barreiros, “Técnicas de gestão do sistema Toyota de produção,” *Rev. Gestão Ind.*, vol. 5, no. 1, pp. 01–17, 2009.
- [59] TOYOTA, “Conceito TPS,” 2019. [Online]. Available: <https://www.toyota.pt/world-of-toyota/toyota-no-mundo/toyota-production-system.json>. [Accessed: 20-Mar-2019].
- [60] Eduardo Sousa, “Aplicação da Metodologia SMED na Produção de Rolhas Capsuladas,” I.S.E.P, 2018.
- [61] Assunção Mesquita, “Ferramenta de Desenvolvimento e aplicação do Lean Thinking no STV,” 2012.
- [62] Gonçalo Lopes de Matos, “Aplicação de Pensamento Lean: Caso de Estudo,” Universidade Nova de Lisboa, 2016.
- [63] R. S. Costa and E. G. M. Jardim, “Os cinco passos do pensamento enxuto,” 2010.
- [64] Fernando Peters, “Taiichi Ohno - 7 tipos de Desperdícios,” 2017. [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/pulse/taiichi-ohno-7-tipos-de-desperdicios-fernando-peters>. [Accessed: 21-Mar-2019].
- [65] Filomena Moreira, “Lean Thinking - Os sete desperdícios vs. análise de valor de processos,” 2010. [Online]. Available: <https://www.portal-gestao.com/artigos/5995-lean-thinking-os-sete-desperdicios-vs-analise-de-valor-de-processos.html>. [Accessed: 23-Mar-2019].
- [66] Peter L. King and J. S. King, *Value Stream Mapping for the Process Industries*, 1st ed. Productivity Press, 2015.
- [67] T. Pombal, L. P. Ferreira, J. C. Sá, M. T. Pereira, and F. J. G. Silva, “Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company,” *Procedia Manuf.*, vol. 00, p. (Aceite para publicação. Em produção), 2019.
- [68] P. Arunagiri and A. Gnanavelbabu, “Identification of major lean production waste in automobile industries using weighted average method,” *Procedia Eng.*, vol. 97, pp. 2167–2175, 2014.
- [69] A. Fercoq, S. Lamouri, and V. Carbone, “Lean/Green integration focused on waste reduction techniques,” *J. Clean. Prod.*, vol. 137, pp. 567–578, 2016.
- [70] Pedro Velloso Brant, “Os oito desperdícios,” 2016. [Online]. Available: <http://leandolean.blogspot.com/2016/02/os-oito-desperdicios.html>. [Accessed: 23-Mar-2019].
- [71] A. M. Brito, A. L. Ramos, P. Carneiro, and M. A. Gon, “The Eighth Waste: Non-Utilized Talent,” pp. 1–17.
- [72] Mike Rother and John Shook, *Learning to See*. 2003.
- [73] Filomena Moreira, “Mapeamento do Fluxo de Valor (Value Stream Mapping),”

2010. [Online]. Available: <https://www.portal-gestao.com/artigos/6172-mapeamento-do-fluxo-de-valor-value-stream-mapping.html>. [Accessed: 23-Mar-2019].
- [74] Kelsey Rzepecki, "Value Stream Mapping (VSM)," 2019. [Online]. Available: <https://www.graphicproducts.com/articles/value-stream-mapping-vsm/>. [Accessed: 23-Mar-2019].
- [75] C. Rosa, F. J. G. Silva, and L. P. Ferreira, "Improving the Quality and Productivity of Steel Wire-rope Assembly Lines for the Automotive Industry," *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1035–1042, 2017.
- [76] D. Correia, F. J. G. Silva, R. M. Gouveia, T. Pereira, and L. P. Ferreira, "Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 663–671, 2018.
- [77] E. Sousa, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, M. T. Pereira, R. Gouveia, and R. P. Silva, "Applying SMED methodology in cork stoppers production," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 611–622, 2018.
- [78] J. C. Fin, G. Vidor, I. Ceconello, and V. de C. Machado, "Improvement based on standardized work: an implementation case study," *Brazilian J. Oper. Prod. Manag.*, vol. 14, 2017.
- [79] I. Antonioli, P. Guariente, T. Pereira, L. P. Ferreira, and F. J. G. Silva, "Standardization and optimization of an automotive components production line," *Procedia Manuf.*, vol. 13, pp. 1120–1127, 2017.
- [80] H. T. Rocha, L. P. Ferreira, and F. J. G. Silva, "Analysis and Improvement of Processes in the Jewelry Industry," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 640–646, 2018.
- [81] P. S. Shaikh, A. N. Alam, K. N. Ahmed, S. Ishtiyak, and S. Z. Hasan, "Review of 5S Technique," *Int. J. Sci. Eng. Technol. Res.*, vol. 4, no. 4, 2015.
- [82] P. Neves, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, T. Pereira, A. Gouveia, and C. Pimentel, "Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 696–704, 2018.
- [83] A. M. Freitas, F. J. G. Silva, L. P. Ferreira, J. C. Sá, M. T. Pereira, and J. Pereira, "ScienceDirect Improving efficiency in a hybrid warehouse : a case study," vol. 00, 2019.
- [84] C. Costa, L. Pinto Ferreira, J. C. Sa, and F. J. G. Silva, "Implementation of 5S Methodology in a Metalworking Company," pp. 001–012, 2018.
- [85] S. Shingo, "A Study of the Toyota Production System From an Industrial Engineering Viewpoint," 1989.
- [86] M. N. B. C. Ani and M. S. S. Bin Shafei, "The Effectiveness of the Single Minute Exchange of Die (SMED) Technique for the Productivity Improvement," *Int. J. Sci. Basic Appl. Res.*, vol. 465–466, no. 1, pp. 1144–1148, 2014.
- [87] Tiago Bidarra and Filipe Teixeira, "Implementação da metodologia SMED numa empresa do sector da indústria automóvel," Universidade da Beira Interior,

- 2011.
- [88] Thiago Coutinho, "SMED: o que é e como aplicar essa técnica Lean?," 2017. [Online]. Available: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/smed>. [Accessed: 26-Mar-2019].
- [89] M. Martins, R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 647–654, 2018.
- [90] R. Godina, C. Pimentel, F. J. G. Silva, and J. C. O. Matias, "A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 783–790, 2018.
- [91] D. Ribeiro, F. Braga, R. Sousa, and S. Carmo-Silva, "An application of the smed methodology in an electric power controls company," *Rom. Rev. Precis. Mech. Opt. Mechatronics*, vol. 3, no. 40, pp. 115–122, 2011.
- [92] V. K. Kannan, R. S. Prakash, and R. Velavan, "Guidelines to Implementation of Poka yoke in an Assembly Line," *J. Chem. Pharm. Sci.*, no. 3, p. 143, 2017.
- [93] M. P. S. Patil, M. S. P. Parit, and M. Y. N. Burali, "Review Paper On 'Poka Yoke: The Revolutionary Idea In Total Productive Management,'" *Res. Inven. Int. J. Eng. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 19–24, 2013.
- [94] A. J. A. Magalhães, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "A novel concept of bent wires sorting operation between workstations in the production of automotive parts," *J. Brazilian Soc. Mech. Sci. Eng.*, vol. 41, no. 1, pp. 1–10, 2019.
- [95] C. Costa, F. J. G. Silva, R. M. Gouveia, and R. P. Martinho, "Development of hydraulic clamping tools for the machining of complex shape mechanical components," *Procedia Manuf.*, vol. 17, pp. 563–570, 2018.
- [96] T. A. M. Castro, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "Optimising a Specific Tool for Electrical Terminals Crimping Process," *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1438–1447, 2017.
- [97] M. J. R. Costa, R. M. Gouveia, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "How to solve quality problems by advanced fully-automated manufacturing systems," vol. 94, pp. 3041–3063, 2018.
- [98] Emet Gurel, "SWOT analysis: A theoretical review," *J. Int. Soc. Res.*, vol. 10, no. 51, pp. 994–1006, 2017.
- [99] Camila Casarotto, "Análise SWOT ou Matriz F.O.F.A.: entenda o conceito e como colocá-lo em prática," 2018. [Online]. Available: <https://rockcontent.com/blog/como-fazer-uma-analise-swt/>. [Accessed: 27-Mar-2019].
- [100] B. M. D. N. Moreira, R. M. Gouveia, F. J. G. Silva, and R. D. S. G. Campilho, "A Novel Concept of Production and Assembly Processes Integration," *Procedia Manuf.*, vol. 11, no. June, pp. 1385–1395, 2017.

- [101] J. Zhou, P. He, Y. Qin, and D. Ren, "A selection model based on SWOT analysis for determining a suitable strategy of prefabrication implementation in rural areas," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 50, p. 101715, 2019.
- [102] L. M. G. Frank Bunker Gilbreth, "Process Charts, First Steps in Finding the One Best Way to Do Work," *ASME*, 1921.
- [103] Lucidchart, "O que é um fluxograma?," 2019. [Online]. Available: <https://www.lucidchart.com/pages/pt/o-que-e-um-fluxograma>. [Accessed: 27-Mar-2019].
- [104] F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, L. P. Ferreira, and M. T. Pereira, "Establishing guidelines to improve the high-pressure die casting process of complex aesthetics parts," *Adv. Transdiscipl. Eng.*, vol. 7, pp. 887–896, 2018.
- [105] B. Pinto, F. J. G. Silva, T. Costa, R. D. S. G. Campilho, and M. T. Pereira, "A Strategic Model to take the First Step Towards Industry 4.0 in SMEs," *Procedia Manuf.*, vol. 00, no. Aceite para publicação. Em produção., 2019.
- [106] Jossey-Bass, "Brainstorming," *Pfeiffer Libr.*, vol. 26, no. 2, 1998.
- [107] A. N. M. AlMutairi, "The Effect of Using Brainstorming Strategy in Developing Creative Problem Solving Skills among male Students in Kuwait: A Field Study on Saud Al-Kharji School in Kuwait City," *J. Educ. Pract.*, vol. 6, no. 3, 2015.
- [108] V. L. Putman and P. B. Paulus, "Brainstorming, Brainstorming Rules and Decision Making," *J. Creat. Behav.*, 2019.
- [109] A. S. Zainol, W. Z. M. Yusof, K. A. Mastor, Z. M. Sanusi, and N. M. Ramli, "Using Group Brainstorming in Industrial Design Context: Factors Inhibit and Exhibit," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 49, pp. 106–119, 2012.
- [110] H. Al-Samarraie and S. Hurmuzan, "A review of brainstorming techniques in higher education," *Think. Ski. Creat.*, vol. 27, pp. 78–91, 2018.
- [111] M. Litcanu, O. Prosteian, C. Oros, and A. V. Mnerie, "Brain-Writing Vs. Brainstorming Case Study For Power Engineering Education," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 191, pp. 387–390, 2015.
- [112] Amy Gallo, "A Refresher on Payback Method," 2016. [Online]. Available: <https://hbr.org/2016/04/a-refresher-on-payback-method>. [Accessed: 02-Apr-2019].
- [113] Consoveyo S.A., "From 1984 towards the intralogistics future," 2019. [Online]. Available: <https://www.consoveyo.com/en/consoveyo/history.html>. [Accessed: 26-Mar-2019].
- [114] Consoveyo S.A., "Consoveyo," 2019. [Online]. Available: <https://www.consoveyo.com/en/homepage.html>. [Accessed: 26-Mar-2019].
- [115] Acteshu Racking, "AS/RS Automated Storage And Retrieval System Warehouse Rack," 2019. [Online]. Available: <http://nl.otsestanteria.com/automated-racking-system/asrs-automatic-storage-and-retrieval-system.html>. [Accessed: 28-Feb-2019].

ANEXOS

6.1 ANEXO 1

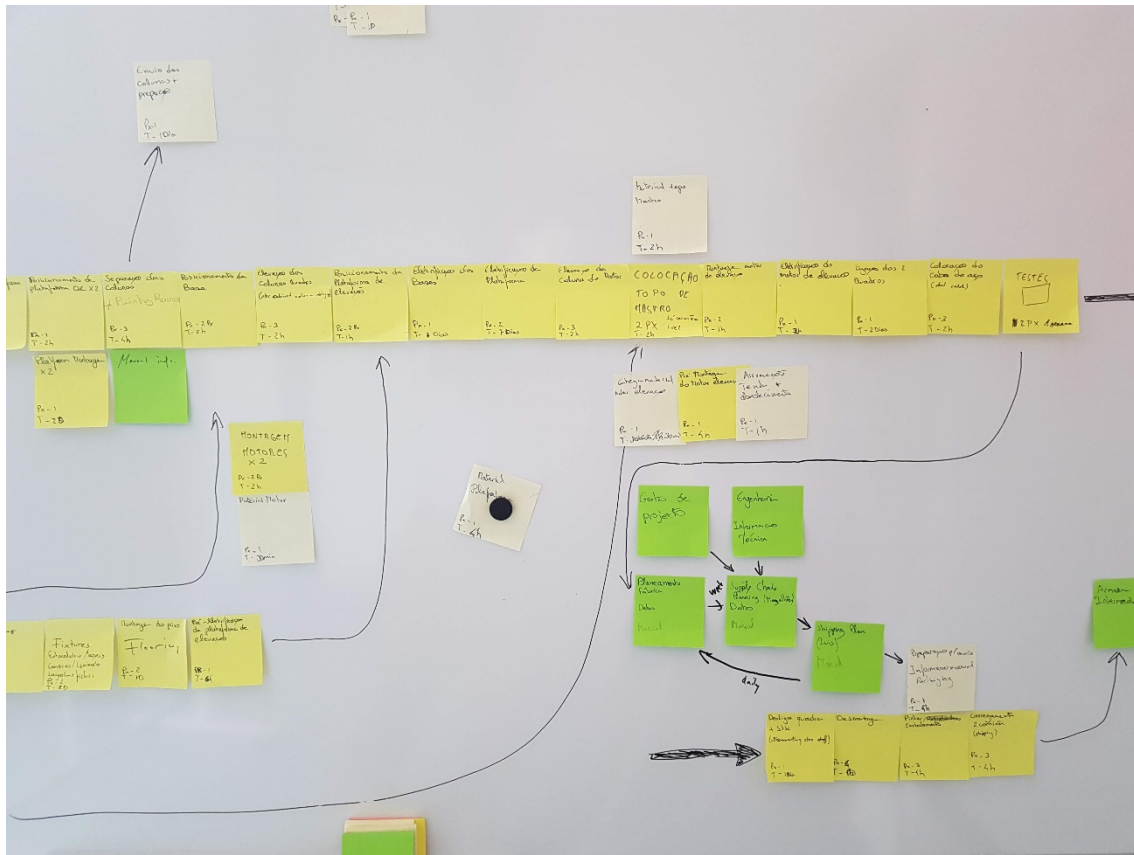


Figura 43 - VSM (parte 2)