



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Pedro Duarte Marinho da Silva

Dimensionamento de sistemas para abastecimento
à montagem atendendo aos princípios *Lean
Thinking* e *Lean Logistics* numa empresa de
motores elétricos

Agosto de 2022



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Pedro Duarte Marinho da Silva

**Dimensionamento de sistemas para abastecimento
à montagem atendendo aos princípios *Lean
Thinking* e *Lean Logistics* numa empresa de
motores elétricos**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação da

Professora Doutora Anabela Carvalho Alves

Agosto de 2022

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-SemDerivações

CC BY-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

O meu primeiro agradecimento é dedicado aos meus pais, pelo suporte e motivação constante, pelo apoio incondicional em todas as minhas decisões, mas também pelo esforço que realizaram para me darem a oportunidade de percorrer este percurso académico com as melhores condições possíveis.

À Rosária quero agradecer toda a confiança, motivação e orgulho que, ao longo desta viagem, sempre fez questão de demonstrar ter em mim. Agradecer também pela compreensão, estabilidade e por estar a meu lado em todos os momentos de desabafo e em todas as minhas conquistas.

À professora Anabela Alves, minha orientadora neste projeto, quero também deixar o meu agradecimento por todo o apoio prestado, pela disponibilidade constante e por toda a sabedoria transmitida.

Quero também agradecer a todos os profissionais da WEGEuro pela simpatia e ajuda prestada, especialmente ao Diogo, à Ana, ao Jefferson, ao João Cláudio, à Catarina e a toda a equipa do supermercado. Agradecer também à minha orientadora, Sandra Sousa, por todas as discussões construtivas, pelas ideias e pela compreensão e flexibilidade que sempre teve para comigo.

Deixo também um agradecimento à Inês e à Maria, minhas colegas de estágio, pela cooperação e companheirismo ao longo destes meses.

Por último, não poderia deixar de agradecer aos meus grandes amigos, Zé, Pinto e Sr. Pedro por toda a troca de ideias, pela motivação que me deram, mas, acima de tudo, pela amizade que partilhamos.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Dimensionamento de sistemas para abastecimento à montagem atendendo aos princípios Lean Thinking e Lean Logistics numa empresa de motores elétricos

RESUMO

A presente dissertação foi realizada no âmbito da obtenção do grau mestre em Engenharia e Gestão Industrial, dizendo respeito ao projeto de investigação desenvolvido, em ambiente industrial, na WEGEuro. O principal objetivo do mesmo passava pelo dimensionamento de sistemas de abastecimento de componentes às secções de montagem da organização a partir de um supermercado de peças, recorrendo, para isso, aos princípios e conceitos *Lean Thinking* e *Lean Logistics*.

A metodologia de investigação adotada foi a *Action-Research*. Numa primeira etapa, realizou-se uma revisão bibliográfica dos vários conceitos que se revelavam importantes no contexto desta dissertação, tais como o *Lean* e o modo como este se relacionava com a logística interna das organizações. Posteriormente, executou-se uma análise crítica da situação atual, compreendendo-se o *modus operandi* das várias secções e identificando-se um conjunto de problemas: incapacidade do supermercado, excesso de stock de kits e de deslocações, listas e carrinhos de *picking* desadequados, armazenamento inadequado e falhas de materiais, inexistência de um método de trabalho, bancadas de trabalho desorganizadas e problemas ergonómicos.

Para se verem solucionados os problemas identificados, foram propostos um conjunto de ações de melhoria. Estas passavam pela reorganização do supermercado, nomeadamente pela reestruturação das estruturas de armazenamento e do *layout*, mas também pela redefinição do processo de *picking*, alterando-se processos, as tarefas dos operadores e os seus meios. Foi também proposta a introdução de um *mizusumashi*, que visava suportar uma nova estratégia de abastecimento.

Através das propostas sugeridas, seria possível libertar um espaço avaliado em 99200,00€, que poderia ser potenciado pela organização. As ações propostas permitiriam também eliminar/reduzir desperdícios, prevendo-se ganhos de 45301,00€. Adicionalmente, para além de uma melhor organização dos espaços, da redução de riscos ergonómicos e do encurtamento do *lead time* em um dia, dimensionou-se um sistema de abastecimento baseado num paradigma JIT, que consistia no principal objetivo deste projeto.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Thinking, Abastecimento Interno, *Mizusumashi*, *Picking*, *Layout*

Sizing of systems for supplying the assembly meeting the principles of Lean Thinking and Lean Logistics in an electric motor company

ABSTRACT

This dissertation was carried out in the context of the achievement of a master's degree in Industrial Management and Engineering, concerning the research project developed in an industrial environment, at WEGEuro. The main objective of this project was the sizing of component supply systems to the assembly sections of the organization, using, for this, the principles and concepts of Lean Thinking and Lean Logistics.

The research methodology adopted was Action-Research. In the first stage, a bibliographic review of the various concepts that were important in the context of this dissertation was performed, such as Lean and how it related to the internal logistics of organizations. Subsequently, a critical analysis of the current situation was performed, understanding the modus operandi of the various sections, and identifying a set of problems: supermarket incapacity, excess stock of kits and travel, inadequate picking lists and trolleys, inadequate storage and failure of materials, lack of a work method, disorganized workbenches, and ergonomic problems.

To solve these problems, a set of improvement actions were proposed. These actions included the reorganization of the supermarket, namely by restructuring the storage structures and the layout, but also by redefining the picking process, changing processes, operators' tasks, and their equipment. It was also proposed the introduction of a *mizusumashi*, which aimed to support a new supply strategy.

Through the suggested proposals, it would be possible to free up a space valued at 99200,00€, which could be leveraged by the organization. The proposed actions would also allow eliminating/reducing wastes, with expected gains of 45301,00€. Additionally, in addition to a better organization of spaces, the reduction of ergonomic risks, and the shortening of lead time by one day, a supply system based on a JIT paradigm was designed, which was the main objective of this project.

KEYWORDS

Lean Thinking, Internal Supply, *Mizusumashi*, Picking, Layout

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas.....	xiv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvi
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia de investigação.....	3
1.4 Estrutura da dissertação.....	6
2. Revisão da literatura.....	7
2.1 <i>Lean Production</i>	7
2.1.1 Origens - <i>Toyota Production System</i>	7
2.1.2 Princípios <i>Lean Thinking</i>	9
2.1.3 Tipos de desperdícios.....	10
2.1.4 Ferramentas Lean e outras ferramentas para apoio.....	11
2.2 Logística interna.....	15
2.2.1 Definição.....	15
2.2.2 Políticas de abastecimento.....	15
2.2.3 <i>Layout</i> de espaços de armazenamento.....	18
2.3 <i>Lean Logistics</i>	19
2.3.1 Definição.....	19
2.3.2 Ferramentas Lean Logistics.....	19
2.4 Análise crítica da revisão de literatura.....	22
3. Apresentação da empresa.....	23
3.1 Grupo WEG.....	23

3.2	Missão, visão e valores	24
3.3	WEG em Portugal - WEGEuro	25
3.4	Unidade WEG em Santo Tirso	27
3.4.1	Produtos comercializados	27
3.4.2	Processo produtivo	28
3.4.3	Sistema de controlo da produção	30
4.	Descrição e análise crítica do estado atual	31
4.1	Secções de montagem.....	31
4.1.1	Montagem Linha.....	31
4.1.2	Montagem Especiais.....	32
4.2	Sistema de abastecimento atual às secções de montagem	33
4.2.1	Funcionamento e organização do supermercado de peças	34
4.2.2	Processo e política de picking	36
4.2.3	Processo de reabastecimento do supermercado.....	38
4.2.4	Preparação de materiais	39
4.2.5	Fluxo de abastecimento e lead time do processo de abastecimento	42
4.3	Análise crítica e identificação de problemas.....	42
4.3.1	Tempo de ciclo das secções de montagem	43
4.3.2	Excesso de stock de kits completos.....	44
4.3.3	Falta de carrinhos de kits.....	46
4.3.4	Incapacidade do supermercado em satisfazer as secções de montagem	47
4.3.5	Excesso de deslocações.....	49
4.3.6	Lista de picking desorganizada.....	53
4.3.7	Armazenamento inadequado de materiais.....	54
4.3.8	Falhas de material nos kits	57
4.3.9	Método de trabalho inexistente.....	59
4.3.10	Carrinhos de abastecimento inadequados.....	61
4.3.11	Bancadas de trabalho desadequadas.....	62
4.3.12	Problemas ergonómicos	62
4.4	Síntese dos problemas identificados.....	64

5.	Apresentação e implementação de propostas de melhoria	65
5.1	Reorganização do supermercado de peças	66
5.1.1	Reestruturação das estruturas de armazenamento	66
5.1.2	Proposta de um novo <i>layout</i>	75
5.2	Redefinição do processo de picking e do funcionamento do supermercado	77
5.2.1	Endereçamento do supermercado e novas listas de picking.....	77
5.2.2	Proposta de funcionamento do supermercado.....	80
5.2.3	Novo carrinho de picking	86
5.2.4	Proposta de abastecimento de materiais Kanban	87
5.3	Introdução de um mizusumashi para o processo de abastecimento de materiais	88
5.3.1	Definição de tarefas e rota de abastecimento	88
5.3.2	Controlo e frequência de abastecimento.....	91
5.3.3	Sinalização de abastecimento	94
5.4	Aplicação de 5S às bancadas de trabalho.....	94
5.5	Uniformização do processo de manipulação dos rolamentos	95
5.6	Proposta de nova bancada destinada à manipulação de materiais	96
6.	Análise e discussão de resultados	99
6.1	Capacidade do supermercado em satisfazer as secções de montagem	99
6.2	Redução do stock de carrinhos kits armazenados em chão de fábrica.....	100
6.3	Redução de atividades que não acrescentavam valor.....	101
6.3.1	Eliminação da atividade de consulta e procura dos componentes na lista de picking...	101
6.3.2	Eliminação das atividades de procura de materiais no supermercado	102
6.3.3	Redução das deslocações dos operadores de separação	103
6.4	Armazenamento adequado dos materiais no supermercado	104
6.5	Redução das falhas de material ao nível do supermercado	105
6.6	Promoção de uma melhor gestão visual nos carrinhos de picking	106
6.7	Redução de falhas de material no abastecimento Kanban.....	107
6.8	Melhoria da organização dos postos de trabalho.....	108
6.9	Diminuição do número de defeitos e melhoria do método de trabalho.....	108

6.10	Redução do risco de ocorrência de lesões músculo-esqueléticas.....	109
7.	Conclusão	110
7.1	Considerações finais	110
7.2	Trabalho futuro	114
	Referências Bibliográficas	115
	Apêndices	121
	Apêndice I – Processo produtivo da WEG Santo Tirso	122
	Apêndice II – Deployment Diagram do processo de picking	123
	Apêndice III – Análise ABC das famílias de motores da Montagem Linha	124
	Apêndice IV – Análise ABC das famílias de motores da montagem especiais	125
	Apêndice V – Exemplo e resultados da análise Multimomento	126
	Apêndice VI – VSM do setor da montagem para o cenário verificado.....	131
	Apêndice VII – Materiais Kanban propostos.....	132
	Apêndice VIII – Folha de preparação de material	134
	Apêndice IX – Standard work combination sheet do processo de picking	135
	Apêndice X – Deployment Diagram do funcionamento proposto para o supermercado.....	137
	Apêndice XI – Instrução de trabalho do abastecimento de materiais kanban	138
	Apêndice XII – Localização dos materiais Kanban	141
	Apêndice XIII – Standard work combination sheet da rota do comboio logístico.....	143
	Apêndice XIV – Simulação do cenário proposto	144
	Apêndice XV – Ferramentas para aplicação de 5S.....	145
	Apêndice XVI – Norma de aquecimento de rolamentos.....	147
	Anexos	148
	Anexo I – Estrutura organizacional da WEG Portugal.....	149
	Anexo II – Critérios internos para a realização de uma análise Multimomento	150
	Anexo III – Passos para a realização de avaliação REBA	151
	Anexo IV – Matriz ABS x FMS	152
	Anexo V – Critérios para a realização de uma cronometragem.....	153
	Anexo VI – Dados Antropométricos da população inglesa.....	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - "Research Onion"	4
Figura 2 - Estratégia Action-Research	5
Figura 3 - Casa TPS.....	8
Figura 4 - Pull vs Push Production.....	9
Figura 5 - Ferramenta diagrama de Ishikawa.....	14
Figura 6 - Ferramenta diagrama de Spaghetti.....	15
Figura 7 - Line Stocking	16
Figura 8 – Kitting.....	17
Figura 9 – Kanban (JIT)	17
Figura 10 - Diferentes tipos de layout de um armazém	18
Figura 11 - Sistema Kanban.....	21
Figura 12 - Unidades fabris WEG no mundo	23
Figura 13 - Produtos comercializados pela WEG	24
Figura 14 – Unidade da WEG na Maia (à esquerda) e em Santo Tirso (à direita)	26
Figura 15 - Futuras instalações da WEG Portugal	26
Figura 16 - Constituição geral de um motor.....	28
Figura 17 - Layout da WEG Santo Tirso	28
Figura 18 - Fluxograma do processo produtivo da WEG Santo Tirso	30
Figura 19 – Secção Linha de Montagem	31
Figura 20 - Secção Montagem Especiais	33
Figura 21 - Layout supermercado de peças.....	33
Figura 22 - Carrinho de kits	34
Figura 23 - Exemplo de etiqueta de identificação de componentes.....	34
Figura 24 – Caixa de material Kanban (à esquerda) e estante de materiais Kanban L1 (à direita)	35
Figura 25 - Organização do supermercado de peças	36
Figura 26 - Diagrama de processo simplificado do sistema de picking	38
Figura 27 - Montagem de rolamentos.....	39
Figura 28 - Instalação de PT's.....	40
Figura 29 - Lead time teórico do processo de abastecimento.....	42
Figura 30 - Armazenamento de kits completos	44

Figura 31 - Número de kits diários em stock	45
Figura 32 - Zonas de armazenamento de kits completos	45
Figura 33 - Kits em paletes	46
Figura 34 - Valor das atividades executadas por cada operador de picking	48
Figura 35 - Diagrama de Ishikawa das principais causas de deslocações	50
Figura 36 - Diagramas de Spaghetti dos operadores de picking	52
Figura 37 - Exemplo de lista de picking atual.....	53
Figura 38 - Armazenamento de materiais no chão do supermercado	54
Figura 39 - Desorganização dos materiais no supermercado	55
Figura 40 - Armazenamento inadequado dos cabos e mangas.....	56
Figura 41 - Zona de armazenamento de rotores	56
Figura 42 - Número de kits em falha (à esquerda) e causa de falhas nos kits (à direita)	57
Figura 43 - Lead time real do processo de abastecimento	58
Figura 44 - Desorganização e má gestão dos materiais Kanban abastecidos externamente	59
Figura 45 - Modo de aplicação de massa especial.....	60
Figura 46 - Desorganização dos materiais a serem abastecidos.....	61
Figura 47 - Bancada de separação (à esquerda) e bancada de preparação de PT's (à direita)	62
Figura 48 - Análise do histórico de tampas existentes no supermercado	67
Figura 49 - Proposta de estrutura de armazenamento de rotores	67
Figura 50 - Proposta de estrutura para o armazenamento de tampas e flanges.....	68
Figura 51 - Estantes de armazenamento de tampas e flanges e respetivos suportes propostos	69
Figura 52 - Armazenamento atual das caixas de ligação	70
Figura 53 - Organização proposta para o armazenamento de caixas de ligação.....	71
Figura 54 - Proposta de estante a ser adquirida	73
Figura 55 - Estantes de armazenamento de material pequeno a reaproveitar.....	74
Figura 56 - Análise ABC das quantidades consumidas de cabos e mangas	75
Figura 57 - Proposta de estrutura para o armazenamento de cabos e mangas.....	75
Figura 58 - Proposta de novo layout para o supermercado de peças.....	76
Figura 59 - Etiqueta de endereçamento de posição e respetivo QR Code	77
Figura 60 - Bandeira identificadora de rua.....	78
Figura 61 - Coletor de picking proposto.....	78
Figura 62 - Proposta de lista de picking.....	79

Figura 63 - Lead time proposto do processo de abastecimento.....	80
Figura 64 - Diagrama de Spaghetti da estratégia proposta.....	83
Figura 65 - Fitas identificadores de prioridade.....	85
Figura 66 - Proposta de novo carrinho de picking.....	86
Figura 67 - Proposta de tabuleiro organizador.....	87
Figura 68 - Rota proposta para o comboio logístico.....	89
Figura 69 - Modelo de gestão de inventário.....	91
Figura 70 - Pontos de entrada e saída de carrinhos.....	93
Figura 71 - Funcionamento do sistema ANDON proposto.....	94
Figura 72 - Ferramenta de aplicação de massa especial proposta.....	96
Figura 73 - Proposta de bancada de trabalho destinada à manipulação de materiais.....	97
Figura 74 - Comparação entre o lead time do processo de abastecimento verificado e proposto.....	100
Figura 75 - Comparação entre as caixas dos carrinhos na situação verificada e proposta.....	106
Figura 76 - Processo Produtivo da WEG Santo Tirso.....	122
Figura 77 - Deployment Diagram do processo de picking.....	123
Figura 78 - VSM do setor da montagem para o cenário verificado.....	131
Figura 79 - Exemplo de folha de preparação de material.....	134
Figura 80 - Standard Work Combination Sheet do processo de separação da Montagem Linha.....	135
Figura 81 - Standard Work Combination Sheet do processo de separação da Montagem Especiais..	136
Figura 82 - Deployment Diagram do novo funcionamento do supermercado.....	137
Figura 83 - Standard Work Combination Sheet da rota do comboio logístico.....	143
Figura 84 – Red-Tag 5S proposta.....	145
Figura 85 - Caixa organizadora 5S (à esquerda) e etiqueta organizadora 5S (à direita).....	145
Figura 86 - Checklist 5S proposta.....	146
Figura 87 - Norma de aquecimento de rolamentos proposta.....	147
Figura 88 - Estrutura organizacional da WEG Portugal.....	149
Figura 89 - Passos para a realização de uma avaliação REBA.....	151
Figura 90 - Matriz ABC x FMS.....	152

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Produtos comercializados pela WEG Santo Tirso	27
Tabela 2 - Operadores do supermercado e respetivas funções.....	36
Tabela 3 - Tipos de pinturas.....	41
Tabela 4 - Tempos de separação dos diferentes operadores para as famílias de motores mais representativas	48
Tabela 5 - Distâncias médias percorridas pelos operadores de picking.....	52
Tabela 6 - Avaliação REBA da postura do operador.....	63
Tabela 7 - Síntese dos problemas identificados, respetivas consequências e desperdícios.....	64
Tabela 8 - Propostas de melhoria com recurso à técnica 5W2H.....	65
Tabela 9 - Quantidades de cada tipologia de material e respetivo número de localizações	72
Tabela 10 - Tipos de caixas propostas.....	72
Tabela 11 – Número de caixas de cada tipologia.....	73
Tabela 12 - Tarefas de preparação de material, respetiva quantidade média diária e duração	82
Tabela 13 - Novos tempos totais de picking.....	84
Tabela 14 - Níveis de prioridade.....	85
Tabela 15 - Famílias de motores com tempos de montagem inferiores ao lead time	92
Tabela 16 - Número de carrinhos em cada fase do ciclo de abastecimento.....	94
Tabela 17 - Proposta de aplicação de 5S às bancadas de trabalho	95
Tabela 18 - Avaliação REBA da nova postura do operador	98
Tabela 19 - Comparação entre o lead time da estratégia proposta e o tempo de ciclo das secções de montagem.....	99
Tabela 20 - Ganhos ao nível da redução de carrinhos armazenados em chão de fábrica	101
Tabela 21 - Poupança gerada pela otimização das listas de picking.....	102
Tabela 22 - Poupança gerada pela eliminação das atividades de procura de componentes	103
Tabela 23 - Gastos anuais em deslocações dos operadores de separação na situação verificada	103
Tabela 24 - Gastos anuais em deslocações dos operadores de separação na situação proposta.....	103
Tabela 25 - Ocorrências das diferentes causas de falhas nos kits	105
Tabela 26 - Ganhos gerados com a redução de falhas nos kits	106
Tabela 27 - Análise ABC das famílias de motores da Montagem Linha.....	124
Tabela 28 - Tabela resumo da análise ABC das famílias de motores da Montagem Linha.....	124

Tabela 29 - Análise ABC das famílias de motores da Montagem Especiais	125
Tabela 30 - Tabela resumo da análise ABC das famílias de motores da Montagem Especiais	125
Tabela 31 - Exemplo de Análise Multimomento do operador mecânico da Montagem Linha	126
Tabela 32 - Resultados da análise Multimomento do operador mecânico da Montagem Linha.....	127
Tabela 33 - Resultados da análise Multimomento do operador mecânico da Montagem Especiais....	128
Tabela 34 - Resultados da análise Multimomento do operador de ligação/embalagem da Montagem Linha.....	129
Tabela 35 - Resultados da análise Multimomento do operador de ligação/embalagem da Montagem Especiais.....	130
Tabela 36 - Materiais Kanban propostos	132
Tabela 37 - Instrução de trabalho para o abastecimento dos materiais Kanban.....	138
Tabela 38 - Localização dos materiais Kanban	141
Tabela 39 - Simulação do cenário proposto para a linha de montagem.....	144
Tabela 40 - Norma de procedimento 5S proposta	146
Tabela 41 - Critérios internos para a realização de uma análise Multimomento.....	150
Tabela 42 – Ações a serem tomados de acordo com a pontuação final REBA.....	151
Tabela 43 – Critérios para o número de ciclos a cronometrar.....	153
Tabela 44 - Dados antropométricos da população inglesa	154

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

FIFO – *First-In-First-Out*

JIT – *Just-in-Time*

OCRA – *Occupational Repetitive Actions*

OP – Ordem de Produção

REBA – *Rapid Entire Body Assessment*

RULA – *Rapid Upper Limb Assessment*

TPS – *Toyota Production System*

VSM – *Value Stream Mapping*

WIP – *Work-in-Process*

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho diz respeito ao projeto de investigação desenvolvido nas instalações da WEGEuro – Indústria Elétrica, SA, localizada no concelho de Santo Tirso. O mesmo centrou-se na melhoria de um sistema de abastecimento a uma secção de montagem com recurso a um supermercado de peças e componentes. Ao longo deste capítulo é realizado um breve enquadramento do projeto realizado, bem como da problemática que promoveu o desenvolvimento do mesmo. São também traçados os principais objetivos e resultados que se pretendem alcançar, bem como a metodologia de investigação adotada. Numa última etapa desta secção, passa-se à descrição da estrutura da presente dissertação, apresentando-se uma breve descrição dos capítulos que a compõem.

1.1 Enquadramento

Após uma longa era industrial caracterizada pela produção em massa, na qual as empresas desenvolviam e comercializavam produtos padrão em elevadas quantidades, como era exemplo o enigmático e revolucionário modelo T, ao longo das últimas décadas, tem-se assistido ao crescimento de um novo paradigma produtivo, marcado pela exigência de uma nova tipologia de cliente, que procura cada vez mais produtos personalizados e ajustados às suas necessidades, paradigma este enfrentado pela Toyota há já algum tempo (Ohno, 1988).

A este paradigma deu-se o nome de customização em massa (Pine, 1993). Este possuiu um papel transformador no seio das organizações, impondo-lhes novos desafios e obrigando-as a grandes transformações. A necessidade de as mesmas lidarem com uma maior diversidade de produtos, aliada a uma menor quantidade dos mesmos, impôs que as organizações se reorganizassem e tornassem mais flexíveis, ágeis e capazes de lidar com imprevisibilidades (Adenipekun et al., 2022). Atualmente, estes revelam-se fatores críticos para que as instituições sejam capazes de sobreviver e manter-se competitivas em mercados tão implacáveis (Fathi & Ghobakhloo, 2020).

Perante este novo paradigma produtivo orientado às necessidades dos clientes e num contexto de indústria 4.0, as organizações vêm-se expostas a novos e sérios desafios, relacionados com o manuseamento de materiais e componentes (Fathi et al., 2018), seja ao nível da sua identificação, transformação, transporte ou armazenamento, para os quais necessitam de encontrar soluções eficazes. Um desses desafios está associado à grande quantidade de materiais e componentes que necessitam de ser fornecidos às linhas de montagem.

O conceito *Just-in-Time* (JIT) representa um aspeto crucial para que as organizações sejam capazes de lidar com esta grande variedade de artigos, garantindo o bom funcionamento do processo produtivo da organização e, conseqüentemente, o sucesso da mesma (Monden, 1998). Este é um dos pilares do *Lean Production*, cujo foco assenta na redução de desperdícios e de atividades que não acrescentam valor ao produto (Coimbra, 2009).

Na empresa onde foi realizada esta dissertação também se sente esta necessidade de reduzir desperdícios. Esta foi levada a cabo numa organização multinacional, sediada no Brasil, que se destaca na produção de motores elétricos, a WEGEuro - Indústria Elétrica, S.A. Esta empresa possuía dois centros produtivos em Portugal, um primeiro na Maia, encarregue da produção de motores elétricos de baixa, média e elevada tensão de grandes dimensões, e um outro em Santo Tirso, que se ocupava da produção de motores elétricos de baixa tensão com dimensões inferiores.

No seguimento do plano estratégico desenhado pela WEG até ao ano de 2030 e numa altura em que se assiste a um crescimento sustentado da WEGEuro (Peralta, 2019), sentiu-se a necessidade de construir uma nova unidade fabril, de maiores dimensões, capaz de albergar os recursos da organização e de satisfazer as suas necessidades produtivas, que se espera que acompanhem a atual tendência de crescimento. Neste sentido, tomou-se a decisão de construir uma nova fábrica em Santo Tirso, paralela à já existente, e de transferir todas as operações que se encontram na Maia para este novo espaço.

Perante esta decisão, e tendo em conta os maiores níveis produtivos que se ambicionam alcançar, bem como a elevada complexidade e grau de personalização que caracteriza os produtos da WEG, torna-se evidente a importância da existência de um sistema de abastecimento interno eficiente, capaz de lidar com uma quantidade e diversidade de componentes. Tal vai de encontro aos objetivos da organização, que ambiciona uma maior integração vertical, bem como uma maior agilidade e flexibilidade na customização, reduzindo *lead times* e satisfazendo os seus clientes (Peralta, 2019). Desta forma, foi proposto este projeto de investigação.

1.2 Objetivos

O objetivo da presente dissertação passou por realizar uma reestruturação do sistema de abastecimento à secção de montagem da WEG, tornando-o eficiente e capaz de lidar com a grande quantidade e diversidade de componentes que a sua tipologia de produto exige. Para tal, foram identificadas soluções que melhorassem o fornecimento destes componentes, aplicando princípios de *Lean Thinking* e *Lean*

Logistics (Coimbra, 2009). Para que o objetivo central deste projeto pudesse ser alcançado com sucesso, revelou-se necessário:

- Realizar uma análise ABC das várias famílias de produtos para perceber as necessidades das secções de montagem;
- Identificar desperdícios associados ao processo de abastecimento;
- Realizar uma análise dos vários materiais armazenados no supermercado;
- Reestruturar o supermercado de componentes e o processo de *picking*;
- Redefinir o fluxo de abastecimento;
- Implementar 5S e gestão visual;

Num sentido mais específico e detalhado, pretendeu-se alcançar:

- Redução do stock;
- Redução do esforço humano;
- Redução de movimentos;
- Melhoria do fluxo de abastecimento à montagem;
- Melhoria do desempenho dos recursos disponíveis;
- Aumento geral da produtividade;
- Redução de custos.

Esta dissertação pretende, então, responder à questão de investigação: “Como dimensionar um sistema de abastecimento de componentes à secção de montagem eficiente?”.

1.3 Metodologia de investigação

O projeto desenvolvido foi executado em contexto industrial, sendo expectável que ao longo do mesmo fossem analisadas e avaliadas soluções para os problemas propostos, bem como para outros que fossem identificados pelo investigador. Simultaneamente, para a realização de um projeto de qualidade que gerasse ganhos para ambas as partes, era crucial a existência de uma dinâmica positiva e de uma participação ativa entre o investigador e os colaboradores da organização, independentemente da sua posição no seio da mesma (O'Brien, 1998).

Por forma a auxiliar e guiar todo o processo de investigação, possibilitando um melhor planeamento e definição de todo o projeto, recorreu-se ao modelo “*Research Onion*” (Saunders et al., 2009). Tal como o próprio nome indica, a investigação, aqui metaforicamente representada por uma cebola de várias camadas, apresenta um panorama global da abordagem de investigação e, portanto, da perspetiva e

visão do investigador. Neste sentido, as várias camadas devem ir sendo cuidadosamente “descascadas”, culminando numa recolha e análise dos dados e informações existentes, que simbolizam o núcleo da “cebola”. Apenas desta forma o investigador será capaz de tomar decisões fundamentadas e que mantenham a coerência do seu projeto (Saunders et al., 2009).

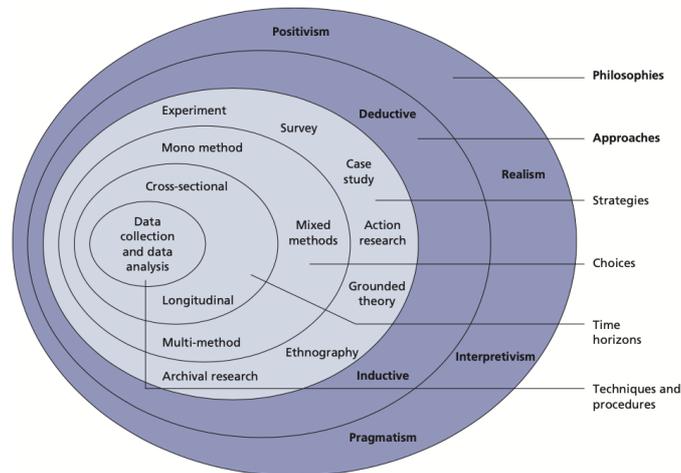


Figura 1 - "Research Onion"
(Saunders et al., 2009)

Seguindo esta abordagem, começou-se por definir a filosofia de investigação adotada, a qual traduz a forma como o investigador vê o mundo e aquilo que o rodeia. Neste sentido, a filosofia adotada foi o pragmatismo, sustentando esta decisão no facto de se considerar que existem diversas formas de se interpretar a realidade, pretendendo-se, por isso, integrar diferentes perspetivas e visões aquando da recolha e análise de dados.

No que respeita à abordagem, a escolha recaiu sobre o tipo dedutivo, uma vez que o projeto englobou a recolha de dados qualitativos e quantitativos, que foram depois usados para testar uma hipótese relacionada com a teoria e conceitos teóricos já existentes. Tendo em conta que se pretendia introduzir uma “mudança” na organização, considerou-se relevante a adoção de uma estratégia Investigação-Ação. Inicialmente introduzida por Kurt Lewin em 1946, esta estratégia apresenta a expressão *learning by doing* como lema, defendendo, por isso, uma simbiose entre a teoria e a prática. Segundo O’Brien (1998), deve ser realizada uma revisão da literatura inerente ao tema, enquanto, simultaneamente, se procede à análise da situação atual da organização através de uma interação dinâmica com os seus colaboradores. Esta estratégia é caracterizada por constituir um processo cíclico e iterativo, podendo ser dividido em cinco fases distintas: 1) diagnóstico, 2) planeamento, 3) ação, 4) avaliação e 5) especificação de aprendizagem (Susman & Evered, 1978).

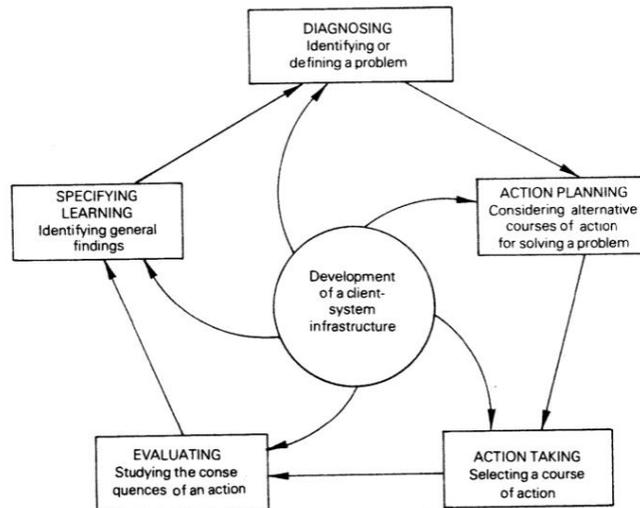


Figura 2 - Estratégia *Action-Research*
(Susman & Evered, 1978)

Assim, numa primeira etapa, deve-se proceder à avaliação da situação atual, identificando-se os problemas existentes, bem como o seu impacto na organização. Para tal, começa-se então por recolher o maior número de dados e informações possível, quer através de documentação fornecida pela organização, quer através de análises levadas a cabo pelo investigador. Estas últimas podem ser realizadas através de contactos com os operadores, da análise dos fluxos produtivos, da avaliação do modo como as operações eram realizadas ou da medição de tempos.

Numa segunda fase, tendo-se identificado os principais problemas existentes, torna-se crucial definir medidas eficazes para os mesmos. Assim, no sentido de garantir uma correta gestão de todo o projeto, deve-se proceder ao planeamento e discriminação de todas as ações de melhoria levadas a cabo.

De seguida, tendo-se definido todas as ações de melhoria, deve-se proceder à sua implementação. De forma paralela, espera-se que seja realizada uma monitorização e acompanhamento destas ações, por forma a perceber a efetividade das mesmas e se estas se encontram a gerar os resultados esperados.

Posteriormente, deverá ser realizada uma avaliação global e completa de cada uma das ações levadas a cabo, avaliando-se os resultados que foram atingidos, os que se esperam atingir e aqueles que ficaram aquém das expectativas. Nesta fase deverá ser executada uma comparação entre aquilo que existia inicialmente na organização e a situação proposta.

Numa última etapa, dever-se-á proceder à escrita da dissertação em questão, documentando-se todo o trabalho realizado, identificando-se as principais descobertas e conclusões alcançadas, bem como oportunidades de oportunidades de trabalho futuro.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em sete capítulos. Durante o primeiro capítulo é realizado um breve enquadramento do projeto que serviu de base à realização desta dissertação, são definidos os principais objetivos que se pretendem atingir, bem como a metodologia de investigação usada para tal.

No capítulo seguinte é levada a cabo uma revisão bibliográfica acerca dos principais conceitos que se consideram ser relevantes no contexto deste projeto.

O terceiro capítulo é iniciado com uma breve apresentação da organização onde foi levada a cabo esta dissertação, tratando-se a história do grupo WEG, os seus principais valores, os produtos comercializados pelo mesmo, bem como o seu processo produtivo.

Já no quarto capítulo, após se proceder à descrição detalhada da área em estudo, foi realizada uma análise crítica da situação atual da organização, bem como um levantamento dos principais problemas identificados.

Ao longo do quinto capítulo são descritas as várias propostas de melhoria desenvolvidas para os problemas identificados na secção anterior.

No sexto capítulo detalham-se os resultados que se esperam alcançar através da implementação das ações de melhoria apresentadas, avaliando-se o seu impacto.

Finalmente, no sétimo e último capítulo são descritas as principais conclusões obtidas, bem como apresentadas algumas propostas de trabalho futuro.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Ao longo do presente capítulo são apresentados e explicados os principais conceitos teóricos que serviram de base à realização do projeto em questão. Numa primeira etapa é realizada uma breve descrição do *Toyota Production System* (TPS), bem como do conceito de *Lean Production* e dos conceitos com este relacionados. Posteriormente, são descritas algumas ferramentas *Lean* que se revelaram úteis no contexto deste projeto, como são exemplos os 5S ou a Gestão Visual. Por último, foi ainda abordada a temática do *Lean Logistics*, bem como dos principais conceitos inerentes à mesma.

2.1 *Lean Production*

Como referido, ao longo desta primeira secção, começa-se por introduzir o *Lean Production*, realizando uma viagem às origens do TPS. Posteriormente, são enunciados os vários princípios *Lean Thinking*, bem como as várias tipologias de desperdícios identificados por esta metodologia. Por último, são ainda descritas algumas ferramentas *Lean* que se revelaram úteis no âmbito deste projeto.

2.1.1 Origens - *Toyota Production System*

Desenvolvido e promovido pela *Toyota Motor Corporation* após a Segunda Guerra Mundial, o TPS apenas passou a adquirir maior relevância e interesse aquando da crise do petróleo de 1973. Foi apenas nesta fase, perante as dificuldades enfrentadas, que as empresas japonesas começaram a olhar para a Toyota e a procurar perceber de que forma esta era capaz de manter os seus resultados (Ohno, 1988).

Este sistema defende uma redução de custos, bem como um aumento da produtividade, que podem ser alcançados através de uma redução de desperdícios (Monden, 1998). Segundo Monden (1998) e Ohno (1988), mais do que um mero sistema produtivo, o TPS é um sistema que permite a gestão de toda a cadeia de valor de um produto. Para ilustrar os principais princípios e pilares do *Toyota Production System* recorre-se frequentemente à “Casa TPS”, apresentada na Figura 3.

Segundo Liker & Morgan (2006), o formato de casa adotado, pretende traduzir a força e a estabilidade da mesma quando todos os elementos que a constituem se encontram “fortes”. Contudo, quando um qualquer destes elementos se apresenta fragilizado, toda a casa e aquilo que a mesma pretende atingir fica comprometido.

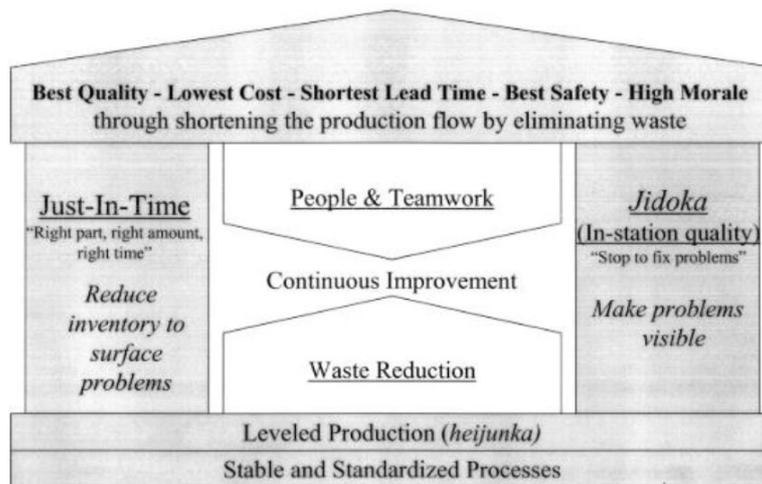


Figura 3 - Casa TPS
(Liker & Morgan, 2006)

Para o sucesso do TPS, é necessária uma base sólida e forte que garanta a estabilidade do sistema, a qual deve ser composta por dois conceitos chave, o nivelamento da produção (*Heijunka*) e a estabilidade e padronização dos processos. Garantida a solidez destes conceitos, os mesmos serão então capazes de suportar os dois pilares do TPS: o JIT e o *Jidoka*. O primeiro tem como foco o aumento da competitividade entre as organizações, na medida em que propõe uma reestruturação dos processos, permitindo entregar ao cliente o produto certo, na quantidade desejada, bem como no local e no momento espectral.

Este conceito permite, desta forma, a redução de *lead times* (Sugimori et al., 1977), estando intimamente relacionado com a existência de um fluxo contínuo de materiais, associado aos sistemas de produção *pull*. Já o *Jidoka* pode ser traduzido pelo lema “*Make problems visible*”. Assim, segundo o TPS, sempre que surge um problema, espera-se que a operação ou equipamento seja imediatamente parado (Sugimori et al., 1977). Segundo Liker & Morgan (2006), esta paragem poderá ser realizada pelo próprio equipamento, de forma automatizada, mas também pelo operador, graças à autoridade que lhe deve ser conferida.

Após a construção e desenvolvimento sustentado destes dois pilares será então possível alcançar os objetivos principais do TPS, presentes no telhado da casa: melhor qualidade, menor custo, tempos de espera mais curtos, melhor segurança e uma maior moral.

Taiichi Ohno é considerado o “pai” do pensamento *Lean* graças ao desenvolvimento do sistema produtivo da Toyota (Womack & Jones, 1996). Foi a partir daqui que o movimento *Lean* se difundiu pelas organizações das mais diversas indústrias japonesas, as quais procuravam adotar os princípios de redução de desperdícios e melhoria contínua promovidos pelo TPS.

O termo *Lean* foi pela primeira vez popularmente difundido pelo livro “*The Machine that Changed the World*” (Womack et al., 2007) como uma filosofia de gestão que promovia o desenvolvimento de processos, tendo como foco a redução dos desperdícios associados aos mesmos. Este foi um ponto marcante e crucial na mudança da filosofia industrial, impondo um novo paradigma produtivo, a “produção puxada” pelo cliente, em detrimento da típica produção “empurrada” de Taylor, caracterizada pela existência de grandes quantidades de stock (Womack & Jones, 1996). A Figura 4 representa esse paradigma de produção.

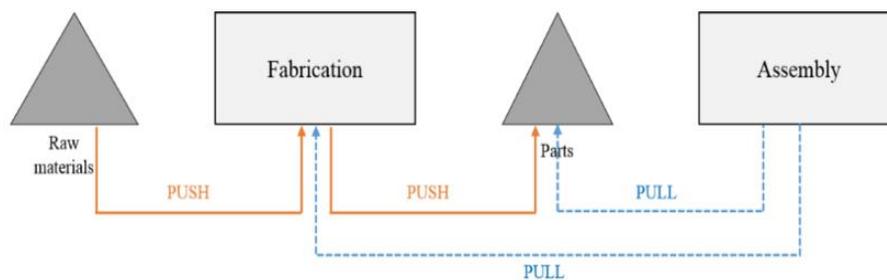


Figura 4 - *Pull vs Push Production*
(Bortolini et al., 2021)

Tendo como foco toda a cadeia de valor do produto, esta nova filosofia ambiciona e predispõe-se a “*doing more with less*”, fornecendo ao cliente exatamente aquilo que ele pretende e recorrendo à menor quantidade de esforço, energia, tempo, equipamentos, materiais, espaço e capital possível (Womack & Jones, 1996).

2.1.2 Princípios *Lean Thinking*

O *Lean* consiste numa metodologia que pretende eliminar tudo aquilo que não acrescenta valor ao produto e que, portanto, o cliente não está disposto a pagar (Ohno, 1988). De acordo com a publicação “*Lean Thinking*” (Womack & Jones, 1996), existem cinco princípios que traduzem a filosofia *Lean* e aquilo que esta defende. Os princípios apresentados podem ser descritos da seguinte forma:

- Valor: A definição daquilo que acrescenta ou não valor deverá ser determinada tendo em conta a perspetiva do cliente e aquilo pelo qual o mesmo estará disposto a pagar (Womack & Jones, 1996). Segundo Pinto (2008), tudo aquilo que não representem necessidades ou exigências do cliente constituem oportunidades de melhoria.
- Cadeia de Valor: Revela-se crucial a realização de uma análise do processo como um todo, identificando-se as atividades necessárias ao desenvolvimento do produto ou serviço, mas também as operações que representam desperdícios. Segundo Kamauff (2009), podem definir-se três tipos de atividades de acordo com o valor que acrescentam ao produto ou serviço:

atividades de valor acrescentado, atividades que não acrescentam valor, mas necessárias ao processo produtivo (como é o caso das manutenções preventivas) e atividades que não acrescentam valor e que, portanto, devem ser eliminadas (Kamauff, 2009).

- Fluxo Contínuo: No seguimento da identificação e eliminação das atividades que não acrescentam valor, deve-se procurar assegurar um fluxo contínuo entre os vários processos, quer de materiais, quer de informação (Coimbra, 2009), combatendo estrangulamentos que possam gerar paragens produtivas, esperas ou reduções de atividade.
- Sistema de Produção *Pull*: A produção é “puxada” pelo cliente de acordo com as encomendas do mesmo (J. Liker, 2003). Desta forma, segundo a filosofia *Lean*, não existe produção para stock, sendo o pedido do cliente que despoleta e faz iniciar a produção de um determinado produto. Este é o princípio que serve de base ao conceito JIT que representa um dos pilares da casa TPS (Womack & Jones, 1996).
- Busca pela Perfeição: Segundo Womack & Jones (1996), não existe um fim para a busca de soluções de redução de esforços, tempo, espaço, custos e erros. Deverá existir um compromisso constante pela procura de meios destinados à criação de valor, aliado à eliminação de desperdícios (Pinto, 2008). Este representa o caminho da melhoria contínua e da busca incessante pela perfeição.

2.1.3 Tipos de desperdícios

Segundo Coimbra (2009), a procura constante pela redução de desperdícios através da eliminação das atividades que não acrescentam valor é um requisito fundamental para as organizações que ambicionam tornar-se competitivas e alcançar a excelência organizacional. Para Ohno (1988) existem sete tipos de desperdícios, que juntos formam o *Muda*, sendo eles:

- Defeitos: Consideram-se defeitos sempre que as características de um determinado produto ou serviço não correspondam com as suas especificações técnicas e, portanto, com as exigências do cliente. Daqui poderá resultar retrabalho ou sucata (Zakaria et al., 2016).
- Sobreprodução: Gerada por práticas totalmente opostas à produção JIT promovida pelo TPS. Resulta de uma produção para stock, ao invés de “puxada” pelo cliente (Dailey, 2003).
- Sobre processamento: Está relacionado com todas as atividades que fazem parte do processo, mas que não acrescentam qualquer valor ao produto. O excesso de atividades de inspeção são um exemplo claro deste desperdício (Melton, 2005).

- Esperas: Segundo Melton (2005), este desperdício está associado ao mau aproveitamento dos recursos da organização, resultando em períodos de inatividade durante os quais os trabalhadores ou máquinas se encontram parados à espera de algo. Um exemplo desta temática é a falta de sincronização entre processos, fazendo com que um trabalhador mais a jusante fique à espera de material proveniente de um processo anterior.
- Movimentações: As movimentações desnecessárias efetuadas pelos operadores representam desperdícios, na medida em que não contribuem para o processamento dos materiais, não acrescentando qualquer valor (Melton, 2005).
- Transportes: Uma vez mais, o transporte de materiais não contribui para o incremento do valor dos produtos e, portanto, constitui um desperdício que deve ser eliminado.
- Stock: Este desperdício está associado ao *Work-In-Process* (WIP), bem como às existências de matéria-prima e produto acabado, os quais geram elevados custos de posse relacionados com o armazenamento destes materiais (Melton, 2005). O stock é o resultado de um outro desperdício, a sobreprodução, que é classificado como o pior dos desperdícios pelo facto de esconder uma grande diversidade de problemas (Sugimori et al., 1977).

Adicionalmente, Liker (2003) identifica um oitavo desperdício relacionado com o mau aproveitamento do potencial humano. Este desperdício poderá resultar da desconsideração das ideias dos colaboradores, do desaproveitamento das suas competências ou até da sua falta de envolvimento.

O *muda* é um dos 3M's identificados pela filosofia *Lean* para caracterizar os desperdícios existentes nas organizações. Relativamente ao *Muri* mencionado pela filosofia *Lean*, este diz respeito à sobrecarga do sistema produtivo, bem como dos seus elementos. A título de exemplo, a sobrecarga dos operadores ou dos equipamentos que compõem o sistema poderá conduzir a riscos ao nível da segurança e da qualidade. Devem, por isso, ser criados *standards* que padronizem o trabalho afeto a cada elemento, garantindo-se consequentemente processos estáveis (Pinto, 2008).

O último dos M's, o *Mura*, traduz a variabilidade e irregularidade associada aos processos. A falta de peças e componentes ou os defeitos representam exemplos deste desperdício que deve ser combatido pelas organizações (Liker, 2003).

2.1.4 Ferramentas Lean e outras ferramentas para apoio

Por forma a combater os desperdícios existentes nas organizações, reduzindo custos e otimizando os processos das mesmas, existem um conjunto de ferramentas *Lean* às quais cada vez mais empresas

recorrem. Contudo, para que este processo de melhoria contínua seja realizado com sucesso, considera-se de máxima importância conhecer quais as ferramentas mais indicadas a cada situação e a cada problema, bem como de que forma estas devem ser aplicadas.

2.1.4.1 Value Stream Mapping (VSM)

O VSM consiste numa das ferramentas *Lean* mais poderosas e utilizadas na indústria. A mesma permite descrever e entender de uma forma visual o conjunto de atividades (independentemente do seu valor) que são necessárias levar a cabo para gerar um determinado produto. Neste sentido, a mesma possibilita a compreensão do fluxo de materiais e informação dentro da organização, desde a entrada da matéria-prima no processo, até à entrega do produto acabado ao cliente (Rother & Shook, 2003).

Através deste mapeamento detalhado dos diversos fluxos, torna-se então possível gerar um mapa do fluxo de valor do produto, identificando-se problemas e desperdícios que devem ser eliminados.

2.1.4.2 Técnica 5S

Emergente no Japão, esta ferramenta *Lean* é uma das mais aplicadas ao nível da melhoria de processos (Arunagiri & Gnanavelbabu, 2014). A mesma procura construir um ambiente de trabalho seguro, limpo e organizado (Myerson, 2012), reduzindo desperdícios, custos, prazos de entrega e otimizando os níveis de produtividade e qualidade (Monden, 1998). Esta ferramenta de fácil aplicação é composta por cinco fases que são evidenciadas a seguir:

- *Seiri* (Separar): Separar aquilo que é necessário daquilo que representa um desperdício;
- *Seiton* (Organizar): Identificar todos os materiais separados, bem como o local onde estes serão armazenados, por forma a que possam ser facilmente encontrados;
- *Seiso* (Limpar): Manter o local de trabalho sempre limpo e eliminar tudo aquilo que representa um desperdício;
- *Seiketsu* (Padronizar): Após a implementação de todas as etapas anteriores devem ser criadas normas e *standards* que devem ser utilizados por todos;
- *Shitsuke* (Disciplinar): Garantir a manutenção e cumprimento de tudo aquilo que foi planeado anteriormente.

2.1.4.3 Gestão Visual

Segundo Pinto (2008), a gestão visual consiste numa ferramenta que permite a melhoria da eficiência e eficácia das operações, na medida em que promove uma transformação dos processos, tornando-os mais simples, intuitivos e fáceis de controlar por parte das pessoas. Esta é uma das ferramentas *Lean*

mais utilizadas, promovendo a transferência de informação de uma forma mais objetiva e visual (Imai, 2005). Alguns exemplos de gestão visual mais comuns são a utilização de sinais luminosos, a identificação de áreas através de marcas no chão, *Standard Work*, etiquetas, *Kanbans* ou *Andon* (Pinto, 2008).

De uma forma geral, a gestão visual gera um conjunto de vantagens e melhorias nas organizações, nomeadamente a otimização da transparência ao nível da informação, a promoção da melhoria contínua, o aumento da disciplina, a redução de esforços, a simplificação do trabalho, bem como a unificação da informação (Tezel et al., 2009).

2.1.4.4 Standard Work

O *Standard Work* ou trabalho normalizado traduz-se num conjunto de procedimentos ou tarefas que definem a melhor e mais fiável forma de executar uma operação, maximizando o desempenho dos operadores e minimizando os desperdícios associados à tarefa (Press, 2002).

Para Liker (2003) a normalização do trabalho é um aspeto crucial do processo de melhoria contínua na medida em que possibilita a obtenção de um fluxo de materiais e informação estável e previsível. Este consiste num processo cíclico que, a cada iteração é iniciado com um *standard* que serve de base para a melhoria. Sempre que é implementada uma melhoria no processo, deve-se atualizar este *standard* com a mesma (J. Liker, 2003).

Para Monden (1998), são três os elementos que sustentam o *Standard Work*:

- Sequência de trabalho normalizada: conjunto de tarefas normalizadas que devem ser realizadas pelo operador.
- Tempo de ciclo normalizado: tempo normalizado que é necessário para produzir uma unidade de produto, respondendo à procura existente do mesmo.
- Quantidade de WIP normalizado: quantidade mínima necessária de *work-in-process* para garantir a produção.

2.1.4.5 Outras ferramentas para suporte ao Lean

Nesta secção são apresentadas algumas ferramentas usadas para suportar a identificação de problemas e das suas causas, como o diagrama de *Ishikawa* e diagrama de *Spaghetti*.

O diagrama de *Ishikawa*, também conhecido por diagrama causa-efeito, é considerada uma das ferramentas de análise de problemas mais poderosas, podendo ser utilizada de uma forma bastante simples, por qualquer pessoa, em qualquer altura ou local (ITC, 2004).

Desenvolvida por Karou Ishikawa, esta ferramenta é frequentemente utilizada em sessões de *Brainstorming* com o intuito de identificar e ilustrar de uma forma clara as causas geradoras de um determinado problema (Ishikawa, 1976). Segundo Bose (2012), para a identificação das causas do problema em estudo, são frequentemente utilizadas seis categorias: pessoas, processo, gestão, equipamentos, materiais e ambiente. Contudo, existem outras abordagens que podem ser adotadas, tais como o método 5M1E que classifica as causas de uma forma distinta: pessoas, máquinas, materiais, métodos, medição e ambiente (El-dogdog et al., 2016). Na Figura 5 é possível observar um exemplo desta ferramenta.

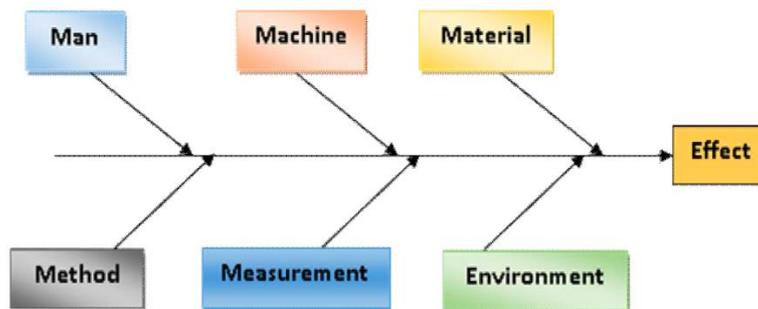


Figura 5 - Ferramenta diagrama de *Ishikawa* (El-dogdog et al., 2016)

O diagrama de *Spaghetti* trata-se de uma ferramenta de mapeamento que permite, através de uma linha de fluxo contínuo, acompanhar e seguir de forma visual o trajeto percorrido por um produto, pessoa ou informação dentro da organização. Desta forma, esta permite, de uma forma simples, compreender a complexidade dos fluxos, reconhecer *bottlenecks* ou identificar desperdícios relacionados com movimentações excessivas que possam estar a ser geradas por *layouts* inadequados ou processos desajustados (Hines et al., 2002).

Por forma a aplicar esta ferramenta de uma forma correta, gerando proveitos para a organização, numa primeira fase, deverá ser concebido um diagrama de *Spaghetti* que espelhe a situação atual e que permita a identificação dos problemas e desperdícios existentes. Posteriormente, deverá ser produzido um outro diagrama que represente a situação melhorada e que verifique os resultados das ações de implementadas (Dennis, 2007). Esta é, portanto, uma ferramenta que promove a redução e eliminação de desperdícios, servindo de base ao processo de melhoria contínua.

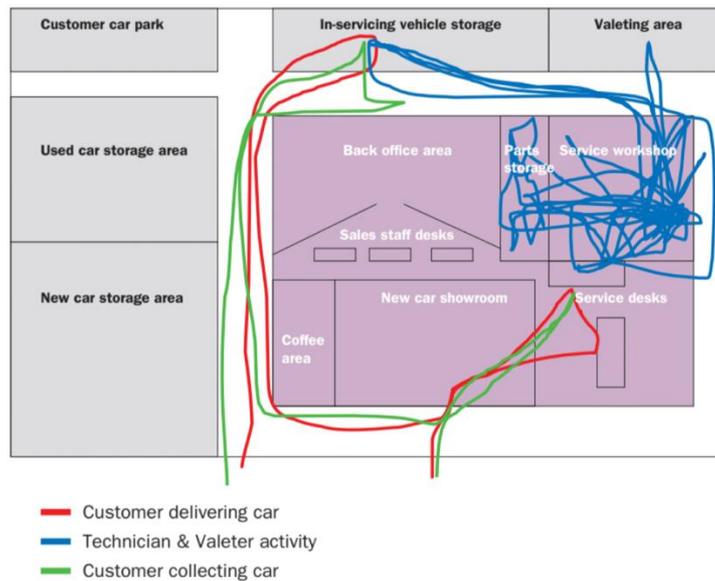


Figura 6 - Ferramenta diagrama de *Spaghetti*
(Hines et al., 2002)

2.2 Logística interna

Ao longo da presente secção será abordada a temática da logística interna, começando-se por realizar uma breve descrição da mesma, e passando-se depois para a exposição de alguns conceitos com ela relacionados, tais como políticas de abastecimento ou *layouts*.

2.2.1 Definição

Segundo a CSCMP (2013), a logística consiste num elemento da gestão da cadeia de abastecimento que é responsável por planear, implementar e controlar a existência de um fluxo e armazenamento de bens, serviços e informação eficiente e eficaz desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, no sentido de satisfazer as necessidades dos clientes. Ao reduzir o espetro de análise deste conceito e focar no seio das organizações, surge então a definição de logística interna. Esta consiste no conjunto de atividades relacionadas com o recebimento, armazenamento e distribuição dos materiais pelos diferentes processos, no manuseio dos mesmos e controlo de stock (Porter, 1989). Este conceito revela-se muito importante para as organizações que desejam seguir uma filosofia *Lean* e garantir que os produtos certos, se encontram no local certo, no momento certo, na quantidade certa e com a qualidade desejada.

2.2.2 Políticas de abastecimento

A política de abastecimento de materiais traduz-se na forma como as peças e componentes são fornecidos aos postos onde irão ser consumidos. A escolha desta política depende de vários fatores, revelando-se crucial no sentido de minimizar os custos operacionais, relacionados com a mão de obra

necessária à preparação dos materiais, com o transporte dos mesmos para a linha de montagem, com o *picking* destes por parte dos operadores da linha, bem como com o seu armazenamento (Sali & Sahin, 2016). Segundo (Caputo & Pelagagge, 2011) são três as políticas de abastecimento de materiais a uma linha de montagem: *Line Stocking*, *Kitting* e *Kanban* (JIT), explicadas nas secções seguintes.

2.2.2.1 Line Stocking

Considerado o método de abastecimento tradicional, o *Line Stocking* caracteriza-se pelo armazenamento de contentores com grandes quantidades de materiais junto aos postos onde serão consumidos, sendo os mesmos repostos periodicamente. Esta filosofia destaca-se pela facilidade de abastecimento, principalmente ao nível da separação de materiais, bem como por garantir uma disponibilidade contínua de material junto à linha. Tal revela-se muito vantajoso caso algum componente esteja danificado ou em falta visto que o operador pode facilmente recolher outra peça do *buffer* presente junto ao seu posto. Por outro lado, esta política apresenta limitações no que respeita à ocupação do espaço junto à linha de montagem e à quantidade de WIP ao longo da mesma (Caputo & Pelagagge, 2011).

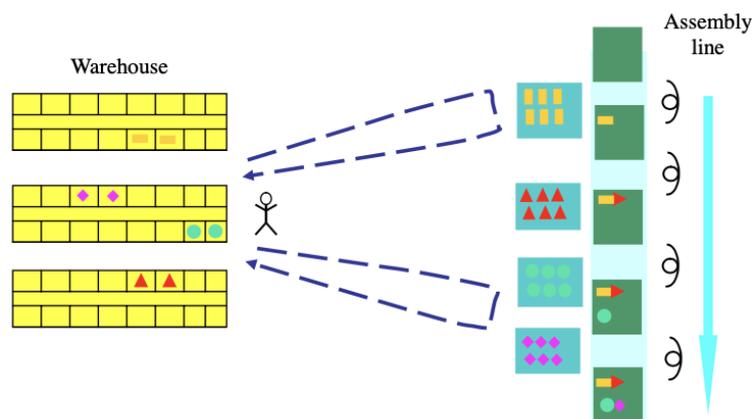


Figura 7 - *Line Stocking*
(Caputo & Pelagagge, 2011)

2.2.2.2 Kitting

O *Kitting* traduz-se na separação de todos os componentes necessários à montagem de uma unidade de produto final e no seu agrupamento num kit de peças que irá percorrer todos os postos de trabalho que compõem a linha de montagem. Estes kits são preparados num centro de armazenagem de acordo com as listas de materiais de cada produto e com a sequência produtiva existente, sendo depois entregues no início da linha de montagem.

Quando comparada com o *Line Stocking*, esta política possibilita uma redução do WIP existente ao longo da linha, bem como do espaço ocupado pelo mesmo. Adicionalmente, esta permite uma maior flexibilidade, revelando-se vantajosa em cenários de customização em massa, onde é necessário lidar com uma grande variedade e quantidade de componentes. Num sentido oposto, em situações em que

são tratadas reduzidas quantidades e variedades de materiais esta política revela-se pouco vantajosa na medida em que implica uma dupla manipulação dos componentes (Caputo & Pelagagge, 2011).

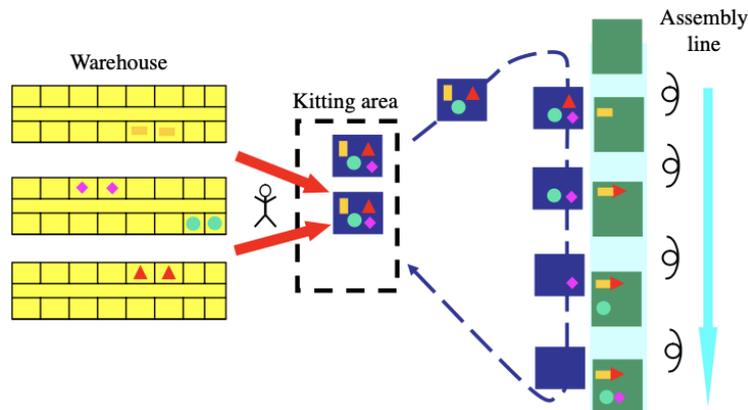


Figura 8 – *Kitting*
(Caputo & Pelagagge, 2011)

2.2.2.3 Abastecimento por contentores usando um sistema Kanban

Esta última política caracteriza-se pelo abastecimento de contentores individuais de pequenas quantidades de cada um dos artigos necessários em cada posto da linha de montagem. Estes materiais são fornecidos segundo um paradigma JIT, sendo necessária a adoção de um sistema *Kanban* por forma a garantir um fluxo contínuo de materiais.

Esta política exige ainda a instalação de um supermercado de peças como unidade de armazenamento intermédia, por forma a garantir uma maior flexibilidade ao processo de reabastecimento dos contentores vazios. Apesar da quase total eliminação dos desperdícios associados ao armazenamento de materiais junto à linha, há que considerar o grande nível de esforço associado à gestão e separação de materiais (Caputo & Pelagagge, 2011).

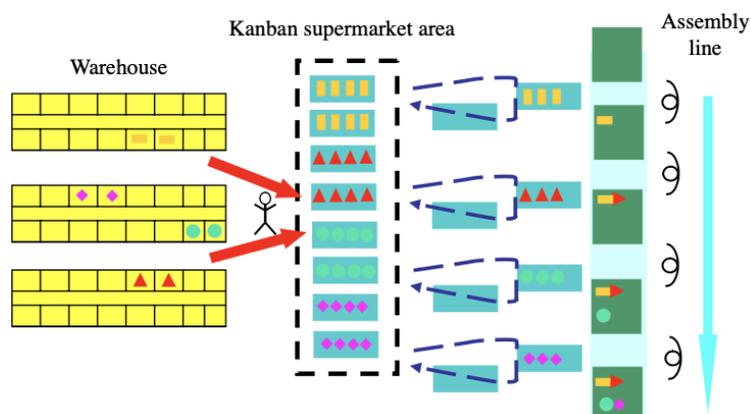


Figura 9 – *Kanban* (JIT)
(Caputo & Pelagagge, 2011)

2.2.3 *Layout* de espaços de armazenamento

A definição de um *layout* eficiente para os espaços de armazenamento de materiais é também um aspeto de máxima importância, no sentido de minimizar as distâncias percorridas pelos operadores no processo de *picking* dos componentes a serem abastecidos à linha de montagem, bem como o respetivo tempo associado (Carvalho, 2017). Segundo Carvalho (2004) devem-se privilegiar *layouts* que promovam um fluxo direcionado (*straight-through* ou *straight-line*) ou um fluxo em “U”, justificando-se esta decisão pelas vantagens que este tipo de organização gera em termos de distância percorrida.

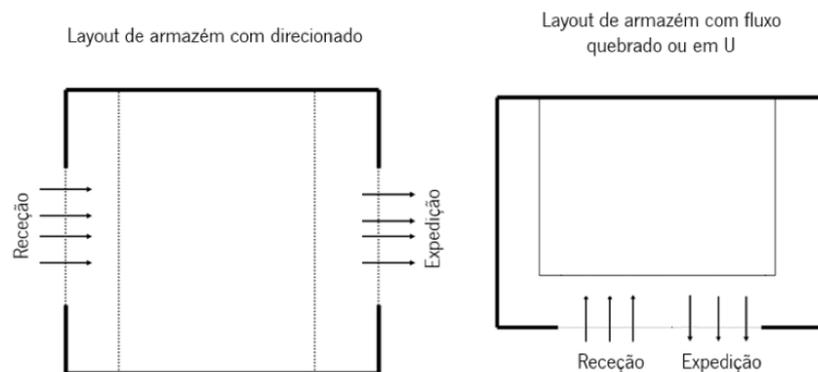


Figura 10 - Diferentes tipos de *layout* de um armazém (Richards, 2018)

Por outro lado, outros fatores devem ser considerados aquando do dimensionamento de um armazém, nomeadamente os recursos disponíveis, sejam eles humanos ou materiais (de Koster et al., 2007), a política de abastecimento de materiais existente, planos de expansão futuros ou as características dos componentes a armazenar, tais como volume, peso ou necessidades específicas.

Neste sentido, o fator ergonómico é um aspeto importante a ter em consideração no processo de *picking*. A Ergonomia procura simultaneamente assegurar a saúde e segurança do trabalhador, mas também a sua produtividade (Maia et al., 2012; Botti et al., 2017). Assim, através do estudo da interação entre o fator humano e os vários elementos do sistema, torna-se possível promover um ambiente de trabalho seguro e saudável para o operador (OIT, 1984), reduzindo o seu absentismo, bem como a probabilidade do aparecimento de lesões (Afonso et al., 2021). Para tal, existem várias ferramentas e metodologias largamente validadas, nomeadamente o *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) (McAtamney & Nigel Corlett, 1993), o *Occupational Repetitive Actions* (OCRA) (Occhipinti, 1998), a Equação de NIOSH (Snook & Ciriello, 1991) ou *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) (Hignett & McAtamney, 2000) que permitem identificar e reduzir os riscos associados às tarefas que são executadas pelos operadores, evitando lesões e otimizando o seu desempenho.

2.3 *Lean Logistics*

Nesta secção, começar-se-á por apresentar uma breve definição do conceito de *Lean Logistics*, passando-se depois para a apresentação de algumas ferramentas relacionadas com esta temática.

2.3.1 Definição

Perante a difusão e reconhecimento dos princípios *Lean Thinking*, os mesmos foram sendo aplicados às mais diversas áreas organizacionais, procurando otimizar as organizações em todas as suas dimensões. Assim, surgiu o conceito *Lean Logistics* que traduz a aplicação dos princípios e valores *Lean Thinking* à logística (Baudin & Bard, 2006).

Esta emergente filosofia ambiciona atender às necessidades dos clientes através da eliminação de desperdícios ao nível do fluxo produtivo (Cil et al., 2019). Para tal, esta procura reconhecer e eliminar as atividades da cadeia de abastecimento que não acrescentam qualquer valor ao produto. Tal possibilita a redução de *lead times*, níveis de stock e tempos de inatividade, por forma a garantir que os produtos são entregues aos clientes no momento e local corretos, bem como com uma qualidade e um custo apropriado (Wronka, 2017).

2.3.2 Ferramentas Lean Logistics

Neste ponto serão então abordados alguns conceitos intimamente ligados ao *Lean Logistics*, nomeadamente o bordo de linha, o supermercado, o *Kanban* ou o *mizusumashi*.

2.3.2.1 Bordo de Linha

O conceito de bordo de linha pode ser traduzido como um ponto de interface entre a logística e os processos produtivos de uma organização (Coimbra, 2009). O mesmo refere-se aos locais onde os materiais devem ser abastecidos por forma a serem utilizados ao nível da produção. Neste contexto é avaliada a localização correta para o abastecimento de cada artigo, as características físicas dos espaços, bem como a dimensão dos contentores de abastecimento (Coimbra, 2009). Tal tem o objetivo de facilitar o acesso aos artigos por parte dos operadores, reduzindo ao máximo as deslocações dos mesmos e garantindo que os materiais corretos se encontram no local certo no momento esperado.

Para Coimbra (2009) deve ainda ser promovido o conceito de *small container*, abastecendo-se à linha produtiva apenas as quantidades necessárias à produção, minimizando-se assim stocks e evitando-se desperdícios. Segundo o autor, esta filosofia gera vantagens a vários níveis, nomeadamente a nível de qualidade, custos, tempos de entrega e motivação dos colaboradores.

2.3.2.2 Supermercado

O conceito de supermercado surgiu e começou a ser desenvolvido como resultado da visita de Taichi Ohno aos Estados Unidos, tendo o mesmo considerado que esta seria uma grande melhoria para o *Gemba* em termos de poupança de tempo (Coimbra, 2009). Um supermercado pode ser definido como um ponto de armazenagem intermédia, localizado no chão de fábrica, perto das secções onde os materiais irão ser consumidos (Press, 1998). Regra geral, estes espaços encontram-se localizados entre o armazém e a linha de produção que abastecem, permitindo reduzir *lead times*, bem como promover o conceito de *small container*, na medida em que possibilitam a transição palete-caixa ou palete-peça única (Sali & Sahin, 2016).

Para Coimbra (2009), o simples e correto funcionamento destes espaços é garantido por um conjunto de regras simples que devem sempre ser respeitadas: garantir o cumprimento do *First-In-First-Out* (FIFO), fácil acesso aos componentes, promoção da gestão visual, existência de localizações fixas e de identificações para todos os materiais.

2.3.2.3 Kanban

A palavra *Kanban* consiste num termo japonês que pode ser traduzido como cartão ou etiqueta. Enquanto conceito, este é um ponto crucial para a gestão e sucesso da produção JIT, bem como para a existência de um fluxo contínuo de materiais (Monden, 1998). O funcionamento deste sistema é bastante simples, sendo a emissão de um cartão *Kanban* por um posto a jusante que indica ao posto a montante qual o artigo a produzir, em que quantidades e quando deve ser iniciada esta produção (Monden, 1998). Neste sentido, é correto afirmar que são os *Kanbans* quem dão ordens para o fabrico dos produtos (Takeda, 2006).

Servindo de suporte ao sistema de produção *Pull*, o sistema *Kanban* gera grandes benefícios ao nível da redução de stocks, da promoção de um fluxo de materiais contínuo, bem como da rastreabilidade dos processos (Turner et al., 2012). Segundo Press (1998) existem três tipologias de *Kanban*:

- *Kanban* de Produção: autoriza o posto a montante a iniciar a produção;
- *Kanban* de Transporte: autoriza o transporte de materiais entre postos;
- *Kanban* de Fornecimento: autoriza o fornecimento externo de materiais.

Adicionalmente, segundo Phumchusri & Panyavai (2015), existe hoje uma quarta tipologia de *Kanban*, denominada *e-kanban*, que procura colmatar algumas das limitações dos seus antecessores. Este consiste numa variante eletrónica do tradicional cartão físico, que procura solucionar limitações

relacionadas com elevadas distâncias entre postos, excesso de documentação, perdas de cartões e dificuldades no controlo dos níveis de stocks.

Relativamente ao conteúdo de cada cartão *Kanban*, este poderá variar de acordo com o contexto de cada organização, contudo, na sua essência, este deverá incluir a referência do componente, a quantidade, bem como os postos origem e destino. Na Figura 11 apresentada de seguida é ilustrado o funcionamento de um sistema *Kanban*, exemplificando-se o fluxo de informação e materiais entre os vários postos.

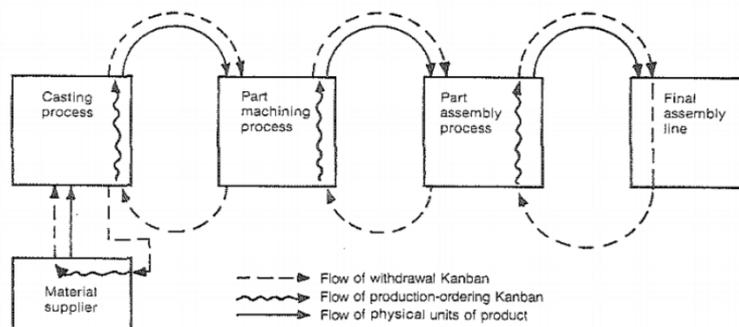


Figura 11 - Sistema *Kanban*
(Monden, 1998)

2.3.2.4 Mizusumashi

O *Mizusumashi*, também chamado de comboio logístico ou *milk-run*, consiste num operador logístico que é responsável por gerar fluxo dentro de uma organização, isto é, por movimentar materiais e informação no interior da mesma (Coimbra, 2009). Este operador, equipado por um veículo locomotor ao qual são anexadas várias carruagens, percorre um caminho padronizado, recolhendo os produtos no seu ponto de origem e entregando-os no local onde irão ser consumidos.

Segundo Press (2002), são várias e impactantes as vantagens geradas pela incorporação deste elemento nas organizações, nomeadamente:

- Operadores não necessitam de deixar o seu local de trabalho para procurarem e recolherem materiais necessários à produção;
- Desperdícios tornam-se visíveis, nomeadamente os tempos de espera;
- Redução dos custos de transporte através quer de uma menor distância percorrida, quer de uma maior quantidade de carga transportada;
- Maior flexibilidade;
- Redução dos riscos de qualidade dos produtos.

2.4 Análise crítica da revisão de literatura

Ao longo da presente secção foram abordados vários conceitos essenciais no âmbito do projeto que se pretende levar a cabo. Esta revisão é crucial no sentido de proporcionar uma revisão de conceitos chave por parte do investigador, bem como de promover a aquisição de novos conhecimentos que se poderão revelar importantes para desenvolver o presente projeto de uma forma bem-sucedida.

No capítulo 2.1 começou-se por descrever a filosofia *Lean*, os seus princípios e a importância de as organizações os seguirem no sentido de sobreviverem a mercados tão competitivos. Uma correta aplicação destes conceitos nas organizações visa promover a maximização do valor acrescentado, resultando em benefícios ao nível financeiro, da qualidade, das pessoas, dos clientes e dos conhecimentos. Procedeu-se ainda à descrição dos principais desperdícios existentes no seio das organizações.

A compreensão e consolidação dos mesmos revela-se crucial para que o investigador seja capaz de os identificar e quantificar no âmbito do seu projeto, possibilitando o desenvolvimento de soluções eficazes e apontadas aos mesmos. Este capítulo termina com a descrição de algumas ferramentas *Lean* que devem ser usadas quer para avaliar a situação da organização, quer para desenvolver as referidas ações de melhoria. Enquanto ferramentas como o VSM possuem uma potente capacidade de análise e diagnóstico, técnicas como os 5S, a Gestão Visual ou o *Standard Work* podem ser usadas numa perspetiva de melhoria dos fluxos produtivos, de padronização dos métodos de trabalho, bem como de otimização dos recursos existentes.

Já no capítulo 2.2 foi realizada uma revisão dos conceitos associados à logística interna de uma organização, nomeadamente as várias tipologias de abastecimento existentes, bem como algumas considerações relativas ao *layout* de espaços de armazenamento. Este estudo permite que o investigador avalie as vantagens e desvantagens de cada metodologia de abastecimento, bem como a sua aplicabilidade e relevância no contexto do projeto em questão. A seleção de políticas adequadas permite a otimização dos fluxos de materiais, pessoas e informação entre os vários processos e secções, maximizando o desempenho da organização.

Por último, no capítulo 2.3 é realizada uma revisão dos conceitos *Lean* associados à logística interna das organizações. Assim, nesta secção destaca-se a importância da identificação e eliminação das atividades da cadeia de abastecimento que não acrescentam qualquer valor ao produto. Para alcançar estes objetivos são descritos um conjunto de ferramentas e conceitos relevantes que possibilitam uma maior flexibilidade, controlo e otimização de toda a cadeia de abastecimento.

automação industrial, de equipamentos para a produção, conversão, transmissão e distribuição de energia, de soluções inteligentes para a construção civil, bem como de tintas e vernizes eletroisolantes. A Figura 13 ilustra todas as áreas de atuação do Grupo WEG.

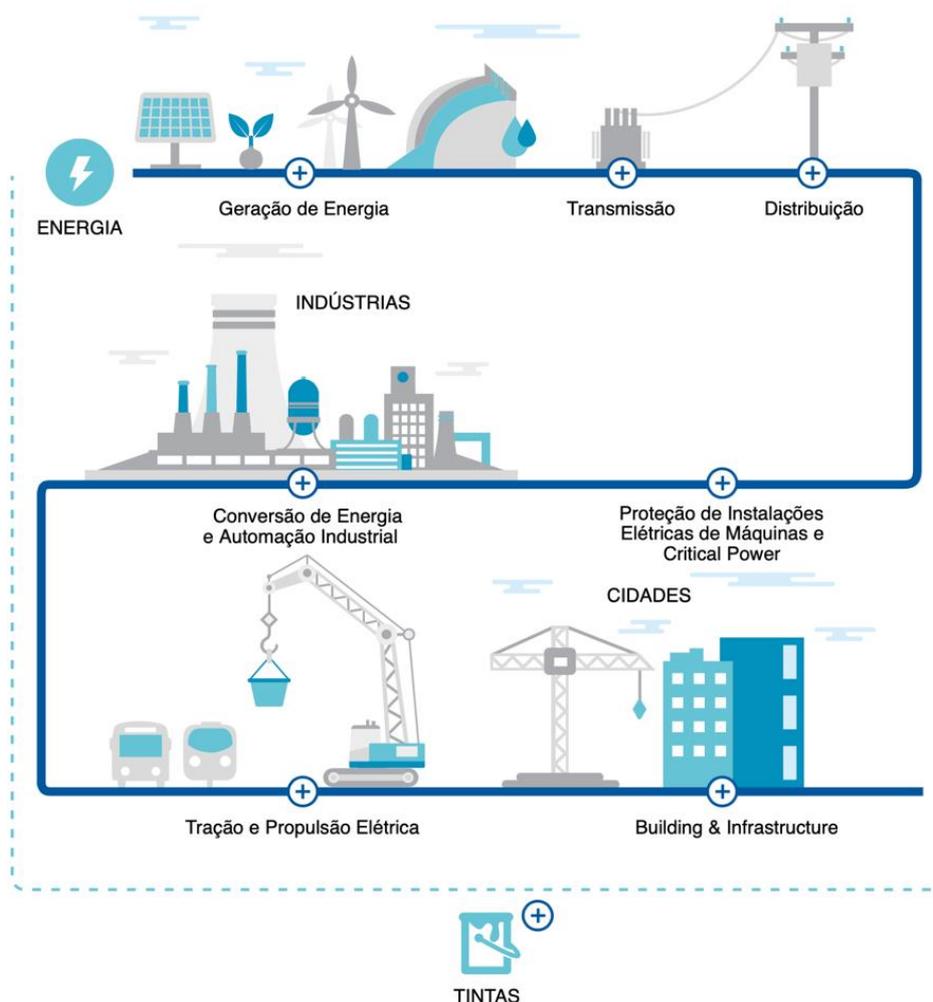


Figura 13 - Produtos comercializados pela WEG

3.2 Missão, visão e valores

A WEG apresenta-se com a missão de garantir um “crescimento contínuo e sustentado, mantendo a simplicidade”. Apesar de ambicionar crescer de uma forma exponencial, a mesma considera igualmente importante assegurar a simplicidade da sua estrutura de negócios. Tal permitirá à organização tornar-se mais flexível, conciliando as suas capacidades de empresa global com uma disponibilidade permanente.

Através de uma simbiose entre eficiência e simplicidade, a WEG traçou como rumo “fazer mais com menos”, procurando construir uma reputação assente não só no fornecimento de soluções eficientes, mas também no relacionamento estreito com os seus clientes. Neste sentido, a WEG definiu um conjunto de valores que considera indispensáveis para que seja capaz de alcançar os seus objetivos, sendo estes:

- Pessoas e meio ambiente – Valorização e respeito quer de todos os colaboradores, promovendo o seu desenvolvimento pessoal e profissional, quer do ambiente, desenvolvendo soluções que reduzam as emissões de poluentes.
- Gestão participativa – Desenvolvimento do trabalho em equipa, promovendo um ambiente aberto de troca de ideias, valorizando as capacidades e conhecimentos de todos.
- Gestão estruturada – Promoção de uma gestão aberta e transparente, na qual a ética e a segurança são pilares centrais.
- Eficiência com simplicidade – Desenvolvimento de uma reputação baseada na eficiência dos produtos WEG, bem como na relação próxima com os clientes.
- Inovação e flexibilidade – Forte investimento em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias inovadoras, que permitam à WEG adaptar-se às mudanças, tornando-se mais flexível.
- Liderança e cultura – Desenvolvimento pessoal dos colaboradores para que estes estejam alinhados com os objetivos e cultura da WEG.

3.3 WEG em Portugal - WEGEuro

Tal como mencionado, em Portugal, a WEG possui duas unidades fabris, uma na Maia e outra em Santo Tirso, que operam de uma forma cooperativa, formando a WEGEuro. Esta cooperação é facilmente constatável quer ao nível dos funcionários, que ocasionalmente necessitam de visitar a unidade irmã no âmbito de diversos projetos, quer ao nível dos materiais que frequentemente são transformados na Maia para serem consumidos em Santo Tirso. A presença em Portugal reflete o crescimento desta organização, bem como da procura pelos seus produtos a nível europeu. Com esta decisão estratégica, a WEG ambiciona estimular este crescimento, bem como estar mais próxima dos seus clientes, fortalecendo as relações com os mesmos e melhorando a qualidade do serviço que lhes presta.

Relativamente às duas unidades fabris localizadas em Portugal, a primeira foi inaugurada em 2002, na Maia, enquanto a segunda, localizada em Santo Tirso, deu início às suas operações em 2017. Em relação à primeira, esta é responsável pela produção de motores elétricos de grandes dimensões, podendo estes ser quer de baixa, média ou alta tensão, mas também de soluções de automação e quadros elétricos. Já no que respeita à unidade fabril de Santo Tirso, local onde foi realizada esta dissertação, produz motores elétricos de baixa tensão com dimensões inferiores, sendo também responsável pela revenda de produtos finais provenientes de outras fábricas do grupo, atuando como ponte para o mercado europeu. As duas unidades mencionadas são ilustradas na Figura 14.



Figura 14 – Unidade da WEG na Maia (à esquerda) e em Santo Tirso (à direita)

No seguimento do crescimento apresentado pela WEG em Portugal e de acordo com os objetivos definidos pela organização para os próximos anos em termos de desenvolvimento, chegou-se à conclusão de que a unidade fabril localizada na Maia já não era capaz de satisfazer as necessidades da organização. Por este motivo, tomou-se a decisão de construir um novo espaço, em Santo Tirso, paralelo ao já existente, que permitirá à WEG prosseguir o seu percurso de crescimento sustentado, aumentando a sua capacidade produtiva e tornando-se capaz de melhor satisfazer as necessidades e exigências dos seus clientes. O protótipo desta nova fábrica é apresentado abaixo na Figura 15.



Figura 15 - Futuras instalações da WEG Portugal

A WEGEuro possui uma estrutura organizacional bem definida em termos de hierarquias e responsabilidades no sentido de garantir uma boa e eficiente gestão de todos os setores da organização. Atualmente, a mesma é composta por 15 departamentos que trabalham de forma cooperativa e integrada por forma a verem alcançados os objetivos definidos pela organização. Cada um destes departamentos possui um gerente que, em conjunto com a sua equipa, é responsável pela gestão de um leque de setores e secções. Na Figura 88 do Anexo I pode ser consultado o organograma que ilustra a estrutura organizacional da WEGEuro.

3.4 Unidade WEG em Santo Tirso

Como referido, o projeto que serviu de base à presente dissertação foi realizado na unidade fabril de Santo Tirso. Assim, ao longo deste ponto são abordados alguns aspetos relativos a este espaço, nomeadamente, os produtos que aí são produzidos, bem como uma breve descrição do seu respetivo processo produtivo.

3.4.1 Produtos comercializados

Tal como mencionado, a unidade fabril de Santo Tirso dedica-se à produção de motores elétricos de baixa tensão com dimensões inferiores àqueles que são produzidos na Maia. Dentro destes motores há ainda que destacar a existência de motores especiais, à prova de explosão, maioritariamente procurados pelas indústrias do petróleo, gás, química e mineral.

Os motores que são produzidos em Santo Tirso assumem uma nomenclatura baseada em três características: gama, altura de eixo e número de polos. Na Tabela 1 são descritas as possíveis combinações destas três características.

Tabela 1 - Produtos comercializados pela WEG Santo Tirso

Gama	Altura de Eixo (mm)	Polaridade
W22	225, 250, 280, 315, 355	2, 4, 6, 8+
W40	280, 315, 355	2, 4, 6, 8+
W50	315, 355	2, 4, 6, 8+
HGF	315, 355	2, 4, 6, 8+
W22X WPT (Explosão)	315, 355	2, 4, 6, 8+
W22X WMO (Explosão)	225, 250, 280, 315, 355	2, 4, 6, 8+

A WEG destaca-se pelo elevado grau de customização que caracteriza o seu produto, tal como é perceptível pela tabela apresentada anteriormente. Além das combinações possíveis descritas, o cliente tem ainda a opção de customizar o seu produto a vários níveis de acordo com as suas preferências e necessidades. Exemplos disto são o tipo de ventilação, a cor do motor, tipo de caixa de ligação ou a possibilidade de incorporar diversas características extra. Isto gera grandes desafios relacionados com a gestão e manipulação de materiais com os quais a WEG necessita de lidar de forma eficiente.

Por forma a melhor perceber o produto comercializado pela WEG, bem como a complexidade que o caracteriza, é apresentada na Figura 16 uma descrição dos principais componentes de um motor. Para esta descrição recorreu-se a um motor da gama W22 por se tratar do motor com mais impacto em termos de vendas.

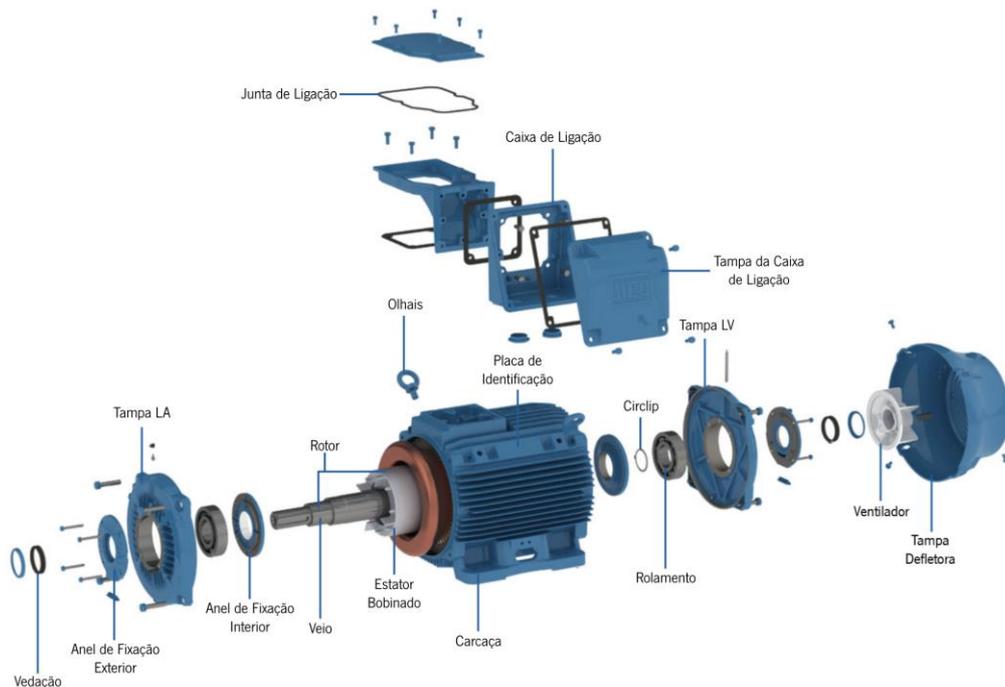


Figura 16 - Constituição geral de um motor

3.4.2 Processo produtivo

O espaço fabril da unidade da WEG Santo Tirso está organizado em quatro setores distintos, sendo eles: armazém, maquinagem, bobinagem e montagem. Os mesmos são compostos por várias secções que se encontram identificadas na Figura 17, onde é apresentado o *layout* da organização.



Figura 17 - *Layout* da WEG Santo Tirso

3.4.2.1 Armazém

O armazém é responsável pela receção e armazenamento de todas as peças, componentes e materiais que servem de matéria-prima ao processo produtivo. É a partir desta secção que são abastecidos os diferentes processos e espaços de armazenamento intermédios de acordo com as suas necessidades e

políticas da organização. Neste espaço são armazenados componentes dos mais diversos tipos, podendo resultar de compras efetuadas a fornecedores, mas também de apropriações efetuadas a outras filiais do grupo, como é o caso da unidade da Maia ou até da unidade mãe no Brasil.

3.4.2.2 Maquinagem

O processo produtivo é iniciado na maquinagem, da qual fazem parte quer a secção dos veios, quer dos rotores. Numa primeira etapa, procede-se à manipulação do aço, matéria-prima do veio, recorrendo-se a um conjunto de técnicas de corte, extrusão e furação que permitem obter um veio com as características sugeridas pelo cliente. Nesta secção são ainda realizadas algumas manipulações de outros tipos de componentes, como tampas, carcaças ou caixas de ligação, sempre que seja necessária alguma alteração das mesmas. Posteriormente, o veio segue para a secção dos rotores, onde se procede à sua introdução numa massa rotórica de alumínio e onde após algumas manipulações e inspeções deste conjunto, se origina um rotor acabado. Estes rotores finalizados são então armazenados no final desta secção, onde existe um espaço dedicado para o efeito.

3.4.2.3 Bobinagem

De forma paralela, na secção da bobinagem, o processo é iniciado pela conformação dos fios de cobre, procedendo-se depois à sua introdução em massas estatóricas. Este produto intermédio, após uma série de manipulações e inspeções minuciosas, sofre uma última operação de impregnação com resina que visa assegurar a conformidade do produto até ao final do processo produtivo.

3.4.2.4 Montagem

Por último, o setor da montagem é aquele que se revela mais extenso, podendo ser dividido em cinco secções. Primeiramente, possuindo-se o estator bobinado finalizado, procede-se à montagem da estrutura do motor, introduzindo-se o mesmo no interior de uma carcaça abastecida pelo armazém. Esta operação é executada com recurso a uma prensagem vertical, dando origem à estrutura exterior do motor. De seguida, na generalidade dos casos, este conjunto segue para o torno WEG, local onde se procede à maquinagem dos frisos, e onde se armazenam depois as estruturas acabadas.

A segunda secção que compõe o setor da montagem é a da Preparação de Material. Com recurso a um supermercado de peças abastecido pelo armazém geral, os operadores separam os diversos materiais que compõem o motor, tais como tampas, caixas, ventiladores, parafusos ou arruelas, que necessitam de ser abastecidos às secções de montagem. Relativamente a estas últimas, fala-se da Montagem Linha e Montagem Especiais, onde é executada a montagem e inspeção dos diversos componentes produzidos pelas secções anteriores, dando origem a um motor semiacabado. Por fim, a última secção deste setor

diz respeito aos Acabamentos e Expedição, onde se começa por levar a cabo a pintura do motor, passando-se depois à embalagem do mesmo para que possa finalmente ser expedido para o cliente de acordo com as suas exigências.

Através do fluxograma apresentado abaixo na Figura 18, torna-se possível compreender de uma forma mais visual o fluxo produtivo descrito.

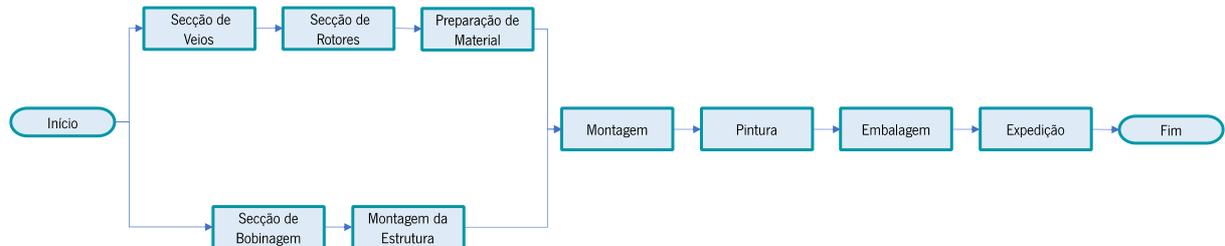


Figura 18 - Fluxograma do processo produtivo da WEG Santo Tirso

Para uma análise mais detalhada, sugere-se a consulta da Figura 76 do Apêndice I, onde é apresentado um esquema do processo produtivo, sendo possível perceber o fluxo anteriormente descrito, bem como compreender de uma forma mais pormenorizada e visual todas as atividades que são necessárias para proceder à produção de um motor.

3.4.3 Sistema de controlo da produção

Por forma a assegurar um controlo eficaz de toda a produção, a WEG possui um sistema de gestão e controlo da produção, denominado SGPROD, interligado com o sistema integrado da produção SAP, que serve de ponte entre aquilo que é a produção no chão de fábrica e a gestão da mesma. Este *software* está presente em todos os centros de trabalho e procura assegurar um fluxo de informação constante e de qualidade entre os operadores e os responsáveis pelo controlo e gestão da organização.

Assim, quando um operador inicia a produção de uma atividade, o mesmo deverá dar início à mesma no *software*, reportando e justificando quaisquer problemas ou interrupções que surjam durante a execução da mesma. Quando terminada a atividade, o trabalhador deverá, de forma idêntica, proceder à conclusão no *software*. Com recurso a este sistema, mesmo à distância, torna-se possível realizar um acompanhamento constante da produção, recolher dados e informações produtivas, bem como calcular indicadores de desempenho, quer dos centros de trabalho, quer dos operadores.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE CRÍTICA DO ESTADO ATUAL

Ao longo deste capítulo é levada a cabo uma descrição do estado atual das secções onde foi realizado o presente estudo, seguindo-se uma análise crítica do mesmo. Desta forma, tornou-se então possível a identificação de um conjunto de problemas que são também descritos ao longo desta secção.

4.1 Secções de montagem

Como referido anteriormente, existiam duas secções distintas destinadas à montagem dos motores, denominadas por Montagem Linha e Montagem Especiais. Estas secções eram abastecidas com todos os componentes necessários à montagem dos produtos, por forma a assegurar o bom funcionamento das mesmas e a evitar a sua paragem. De um modo geral, estas secções eram compostas por duas tipologias de postos. Na primeira eram montados todos os componentes mecânicos do motor, como tampas, enquanto na segunda eram instalados todos os componentes elétricos, sendo denominadas de Montagem e Ligação, respetivamente.

4.1.1 Montagem Linha

A secção Montagem Linha consistia numa linha de produção, composta por seis postos de trabalho e que era responsável pela montagem dos motores mais *standard* que eram comercializados pela organização, correspondentes a aproximadamente de 69% da procura existente. Esta linha operava num único turno de oito horas e possuía um *Takt Time* estimado em 11,21 minutos. De referir que das oito horas que compunham cada um dos turnos, apenas se consideraram como produtivas 7,2h.

No início desta linha, os motores eram colocados sobre um tapete rolante que conduzia o produto através dos diversos postos de trabalho. Em cada um destes postos, denominados por Início de Linha, Ligação 1, Montagem 1, Montagem 2, Ligação 2 e Cabine de Ensaio, existia um operador que era responsável pela execução de um conjunto de tarefas pré-determinadas. Relativamente ao *bottleneck* da linha, através de dados fornecidos pela organização, percebeu-se que o mesmo é dado pelo posto Ligação 2, independentemente do motor em produção. Na Figura 19 é apresentado um esquema da secção de montagem em questão.

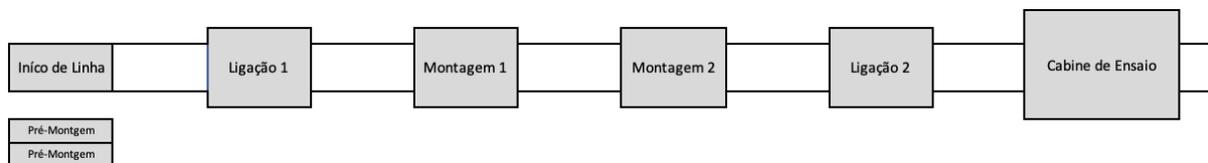


Figura 19 – Secção Linha de Montagem

De destacar ainda a existência de um posto de pré-montagem, que não afetava o funcionamento da linha de montagem, e que era ativado em determinadas situações, como consequência de características especiais de alguns motores. Assim, enquanto um determinado motor era manipulado neste posto, outros eram produzidos na linha de montagem. Posteriormente, também este motor seguiria para a linha, completando a sua produção. Através dos dados recolhidos percebeu-se que apenas 15% dos motores afetos à Montagem Linha implicavam a ativação deste posto.

4.1.2 Montagem Especiais

A secção Montagem Especiais representava uma outra zona dedicada à montagem de motores. Contudo, à mesma eram alocados motores especiais cuja complexidade era muito superior àqueles que eram produzidos na Montagem Linha. Neste sentido, a secção de Montagem Especiais era responsável pela produção de todos os motores cujo tempo de ciclo excedia o *Takt Time* da linha de montagem ou cujo peso excedia a capacidade máxima da mesma.

Este espaço estava organizado em duas zonas distintas e sequenciais, denominadas por Montagem C's e Ligação C's, nas quais se procedia à montagem dos motores em bancadas. Após efetuada a montagem propriamente dita, os motores eram transferidos para o segmento final da linha de montagem por forma a serem inspecionados na cabine de ensaio.

Dada a complexidade da tipologia de motores, esta secção operava em dois turnos e apresentava uma organização bastante distinta relativamente à anterior. No que respeita à subsecção Montagem C's, existiam dois operadores no primeiro turno e apenas um no segundo que, dependendo da complexidade do motor, quer operavam paralelamente em produtos distintos, quer em simultâneo num mesmo motor. Já em relação à Ligação C's, verificou-se igualmente a existência de dois operadores no primeiro turno e de um no segundo, trabalhando estes de forma paralela. Este último consistia no posto de trabalho que representava o *bottleneck* desta secção. Desta forma, considerando-se quer as políticas adotadas, quer a procura existente, o *Takt Time* considerado para esta secção era de 49,48 minutos. À semelhança da secção anterior, apresenta-se abaixo, na Figura 20, um esquema que traduz a organização da secção Montagem Especiais.

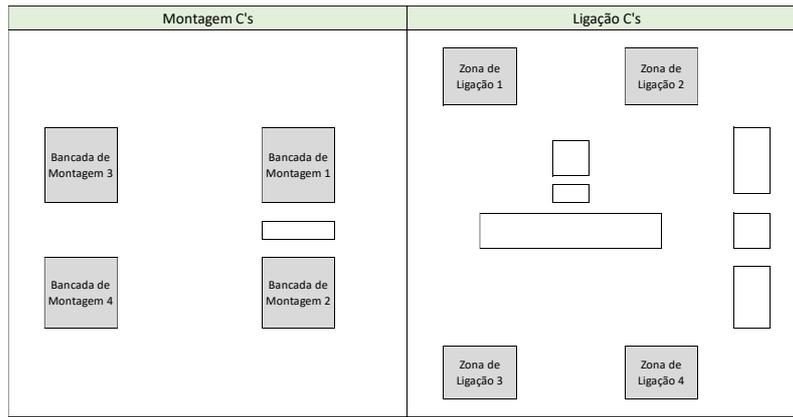


Figura 20 - Seção Montagem Especiais

4.2 Sistema de abastecimento atual às secções de montagem

A complexidade natural do produto comercializado pela WEG, bem como o elevado grau de customização do mesmo levantavam grandes desafios à organização no que respeitava à gestão de materiais. Isto tornava-se ainda mais evidente quando se considerava o abastecimento dos vários materiais necessários às secções de montagem. Neste sentido, para tornar o seu processo de abastecimento mais flexível, a organização sentiu a necessidade de construir um supermercado de peças junto às áreas de montagem, abastecido pelo armazém geral, a partir do qual eram fornecidos a grande maioria dos componentes segundo uma política de *Kitting*. O supermercado de peças da WEG, cujo *layout* é apresentado na Figura 21, e o processo de abastecimento a partir do mesmo às secções de montagem foram as áreas de estudo principais deste projeto.

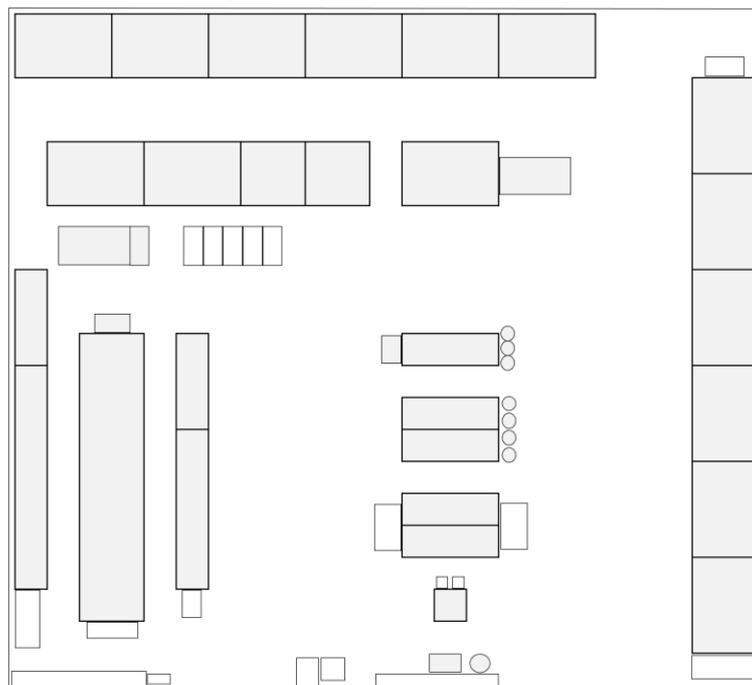


Figura 21 - *Layout* supermercado de peças

4.2.1 Funcionamento e organização do supermercado de peças

Este supermercado operava em dois turnos distintos, de oito horas cada, durante os quais se procedia à preparação e separação de material. No primeiro, existiam cinco operadores com funções distintas, que eram responsáveis pelo bom funcionamento deste espaço. Já no segundo turno, destacava-se a existência de dois operadores.

De um modo geral, os materiais existentes no supermercado eram armazenados em prateleiras, estantes e armários verticais, podendo ser agrupados em duas categorias tendo em conta o modo como eram abastecidos às secções de montagem: kit e *kanban*. Os primeiros caracterizavam-se por serem abastecidos à montagem segundo uma política de *kitting*, recorrendo-se a carrinhos onde eram transportados os vários componentes depois de separados, tal como demonstrado pela Figura 22.



Figura 22 - Carrinho de kits

Para proceder a este abastecimento, o operador, após recolher um carrinho, transportava-o pelo supermercado, separando os vários componentes, cujo código de material (1) e nome (2) eram indicados na lista de *picking*, entregando-os depois na secção de montagem. Para que os operadores identificassem facilmente o material pretendido, este encontrava-se também devidamente identificado com uma etiqueta que apresentava estes dois parâmetros, idêntica àquela que é apresentada na Figura 23.



Figura 23 - Exemplo de etiqueta de identificação de componentes

Relativamente aos materiais *kanban*, estes caracterizavam-se por consistirem em componentes de pequenas dimensões, como parafusos e arruelas, que possuíam elevadas taxas de consumo, sendo abastecidos diretamente aos postos das secções de montagem, onde eram geridos segundo um sistema de dupla caixa. Na Figura 24 é apresentado um exemplo de uma destas caixas, devidamente identificada com o posto a que se destina (1), código (2), nome de material (3) e quantidade por caixa (4). Em cada um dos postos existia uma estante *kanban*, que assumia a denominação do mesmo e onde eram armazenados estes materiais. Ainda na Figura 24 é apresentado um exemplo desta temática, podendo-se visualizar as estantes *kanban* do posto Ligação 1 da Montagem Linha.

Esta política pretendia facilitar o processo de *supplying* com recurso à ocupação de um espaço reduzido em bordo de linha, reduzindo o número de abastecimentos destes materiais que possuem elevadas taxas de consumo.

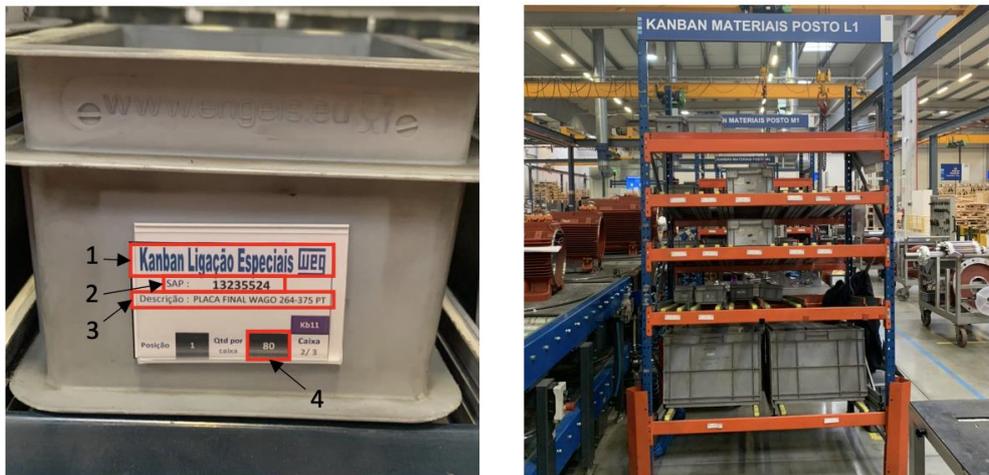


Figura 24 – Caixa de material Kanban (à esquerda) e estante de materiais Kanban L1 (à direita)

Por outro lado, os materiais presentes no supermercado podiam também ser categorizados segundo a função que desempenhavam no motor que iriam constituir. Assim, podiam ser identificados componentes mecânicos, como tampas, elétricos, como caixas de ligação e de embalagem, tais como manuais de instrução para o cliente.

No que respeitava à organização dos componentes no supermercado, existiam estantes dedicadas ao armazenamento de cada tipologia de material. No sentido de obter uma visão pormenorizada deste espaço e da sua organização, foi realizado um mapeamento do mesmo, tal como pode ser verificado pela Figura 25.

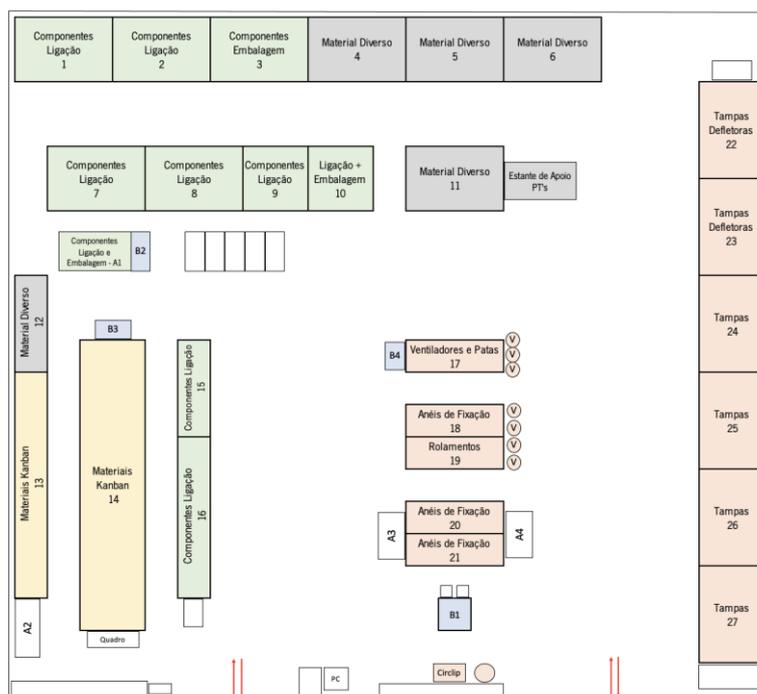


Figura 25 - Organização do supermercado de peças

Como resultado desta análise, tendo em conta as diferentes tipologias de materiais, bem como o modo de armazenamento dos mesmos, foram identificadas 1670 localizações de dimensões distintas.

4.2.2 Processo e política de picking

Para descrever o processo de *picking* foi usado como referência o primeiro turno, já que era durante o mesmo que eram executadas a grande maioria das separações de material. Assim, como mencionado, durante o primeiro turno, existiam cinco operadores responsáveis pelo correto funcionamento do supermercado. Na Tabela 2 são descritas as tarefas afetas a cada um dos operadores alocados ao supermercado.

Tabela 2 - Operadores do supermercado e respetivas funções

Operador	Funções
Operador Mecânico Linha	Operador responsável pela separação e preparação de todos os componentes mecânicos dos motores da linha. Este operador é também responsável pela preparação do rotor.
Operador Mecânico Especiais	Operador responsável pela separação e preparação de todos os componentes mecânicos dos motores especiais. Este operador é também responsável pela preparação do rotor.
Operador de Ligação e Embalagem	Operador responsável pela separação e preparação de todos os componentes de ligação e embalagem, quer dos motores da linha, quer dos especiais.
Operador <i>Kanban</i>	Operador responsável separação de todos os materiais <i>kanban</i> . Este operador é também responsável pelo reabastecimento ao supermercado dos componentes de menores dimensões.
Operador de Reabastecimento	Operador responsável pelo reabastecimento de todos os materiais não <i>kanban</i> ao supermercado.

A organização possuía como política a existência de, pelo menos, um dia de quebra entre a atividade de separação de material e a montagem do motor. Isto é, procurava-se permanentemente assegurar que todos os motores a serem montados num determinado dia possuíssem todo o material separado nos respetivos carrinhos, no mínimo, no dia anterior. Geralmente, este período de intervalo entre a separação e a montagem dos componentes de um determinado motor variava entre um e dois dias.

O processo de separação de material era iniciado com a consulta da ordem de *picking*, emitida pelo Planeamento e Controlo da Produção, por parte do operador mecânico e do trabalhador de ligação/embalagem. Este documento possuía as informações necessárias para realizar a separação de materiais, como, o número de motores, principais características, data de vencimento e componentes a separar. Desta forma, os mesmos procederiam à realização do *picking*, operando de forma paralela.

Por um lado, o operador responsável pelos componentes mecânicos começava por recolher um carrinho no final da secção de montagem, deslocando-se depois à zona de armazenamento de rotores para, com a ajuda de uma ponte, recolher o rotor indicado na lista de *picking*. De seguida, após regressar ao supermercado, este iniciava a separação dos componentes mecânicos e procedia à sua colocação no carrinho. Adicionalmente, este levava a cabo a preparação do rotor, através da instalação dos anéis de fixação interiores, bem como dos rolamentos e da sua proteção.

Paralelamente, o operador de ligação/embalagem procedia à separação e preparação dos componentes de ligação e embalagem. Caso se tratasse de um motor da Montagem Linha, este operador colocava todos os componentes da ligação recolhidos numa estante para que, no final, estes fossem recolhidos pelo operador mecânico da linha e colocados no respetivo carrinho, transportando este o carro completo para a secção de montagem. Já no caso de se tratar de um motor especial, o operador de ligação/embalagem, este colocava todos os componentes num carrinho próprio, distinto daquele que se encontrava a ser montado pelo operador mecânico, e transportava-o ele mesmo para a secção de montagem. Em ambos os casos, todo o material da embalagem era armazenado separadamente numa estante para que fosse depois enviado em conjunto, no final do dia, para a embalagem.

O diagrama de processo apresentado na Figura 26 esquematiza de uma forma simplificada o procedimento de *picking*. Para uma análise detalhada das várias tarefas realizadas por cada um dos operadores de *picking*, bem como as relações entre os mesmos, sugere-se a consulta da Figura 77 do Apêndice II, onde é apresentado um *Deployment Diagram* relativo ao procedimento de separação de material.

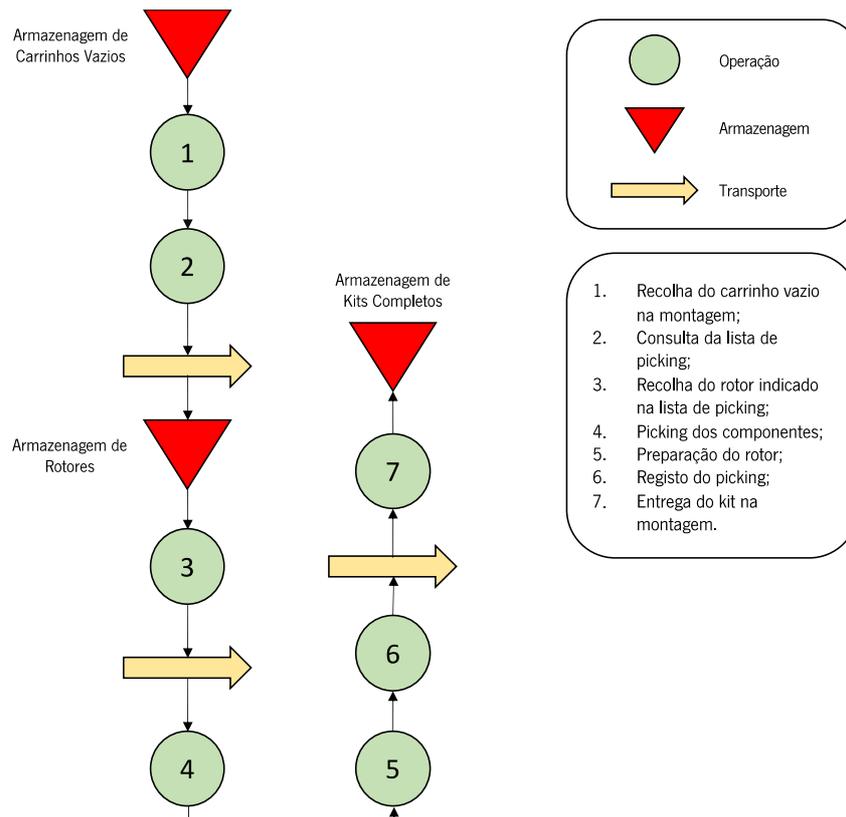


Figura 26 - Diagrama de processo simplificado do sistema de *picking*

No caso do segundo turno do supermercado, verificava-se a existência de dois operadores, estando um afeto à separação dos componentes de ligação de ambas as secções e o outro dos componentes mecânicos. Relativamente aos componentes *kanban*, como mencionado, o abastecimento dos mesmos era gerido segundo um sistema de dupla caixa. Desta forma, duas vezes por dia, com recurso a um carrinho, o operador *kanban* era responsável por identificar os componentes a serem reabastecidos nos diversos postos da montagem, recolhendo as caixas vazias e reabastecendo-as no supermercado para que fossem depois novamente abastecidas à respetiva estante *kanban*.

4.2.3 Processo de reabastecimento do supermercado

No que respeitava ao reabastecimento do supermercado, este processo era levado a cabo por dois operadores. Após a entrega dos materiais por parte do armazém num depósito definido, estes operadores procediam à sua recolha e reabastecimento nas estantes que compõem o supermercado. Em média, o abastecimento destes componentes por parte do armazém era realizado com dois dias de antecedência em relação à montagem dos mesmos, por forma a permitir a existência dos um a dois dias de quebra já mencionados entre a separação de material e a montagem. Relativamente aos dois operadores que executavam este reabastecimento, o primeiro estava unicamente dedicado a esta atividade, repondo a generalidade dos componentes, tais como tampas, caixas de ligação, rolamentos, anéis, ventiladores,

entre outros. O segundo trabalhador afeto ao reabastecimento do supermercado era o operador *kanban*, o qual era responsável por repor todos os componentes de menor dimensão, como parafusos e arruelas. Exceção apenas para os materiais localizados na estante 13 identificada na Figura 25 da secção 4.2.1, que eram geridos de forma autónoma por um fornecedor externo. Aqui, existiam localizações pré-determinadas e fixas para cada um dos materiais, permitindo que o fornecedor, através de sensores localizados nos vários níveis das estantes, identificasse quais os materiais a serem repostos semanalmente. Todos os outros componentes não possuíam qualquer posição definida, sendo repostos pelo armazém de acordo com as necessidades produtivas existentes e com políticas internas variáveis de *stock* de segurança.

4.2.4 Preparação de materiais

Após o abastecimento dos componentes ao supermercado, existiam um conjunto de atividades de preparação de materiais que necessitavam de ser levadas a cabo antes de os mesmos poderem ser abastecidos às secções de montagem.

4.2.4.1 Preparação do rotor

Por um lado, como mencionado, depois de proceder à recolha do rotor na zona de armazenamento dos mesmos, o operador mecânico procedia à preparação deste. Para tal, começava por montar os anéis de fixação internos, passando depois para a montagem dos rolamentos, iniciada pela colocação de massa no interior dos mesmos. De seguida, o operador colocava estes rolamentos num equipamento de aquecimento por indução, tendo por objetivo dilatar os mesmos, permitindo a sua montagem no veio do rotor. Por fim, procedia-se à colocação do circlip, cobrindo-se depois todo este conjunto com papel de alumínio, evitando-se a entrada de sujidade nos rolamentos, bem como a oxidação dos mesmos. Na Figura 27 é ilustrada a atividade em questão.

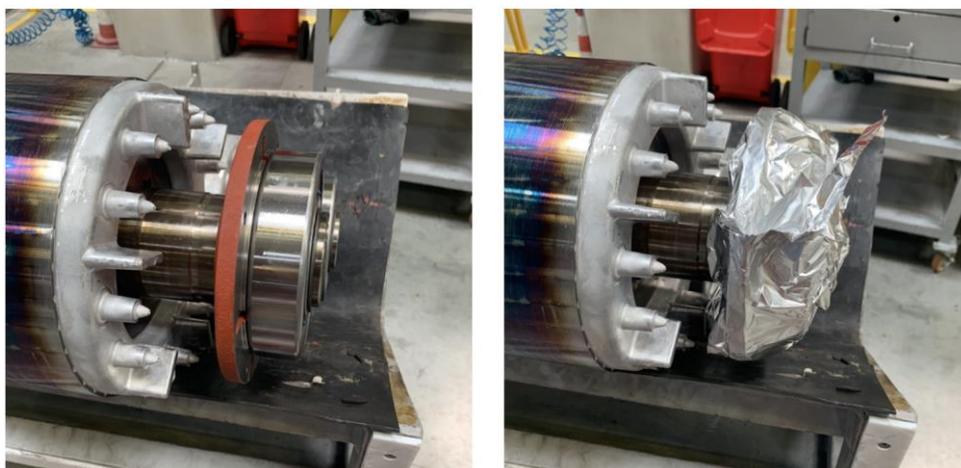


Figura 27 - Montagem de rolamentos

4.2.4.2 Maquinagem de componentes

A maquinagem de componentes consistia em atividades de preparação de material que deviam também ser consideradas pelo facto de afetarem diretamente o processo de *picking*. Alguns dos motores, de acordo com as exigências do cliente, possuíam características específicas que implicavam a manipulação extra de alguns dos componentes. Um destes casos era a incorporação de dispositivos internos de controlo da temperatura do motor, denominados por PT's, os quais exigiam a realização de uma furação extra em cada uma das tampas que compunham o motor. Outro exemplo desta temática eram os motores que possuíam cordoalha ao nível da caixa de ligação. Nesta situação, este último componente necessitava de sofrer uma furação por forma a incorporar este elemento que procurava garantir o aterramento elétrico.

Nestes casos, após abastecidos pelo armazém ao supermercado, estes componentes eram separados pelos operadores e enviados para centros de maquinagem específicos por forma a serem manipulados. Posteriormente, os mesmos regressavam ao supermercado e eram montados em carrinhos, seguindo o processo de *picking* natural.

4.2.4.3 Preparação e instalação de PT's

Na sequência do que foi referido, após a furação das tampas, o operador do supermercado procedia à preparação da PT propriamente dita que, dependendo do seu tamanho e tipologia, poderia exigir a incorporação de cabos extra ou proteções térmicas, tal como é demonstrado na Figura 28. Esta era uma operação que exigia a soldagem e isolamento de componentes, bem como a verificação da qualidade da PT propriamente dita em termos de resistência elétrica. Finalmente, após completa, o operador poderia proceder à introdução, fixação e colagem deste dispositivo no interior das tampas.



Figura 28 - Instalação de PT's

4.2.4.4 Pintura de componentes

De forma semelhante ao que foi descrito no primeiro caso, também a pintura de componentes afetava diretamente o processo de *picking*. Estas consistiam na pintura da parte interior do material e exigiam-se em duas situações distintas: sempre que os componentes, na sua forma natural, apresentavam cores distintas ou na sequência de características especiais exigidas pelo cliente. Na Tabela 3 são descritos os diferentes tipos de pinturas de componentes existentes, a sua respetiva função, bem como os materiais sujeitos às mesmas.

Tabela 3 - Tipos de pinturas

Tipo de Pintura	Função	Materiais Sujeitos
Primário Brasil	Garantir que os diferentes componentes apresentam a mesma cor.	Qualquer material que apresente cor distinta.
Tropicalização	Proteção extra conferida aos componentes.	Componentes mecânicos e de ligação.
Munsell	Sinalização de perigo para o utilizador.	Material de ligação.
Aqua System	Impedir a oxidação dos componentes em ambientes com muita humidade.	Material mecânico.

À semelhança do caso anterior, após os materiais serem arrumados no supermercado, e depois de consultarem a ordem de *picking*, os operadores deste espaço procediam à separação dos componentes a serem pintados. No caso das tropicalizações, à exceção dos rotores, estas eram realizadas pelos próprios operadores do supermercado neste mesmo espaço. Em todas as restantes situações, os componentes eram enviados para a pintura, regressando depois para serem colocados nos respetivos carrinhos e enviados para a montagem.

4.2.4.5 Outras atividades de preparação de material

Para além das atividades descritas anteriormente, existiam ainda outras tarefas de preparação de material que eram levadas a cabo pelos operadores do supermercado. As mesmas eram dos mais variados tipos, apresentando diferentes graus de complexidade e envolvendo a montagem de componentes ou o corte de materiais. Abaixo são listadas as diferentes tarefas mencionadas:

- Preparação de cabo de terra;
- Preparação de conduíte;
- Montagem da junta no dispositivo de travamento;
- Montagem de caixas de ligação acessórias;
- Lavagem de rolamentos.

4.2.5 Fluxo de abastecimento e lead time do processo de abastecimento

No seguimento daquilo que foi descrito, existiam um conjunto variado de atividades que antecediam e faziam parte do processo de abastecimento às secções de montagem. Desta forma, para além do processo do *picking* propriamente dito, devia ser dada uma especial atenção às restantes atividades mencionadas pelo facto de condicionarem o abastecimento de materiais e, conseqüentemente, o *lead time* do processo de abastecimento.

Neste sentido, podiam-se definir duas famílias de motores distintas. Por um lado, aquelas que não possuíam qualquer característica especial e que, portanto, não necessitavam de qualquer manipulação intermédia entre a sua separação e o seu transporte para a montagem. Por outro lado, a segunda família de produtos incorporava os motores com características especiais e que exigiam a realização de atividades intermédias antes do seu abastecimento à montagem.

Neste sentido, e considerando também a política do dia de quebra adotada pela organização, o *lead time* do processo de abastecimento, definido pelo intervalo de tempo entre o momento em que os materiais são abastecidos no supermercado e o momento em que são efetivamente montados, para ambas as famílias era estimado pela WEG em três dias, seguindo a organização e fluxo descrito pelo gráfico da Figura 29. Através desta mesma figura torna-se ainda possível perceber que um material se encontra, em média, armazenado no supermercado durante 2 dias, ao qual se acresce um outro dia em chão de fábrica.

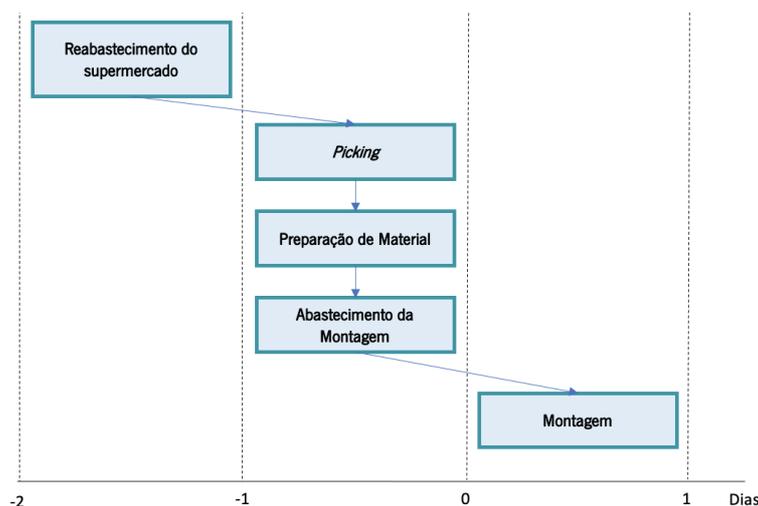


Figura 29 - *Lead time* teórico do processo de abastecimento

4.3 Análise crítica e identificação de problemas

Completa a descrição do processo de abastecimento às secções de montagem, tornou-se então possível realizar um diagnóstico e uma análise crítica do mesmo. Esta análise permitiu identificar um conjunto

de falhas ao nível do funcionamento do supermercado, mas também relacionado com o fluxo de materiais e organização dos processos. Para executar este diagnóstico, recorreu-se um conjunto variado de análises e ferramentas, como a análise ABC, análise Multimomento ou diagramas de *Spaghetti* e *Ishikawa*.

4.3.1 Tempo de ciclo das secções de montagem

Tal como descrito, a política de abastecimento adotada pela organização desconsiderava as reais necessidades das secções de montagem ao longo de um dia, impondo que todos os kits estivessem prontos no início do mesmo. Neste sentido, tornava-se relevante determinar o tempo de ciclo de cada uma destas secções, por forma a compreender de quanto em quanto é que as mesmas consumiam efetivamente um carrinho kit. Este valor iria traduzir o ritmo que o supermercado de peças necessitava de cumprir para que fosse capaz de satisfazer as necessidades das secções de montagem.

Contudo, o elevado grau de customização do produto da WEG levantava grandes dificuldades no que respeitava à análise do processo de montagem e abastecimento, pelo facto de existirem milhares de combinações de motores com características distintas. Com o objetivo de atenuar este problema, para cada uma das secções de montagem, considerou-se pertinente a criação de famílias de produtos, tendo em conta as características dos mesmos que afetavam o tempo de ciclo. Através desta abordagem tornar-se ia possível a atribuição de um tempo de ciclo global a cada uma das famílias.

Desta forma, começou-se por recolher os dados produtivos relativos ao ano de 2021 para cada uma das secções de montagem, bem como os respetivos tempos de ciclo no posto gargalo de cada um dos motores. Estes valores foram fornecidos pela equipa de Tempos e Métodos do departamento de Engenharia Industrial da organização, tendo sido depois validados. Através desta abordagem foram criadas 19 famílias de motores para a Montagem Linha e 62 na Montagem Especiais, tendo sido possível atribuir um tempo de ciclo global a cada uma. Dada a singularidade e complexidade dos motores afetos à Montagem Especiais, o número de características aqui consideradas foi substancialmente superior quando comparadas com a Montagem Linha.

Tendo em conta o número ainda considerável de famílias criadas, bem como a elevada variabilidade dos tempos de ciclo de montagem entre as mesmas, considerou-se relevante a realização de uma análise ABC, por forma a determinar e trabalhar as famílias de maior representatividade e que, portanto, apresentassem um maior impacto na organização. Seguindo esta abordagem, no caso da Montagem Linha identificaram-se quatro famílias de Classe A, enquanto na Montagem Especiais foram selecionadas

13 famílias. Os resultados obtidos para cada uma das secções de montagem podem ser consultados, respetivamente, na Tabela 28 do Apêndice III e Tabela 30 do Apêndice IV.

A partir deste momento, considerando-se a quantidade produzida de cada uma das famílias e o respetivo tempo de ciclo no posto gargalo, tornou-se possível a determinação de um tempo de ciclo médio ponderado para cada uma das secções de montagem. No caso da Montagem Linha este valor foi estimado em 9,2 min. Relativamente ao posto de pré-montagem que, como mencionado, opera de uma forma independente em relação à linha, este possuía um tempo de ciclo médio ponderado de 17,44 min.

Já no caso da secção Montagem Especiais, apesar de o tempo de ciclo médio ponderado dos diferentes motores considerados ter sido estimado em 59,13 min, há que realçar a existência de dois operadores no posto gargalo durante o primeiro turno, gerando um tempo de ciclo médio ponderado da secção de 29,57 min. Já no segundo turno, considerando-se a existência de apenas um operador neste posto, verificava-se um tempo de ciclo de 59,13 min. Desta forma, considerando-se ambos os turnos, tornou-se possível estimar um tempo de ciclo médio ponderado de 44,35 min para esta secção.

4.3.2 Excesso de stock de kits completos

O número excessivo de carrinhos armazenados em chão de fábrica prontos a serem abastecidos à montagem era, sem dúvida, um dos problemas visualmente mais notórios e impactantes, tal como ilustrado pela Figura 30.



Figura 30 - Armazenamento de kits completos

Este resultava da política do dia de quebra adotada pela organização, a qual procurava assegurar um a dois dias de avanço da separação de material em relação à montagem. Neste sentido, verificava-se a existência de uma produção empurrada, traduzida por um supermercado que, diariamente, preparava a totalidade dos carrinhos a serem montados no dia seguinte. Sempre que num determinado dia os

operadores de separação fossem capazes de terminar todas as ordens programadas para aquele dia, estes iniciavam as do dia seguinte, passando a possuir dois dias de avanço relativamente à montagem.

Para quantificar este problema, considerou-se relevante perceber o número médio de kits em chão de fábrica. Para tal, diariamente, recolheram-se três amostras do número de carrinhos em períodos distintos e constantes do dia (manhã, meio do dia e tarde), resultando no gráfico apresentado na Figura 31.

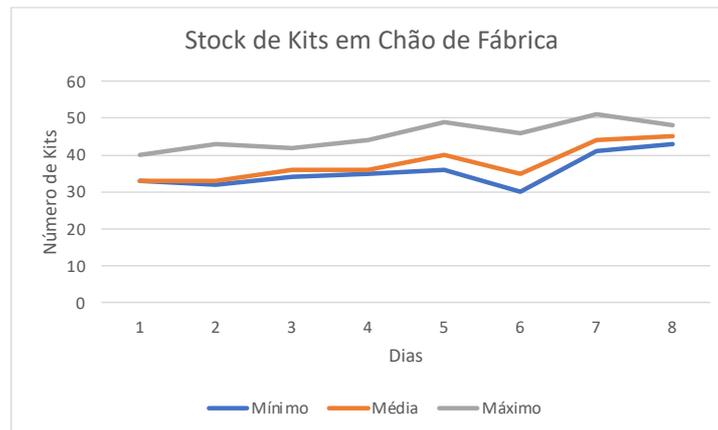


Figura 31 - Número de kits diários em *stock*

Através dos dados recolhidos, tornou-se então possível identificar que, permanentemente, existiam em média cerca de 40 kits completos em chão de fábrica, que aguardavam a sua entrada nas secções de montagem. O armazenamento destes kits era feito em duas zonas distintas, uma para kits destinados à Montagem Linha (1) e outra para aqueles que se destinavam à Montagem Especiais (2). Estas zonas podem ser identificadas no *layout* da Figura 32.

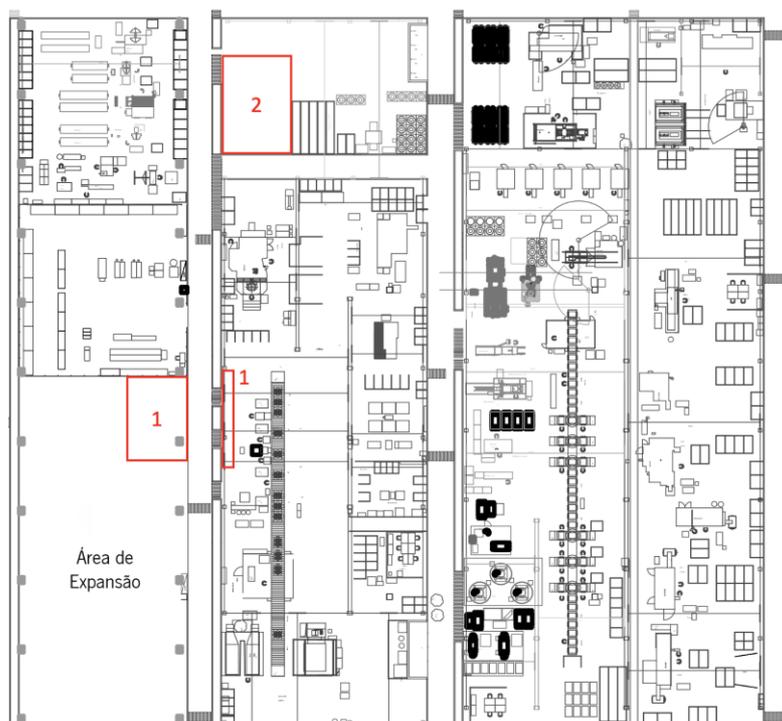


Figura 32 - Zonas de armazenamento de kits completos

Com uma dimensão conjunta aproximada de 133 m^2 estas zonas estavam permanentemente ocupadas por kits completos. Segundo dados internos, a construção de uma fábrica da tipologia da WEG, totalmente equipada e operacional, apresentava um custo de $800\text{€}/\text{m}^2$. Desta forma, perante a política atual da organização, a mesma possuía, permanentemente e em média, 106400€ do seu espaço ocupado por kits completos.

4.3.3 Falta de carrinhos de kits

Para além do excessivo *stock* de *kits* gerado por esta política de produção empurrada, como era natural, verificava-se também uma falta de carrinhos de *kits* disponíveis no supermercado devido ao grande número dos mesmos que se encontravam ocupados à espera de entrar nas secções de montagem. Assim, quando os operadores do supermercado se deslocavam ao final das secções de montagem para recolher um carrinho, tornava-se bastante frequente encontrar os mesmos parados à espera de que estes equipamentos ficassem disponíveis. Para evitar estas esperas, os operadores chegavam inclusive a retirar os componentes dos carrinhos e a deixá-los no chão, por forma a poderem prosseguir com o processo de *picking*. Adicionalmente, para colmatar este problema, os operadores procediam frequentemente à montagem de *kits* em paletes, tal como demonstrado na Figura 33.



Figura 33 - *Kits* em paletes

Estas paletes com todos os materiais separados eram então armazenadas no chão do supermercado até que algum carrinho ficasse disponível. Assim que isto se verificasse, o operador procedia à passagem dos componentes para o carrinho, transportando-o depois para a montagem. Isto demonstrava um claro retrabalho gerado pela dupla manipulação de componentes. O armazenamento destas paletes no chão do supermercado gerava também grandes limitações de espaço, dificultando as movimentações e acesso dos operadores às estantes de materiais.

Além disso, sempre que uma ordem de produção (OP) exigia a separação de mais do que um motor e a sua dimensão o permitia, os operadores do supermercado abasteciam dois motores num só carrinho. Esta era outra prática adotada pelos operadores do supermercado para colmatarem a falta de carrinhos verificada. Contudo, isto gerava dificuldades ao nível das zonas de montagem, principalmente na linha. Por um lado, caso os motores fossem montados sequencialmente, isto obrigava a que, pelo menos, um dos operadores de postos sequenciais efetuasse deslocações extra ao nível do bordo de linha para recolher os componentes a montar. Por outro lado, caso os motores abastecidos num mesmo carrinho não fossem montados sequencialmente, era necessário um transporte extra do carrinho para o início de linha, geralmente efetuado pelo operador do último posto.

4.3.4 Incapacidade do supermercado em satisfazer as secções de montagem

Para avaliar o processo de *picking* atual levado a cabo pelos operadores do supermercado, nomeadamente pelos dois operadores mecânicos e pelo operador de ligação/embalagem, considerou-se pertinente a realização de uma análise Multimomento. Através da aplicação desta técnica a cada um dos operadores, foi possível perceber quais as tarefas que se encontravam a ser executadas pelos mesmos em cada um dos períodos de amostragem, bem como o seu respetivo valor acrescentado. A partir dos resultados obtidos e do número de vezes que cada tarefa foi identificada, percebeu-se o impacto que cada atividade apresentava no *picking*, bem como a dimensão dos desperdícios inerentes ao processo.

Para prosseguir com esta análise foi necessário definir quer o número de ciclos de amostragens a realizar, quer a frequência de amostragem em cada ciclo. Para tal, recorreu-se às regras e critérios existentes na organização para este tipo de análise, apresentados na Tabela 41 do Anexo II. Para além dos diferentes operadores, considerou-se também importante tratar as famílias identificadas como representativas de forma independente, dadas as diferenças entre estas no que respeita ao processo de separação.

Seguindo esta metodologia foram então realizados três ciclos de amostragem do processo de *picking* de cada um dos operadores para cada uma das famílias sinalizadas, resultando num total de 102 ciclos. No que respeitava à frequência de amostragem definiu-se que esta seria de 15 segundos, o que permitiu a recolha de 5961 observações. Na Tabela 31 do Apêndice V é exemplificada a aplicação desta técnica, nomeadamente ao operador mecânico da linha para um motor da família W22; Carcaça225; Cabocurto. Após a obtenção de todas as amostras procedeu-se à classificação das atividades observadas em termos de valor, bem como à sua quantificação em termos percentuais, como demonstrado na Tabela 32,

Tabela 33, Tabela 34 e Tabela 35 do Apêndice V. Através dos gráficos apresentados na Figura 34 é perceptível o grande impacto e representatividade que as atividades que não acrescentavam qualquer valor tinham no processo de *picking*.

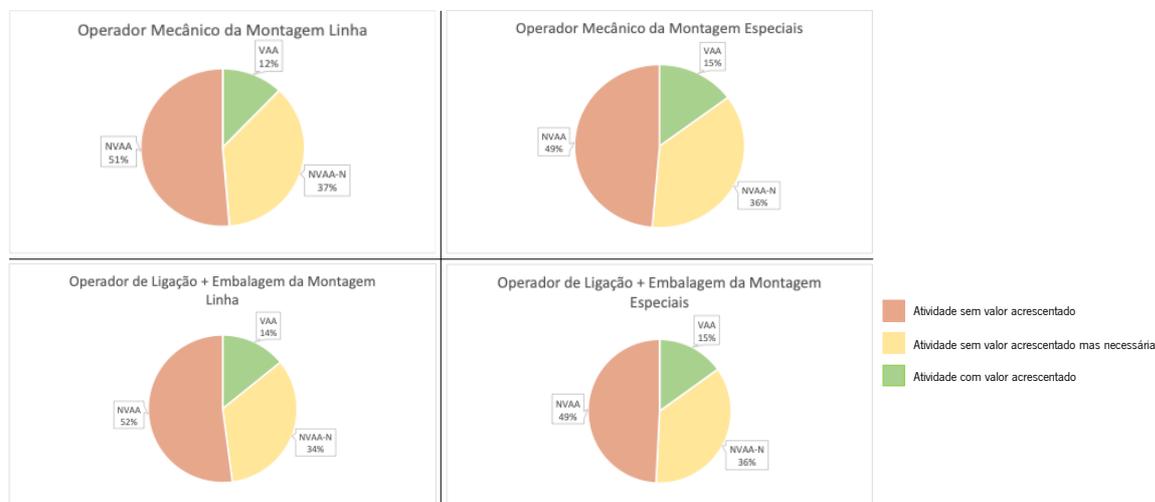


Figura 34 - Valor das atividades executadas por cada operador de *picking*

Adicionalmente, considerou-se pertinente que a cada ciclo fosse recolhido o tempo total de separação de material para cada operador, por forma a determinar o tempo de ciclo médio ponderado atual do supermercado. Abaixo, na Tabela 4 são apresentados os resultados obtidos.

Tabela 4 - Tempos de separação dos diferentes operadores para as famílias de motores mais representativas

Secção	Família de Motores	Quantidade Produzida (un)	%	Analisados				Tempo de Ciclo (min)	Ligação + Embalagem (min)				Tempo de Ciclo (min)
				Montagem (min)					1	2	3	Média	
				1	2	3	Média						
Montagem Linha	W22;CARCACA 315;Cabo curto	2137	37,96%	13,87	14,92	12,73	13,84	14,31	4,20	9,35	8,92	7,49	6,55
	W22;CARCACA 280;Cabo curto	1284	22,81%	19,00	15,58	15,82	16,80		1,58	1,62	2,32	1,84	
	W22;CARCACA 225;Cabo curto	1223	21,72%	10,93	10,52	15,90	12,45		5,17	7,62	9,05	7,28	
	W22;CARCACA 250;Cabo curto	986	17,51%	13,13	16,38	13,70	14,41		12,02	6,88	10,40	9,77	
Montagem Especiais	W22 355 4-11 Auxiliares Caixa W22 TOPO	384	17,97%	27,33	20,10	30,20	25,88	22,62	16,80	7,90	7,33	10,68	10,28
	W22X WMO 225/250 C/6 AUXILIARES	262	12,26%	21,83	16,97	24,90	21,23		11,98	12,30	8,27	10,85	
	W22 355 2 Auxiliares Caixa W22 TOPO	249	11,65%	21,07	30,18	20,78	24,01		7,42	5,48	5,57	6,16	
	W22 355 2 Auxiliares Caixa W22 Lateral	231	10,81%	27,13	15,38	25,98	22,83		8,35	6,73	7,12	7,40	
	Motor de cabos compridos até 3M	176	8,24%	27,63	22,85	27,73	26,07		10,27	11,77	16,25	12,76	
	W22X WMO 280/315/355 C/6 AUXILIARES	174	8,14%	25,22	22,93	23,20	23,78		13,40	17,93	19,28	16,87	
	W22 280/315 4-11 Auxiliares Caixa W22 TOPO	169	7,91%	17,15	21,48	21,80	20,14		5,95	8,13	10,87	8,32	
	W22 280/315 12-21 Auxiliares Caixa W22 TOPO	163	7,63%	16,75	22,82	20,70	20,09		9,17	7,02	8,95	8,38	
	W40 280 2 Auxiliares 280 Caixa W22 Lateral	107	5,01%	21,13	18,10	20,20	19,81		11,43	16,13	14,70	14,09	
	Ventilação 225	59	2,76%	16,60	25,88	21,07	21,18		4,30	5,63	5,53	5,16	
	W22 225/250 2 Auxiliares Caixa W22 TOPO	58	2,71%	20,45	15,63	14,50	16,86		6,52	7,80	8,85	7,72	
	W22 225/250 4-11 Auxiliares Caixa W22 TOPO	53	2,48%	21,65	18,07	14,37	18,03		8,87	10,48	16,35	11,90	
	W40 315 2 Auxiliares 315 HGF TOPO	52	2,43%	18,47	15,47	16,52	16,82		12,22	16,38	25,08	17,89	

Através dos resultados obtidos, e considerando que os operadores mecânicos e de ligação/embalagem operam paralelamente, tornou-se possível perceber que, no caso da Montagem Linha, o tempo médio ponderado de separação de material era definido pelo operador mecânico desta secção, sendo este de 14,31 min. Já no caso da montagem especiais, era também o operador mecânico que definia este parâmetro, rondando este valor os 22,62 min.

Em relação ao segundo turno, não foi possível repetir este procedimento devido às limitações associadas ao contexto deste projeto. Contudo, por analogia, considerando que um dos operadores se encontra afeto

à totalidade dos componentes de ligação/embalagem e o outro aos mecânicos, obtêm-se os mesmos tempos de separação para ambas as secções.

Assim, com base em ambos os turnos, tornou-se possível estimar um tempo médio de separação de materiais ao nível do supermercado, centrando-se este valor nos 14,31 min no caso da linha e nos 22,62 min no caso dos especiais. Para sintetizar tudo aquilo que foi descrito, considerou-se pertinente a elaboração do VSM atual da secção de montagem, que é apresentado na Figura 78 do Apêndice VI.

Através dos dados obtidos tornou-se então possível tirar algumas conclusões relevantes. Relativamente à Montagem Linha, considerando o tempo de ciclo médio ponderado determinado para a mesma no ponto 4.3.1, ritmo que determina as necessidades desta secção, percebeu-se que o primeiro turno do supermercado não tinha capacidade para satisfazer a mesma, dado o superior tempo médio de separação ($9,2 \text{ min} < 14,31 \text{ min}$). Daqui depreendeu-se a necessidade quer da existência de um segundo turno ao nível do supermercado, quer do dia de quebra adotado pela organização por forma a satisfazer as necessidades da Montagem Linha e impedir a paragem da mesma por falta de material.

Já em relação à Montagem Especiais, apesar de, em média, em ambos os turnos existir uma capacidade de o supermercado satisfazer o ritmo da secção montagem especiais ($29,57 \text{ min} > 22,62 \text{ min}$), a política do dia de quebra colmatava a variabilidade associada à duração do processo de *picking*, verificável na Tabela 4 acima, e que estava relacionada com frequentes falhas de material ou tarefas de preparação de material, como PT's ou tropicalizações. Destacou-se, assim, a incapacidade de o supermercado e os seus operadores satisfazerem as necessidades imediatas das secções de montagem e de operarem segundo um paradigma JIT.

4.3.5 Excesso de deslocações

Através da análise Multimomento realizada e do estudo das atividades observadas que não acrescentavam qualquer valor, destaca-se o grande impacto que as deslocações apresentavam no processo de *picking*. Considerando os diferentes operadores, a percentagem de deslocações observadas variou entre 20,26% e 32,16%, apresentando um valor médio de 25,88%. Este revelava-se um valor muito impactante, justificando-se uma análise mais profunda deste desperdício no sentido de compreender as suas causas. Neste sentido, na Figura 35 é apresentado um Diagrama de Ishikawa que pretende resumir as principais causas das deslocações dos operadores de *picking*.

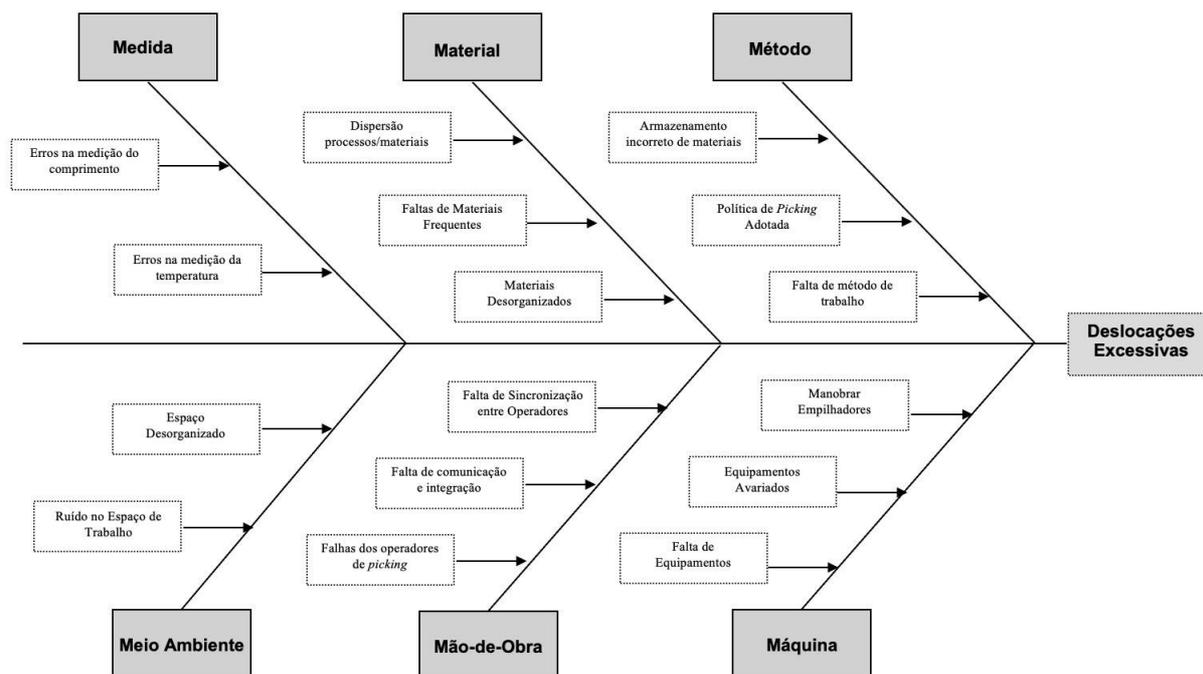


Figura 35 - Diagrama de Ishikawa das principais causas de deslocações

Eram vários os motivos que conduziam às deslocações excessivas dos operadores de separação de material. Por um lado, a grande dispersão dos processos, nomeadamente entre o supermercado de peças, as secções de montagem e as zonas de armazenamento, quer de rotores, quer de *kits*, fazia com que os operadores necessitassem de realizar longas e frequentes deslocações, fosse para recolher o rotor indicado na lista de *picking*, fosse para recolher ou entregar carrinhos *kits*. Por outro lado, a falta de qualquer método ou critério de *picking* era também uma das principais causas que originavam deslocações. Aqui, dependendo do operador em questão, o mesmo poderia deslocar-se ao longo do supermercado acompanhado pelo carrinho e recolher os diversos materiais necessários ou, num sentido oposto, fixar o carrinho num ponto e realizar ele próprio a recolha e transporte dos materiais para o carrinho, redobrando as deslocações efetuadas.

Outro ponto gerador de grandes deslocações estava relacionado com a manipulação de materiais, isto é, pinturas e maquinagens. Independentemente de um motor possuir materiais que necessitassem de ser manipulados, fossem eles tampas, caixas ou rotores, todos estes eram entregues e fornecidos ao supermercado de forma indiscriminada e conjunta, não existindo qualquer informação ao nível do armazém sobre estas atividades ou quais os materiais que necessitavam delas. Esta informação apenas estava presente na OP de separação de material que era consultada pelos operadores de *picking* no momento em que estes pretendiam proceder à execução do mesmo.

Assim, era apenas neste momento que os mesmos procediam a uma pré separação destes componentes, manipulando-os ou transportando-os para as secções onde deveriam ser alterados. Tal sucedeu-se, pois, estas manipulações eram tratadas internamente como características do motor e não dos materiais. Ou seja, por exemplo, um rotor tropicalizado e um não tropicalizado possuíam exatamente o mesmo código de material, quer antes, quer depois desta manipulação.

Estes eram separados por conhecimento prévio do operador, que em cada situação, já sabia quais os componentes que deviam sofrer manipulação. Adicionalmente, numa fase posterior, por não existir qualquer tipo de comunicação entre as diferentes secções, os operadores do supermercado necessitavam de se deslocar novamente a estas secções, no sentido de verificar se a manipulação dos componentes estaria completa e de os transportar de volta ao supermercado para poderem prosseguir com o *picking*.

As características de alguns dos componentes de maiores dimensões, como era o caso de algumas tampas, bem como o modo como as mesmas eram armazenadas no supermercado, eram também um ponto gerador de movimentações. Perante as dificuldades no acesso aos materiais, verificava-se de forma persistente que os operadores recorriam ao porta-paletes para procederem à separação destes componentes. Assim, os mesmos, após recolherem este equipamento, deslocavam-se até à prateleira onde estava localizado o material pretendido, recolhendo a paleta em questão e elevando-a até à altura do carrinho de *kits*. Posteriormente, os mesmos procediam então à passagem do material da paleta para o carrinho, voltando, por fim, a realocar a paleta e o porta-paletes nas suas respetivas localizações.

No sentido de melhor compreender quer este fluxo de materiais, quer as deslocações dos operadores, foram recolhidas amostras dos percursos efetuados pelos diferentes trabalhadores na execução dos *pickings*. Para cada operador foram recolhidas três amostras, sendo simultaneamente contabilizados o número de passos efetuados em cada amostra. Na Figura 36 abaixo é apresentada uma das amostras obtidas para cada um dos operadores.



Figura 36 - Diagramas de *Spaghetti* dos operadores de picking

Já na Tabela 5 são apresentados quer o número médio de passos dados por cada um dos operadores em cada *picking*, bem como a respetiva distância percorrida em metros. Para proceder a esta conversão recorreu-se ao Sistema Internacional de Unidades, segundo o qual um passo equivale a 0,82 metros.

Tabela 5 - Distâncias médias percorridas pelos operadores de picking

Amostra	Montagem Linha		Montagem Especiais	
	Mecânico	Elétrica + Embalagem	Mecânico	Elétrica + Embalagem
Média	484,00	65,33	546,67	363,67
Distância (m)	396,88	53,57	448,27	298,21

Através dos resultados obtidos tornou-se evidente o grande impacto que as deslocações possuíam no procedimento de *picking*. Isto tornava-se ainda mais evidente quando se consideravam os dois operadores mecânicos. Para além do grande número de movimentações e transportes efetuados dentro do supermercado, a cada *picking*, os mesmos necessitavam de efetuar longas deslocações entre diversas áreas produtivas, fosse para recolher materiais, como era o caso dos rotores, fosse para recolher ou entregar carrinhos nas secções de montagem.

Existiam, contudo, outras causas de movimentações, apresentadas anteriormente, que serão descritas posteriormente neste relatório.

4.3.6 Lista de picking desorganizada

Outra das tarefas que não apresentava qualquer valor ao produto e que apresentou um impacto relevante nos resultados gerados pela análise Multimomento foi a consulta e procura dos componentes na lista de *picking* por parte do operador. Na situação verificada, quer o operador mecânico, quer o operador da embalagem/ligação possuíam uma lista de separação de materiais igual, que continha os materiais a serem separados por ambos. Isto gerava grandes dificuldades aos trabalhadores, principalmente aos menos experientes, que necessitavam de identificar e sinalizar todos os componentes que lhe diziam respeito antes de proceder ao *picking* propriamente dito. Para além destes, eram também incluídos nestas listas todos os outros materiais que faziam parte da lista técnica do motor, onde se incluíam materiais *Kanban* e até materiais “fantasma” gerados pelo sistema que na prática não existiam. Através da análise realizada verificou-se que esta dificuldade que representava um puro desperdício, correspondendo, em média, a 15,48% das observações. Isto traduz-se, portanto, em aproximadamente 15,48% do tempo de picking despendido nesta tarefa que não acrescenta qualquer valor. Na Figura 37 é apresentada uma destas listas de *picking*.

LISTA DE MATERIAIS											
PROJETO:		UNIDEM DE VEND. 1141212 00010						FABRIM. 3 DE 4			
MATERIAL: 14991674		MOTOR 150W 4P 2800RPM 150W						CENTRO PRODUÇÃO: 6102			
NO. UNIDEM: 0300133		UNIDEM 1.000						MATERIAL AMPLIO:			
OPER. /	POS. /	MATERIAL	QTDOR	UN	DE	NO	DESCRIÇÃO BRUTA	MATERIAL	QTDOR	UN	DE
CONC.	NUM.							AMPLIO	QTDOR	UN	DE
0330	0100	11187423	1,000	UN	X		PART-PC JUNTA VEDACAO W2	0124.0512M	1A02	W099	18.05.2022
0330	0110	13948427	1,000	UN	X		TAMPA BORGADO LATAO H00X1,5	X			
0330	6501	14116394	1,000	UN			CONJ TAMPA BORGADO	1A02	W003	18.05.2022	
0330	0010	13948403	1,000	UN	X		TAMPA BORGADO LATAO H00X1,5	1A02	W003	18.05.2022	
0330	0020	10017892	1,000	UN	X		TAMPA 07 BORG H00X1,5017mm	0301.6860	1A02	W003	18.05.2022
0330	0030	11846007	1,000	UN			CONJ ATERRAMENTO	1A02			
0330	0010	10020281	1,000	UN	X		ARMELIA CONCAVA ATERA W12	0194.1932	1A02	W003	18.05.2022
0330	0030	10473415	1,000	UN	X		311.00207.1				
0330	6800	14274063	1,000	UN			PARAF 008 W001,70X09 BT 1304	0322.6130	1A02	W003	18.05.2022
0330	0020	10018633	2,000	UN	X		CONJ PLACA BORGES	1A02			
0330	0140	10098501	1,000	UN	X		PARAF 008-10 H00X1,8X20 BT 0800	0345.0309	1A02	W003	18.05.2022
0330	0150	10018656	2,000	UN	X		CONJ PLACA BORGES 010H	1A02	W003	18.05.2022	
0330	0260	10378496	3,000	UN	X		PARAF 008-10 H00X1,8X20 BT 0800	0345.0309	1A02	W003	18.05.2022
0330	0290	11971180	12,000	UN	X		FORTE L10 1,6X20X6mm	1A02	W003	18.05.2022	
0330	0300	12908327	6,000	UN	X		PARAF-PC FORCA BERTANDA ACO	1A02	W099	18.05.2022	
0330	0310	12853040	6,000	UN	X		CHAPA TAVEL 0,8X20X1,2mm 2	1A02	W003	18.05.2022	
0330	0310	12853040	6,000	UN	X		FORCA 008X H00X1,8X3 LATAO W001	030801200	1A02	W003	18.05.2022
0330	8755	15242805	1,000	UN			PLACA ADVERT MOTOR A101 304	000000			
0330	0010	10018620	1,000	UN	X		PLACA 0080X MOTOR A101 304	1A02	W003	18.05.2022	
0330	8790	12905764	1,000	UN			CONJ RTUJ 0800X MOTOR BORGES	1A02			
0330	0010	10018659	2,000	UN	X		RTUJ A008 COD 00000 00100mm 08	0303.0846	1A02	W003	18.05.2022
0330	0010	11429252	1,000	UN			PLACA ATERRAMENTO 00X20X3,5mm	1A02			
0330	0010	11850925	1,000	UN	X		PARAF-PC PLACA ATERRAMENTO	1A02	W099	18.05.2022	
0330	0020	11319023	1,000	UN			PLACA ATERRAMENTO 00X20X3,5mm	1A02			
0330	0010	11850925	1,000	UN	X		PARAF-PC PLACA ATERRAMENTO	1A02	W099	18.05.2022	
0330	0010	11229842	1,000	UN			ROLAMENTO 6316 C4 POLYBER EM	1A02			
0330	0010	10361607	1,000	UN			ROLAMENTO 6316 C4	0308.0234	1A02	W003	18.05.2022
0330	0010	11229842	1,000	UN			ROLAMENTO 6316 C4 POLYBER EM	1A02			
0330	0010	10361607	1,000	UN			ROLAMENTO 6316 C4	0308.0234	1A02	W003	18.05.2022
0330	0010	10704716	1,000	UN			TAMPA DIANT UNIM 280 W2	0874.5147	1A02		
0330	0010	11911972	1,000	UN			PART-PC TAMPA DIANTEIRA 280 W2	1A02	W099	18.05.2022	
0330	0010	10704716	1,000	UN			ROL 316				
0330	0010	11137916	1,000	UN			TAMPA TRAZ 280 UNIM W2	0874.5147	1A02		
0330	0010	11137916	1,000	UN			PART-PC TAMPA TRAZ 280 W2	1A02	W099	18.05.2022	
0330	0010	10291999	1,000	UN			ROL 316				
0330	0010	11137403	1,000	UN			ANEL FIX T07 ROL 316 UNIM 08	0824.5538	1A02		
0330	0010	11137403	1,000	UN			PC-200				
0330	0010	11137403	1,000	UN			PARAF-PC ANEL FERRAO ROL 316	0824.5538M	1A02	W099	18.05.2022
0330	0020	11362106	1,000	UN			PC-200 ROL	X			
0330	0020	11362106	1,000	UN			ANEL EXT ROL WEE 316 UNIM PC-200	1A02			

Figura 37 - Exemplo de lista de *picking* atual

4.3.7 Armazenamento inadequado de materiais

O armazenamento inadequado de materiais era também um dos problemas visualmente mais impactantes e que mais afetava o bom funcionamento do supermercado, podendo ser traduzido em várias dimensões distintas.

Era muito frequente o armazenamento de paletes de materiais no chão do supermercado, fosse devido à falta de carrinho *kits*, como descrito anteriormente no ponto 4.3.3, fosse com o objetivo de o operador reduzir o seu esforço. Neste último caso, para diminuir o número de vezes que se deslocava à zona de armazenamento de rotores, o operador transportava frequentemente vários rotores de uma só vez para o supermercado, armazenando-os aí até que os mesmos fossem solicitados numa OP. Contudo, em ambas as situações, geravam-se dificuldades de circulação dentro do supermercado, bem como de acesso às prateleiras de materiais, tal como ilustrado na Figura 38, respetivamente, conduzindo a um aumento das deslocações e movimentações dos operadores.

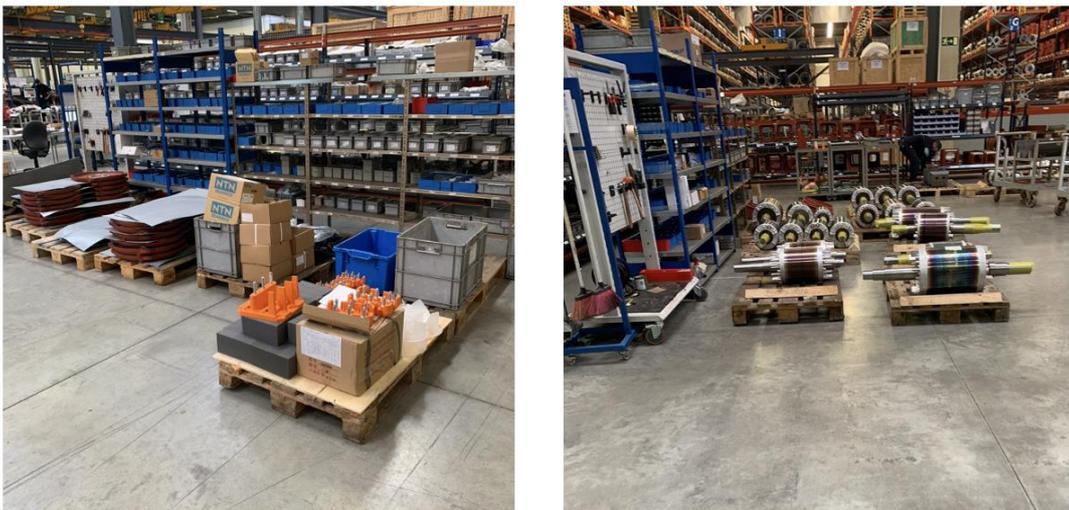


Figura 38 - Armazenamento de materiais no chão do supermercado

Apesar de existirem zonas do supermercado afetadas ao armazenamento de cada tipologia de componentes, tal como demonstrado na Figura 25 do ponto 4.2.1, a forma e localização que os mesmos assumiam nas estantes era, na grande maioria dos casos, inadequada e totalmente aleatória. Assim, verificava-se frequentemente quer a existência de materiais iguais em posições distintas, quer de materiais diferentes numa mesma posição, não existindo qualquer cuidado com a promoção do FIFO. Desta forma, no caso dos materiais de maiores dimensões, como tampas, caso em que este problema era mais evidente, tal obrigava o operador de *picking* a recorrer frequentemente ao uso do porta-paletes, por forma a aceder aos materiais necessários, que, muitas vezes, se encontravam em posições atrás de

outros abastecidos mais recentemente. Através da análise Multimomento realizada, tornou-se possível perceber que, em média, 4,37% do processo de *picking* é despendido a manobrar porta-paletes.

As estantes afetas ao armazenamento de cada tipologia de material verificaram-se também, em muitos casos, desadequadas, estando vazias ou sobrelotadas e não tendo em conta as quantidades, características e dimensões dos materiais, ou a dificuldade do operador em aceder aos mesmos e proceder à sua separação.

Esta inexistência de critérios em relação à posição onde os materiais eram armazenados gerava também grandes dificuldades para os operadores localizarem os componentes pretendidos. Este problema tornava-se ainda mais evidente quando se consideravam os componentes de menores dimensões, como parafusos, anilhas ou arruelas, localizados nas estantes 13, 14, 15 e 16 e no armário A1 da Figura 25 da secção 4.2.1, que para além de se encontrarem numa posição aleatória, eram armazenados inadequadamente, em caixas mal identificadas e, por vezes, sem as dimensões adequadas, tal como demonstrado na Figura 39.



Figura 39 - Desorganização dos materiais no supermercado

A exceção existia apenas para os materiais *kanban* já mencionados, localizados na estante 13, que por serem abastecidos externamente possuíam localizações fixas. Relativamente aos restantes materiais *Kanban*, verificavam-se também problemas de controlo e gestão. A alteração dos materiais que pertenciam a este grupo e que eram abastecidos segundo esta política, aliada à falta de comunicação e informação, geravam frequentes dúvidas nos operadores de *picking*, que não sabiam se deviam ou não separar um determinado componente.

Relativamente aos cabos e mangas armazenados no supermercado, era também visível o armazenamento inadequado dos mesmos. Frequentemente, ao invés de enviar apenas a quantidade

necessária destes materiais, o armazém procedia ao envio da bobine completa ou de uma quantidade muito excessiva do mesmo, acabando esta por ficar armazenada no supermercado sem necessidade de consumo. Verificava-se uma considerável quantidade destes materiais armazenada no supermercado, quer ao nível do solo, quer no topo de estantes de difícil acesso, como descrito pela Figura 40.



Figura 40 - Armazenamento inadequado dos cabos e mangas

Outro exemplo da dificuldade de os operadores encontrarem os materiais pretendidos era a zona de armazenamento de rotores. Aqui, à medida que eram finalizados pela secção dos veios e rotores, os produtos eram armazenados em paletes, de uma forma conjunta, sem qualquer critério, possuindo apenas uma pequena etiqueta que permitia a sua identificação. Perante estas práticas, verificou-se que os operadores do supermercado despendiam um longo período de tempo à procura do artigo pretendido. Adicionalmente, como resultado do armazenamento de vários rotores uns em cima dos outros, os operadores necessitavam frequentemente de manipular outros rotores, por forma a aceder àquele que pretendiam. Na Figura 41 é ilustrada a situação descrita.



Figura 41 - Zona de armazenamento de rotores

Através da análise Multimomento realizada e das observações recolhidas na mesma, tornou-se possível quantificar a percentagem de tempo do processo de *picking* despendida na procura de componentes, tendo-se obtido um valor médio de 7,28%, que demonstra o impacto deste desperdício no processo de separação de material.

Por último, destacava-se ainda o armazenamento de materiais relativos a outras áreas produtivas no supermercado, que não sendo abastecidos pelos operadores do mesmo, prejudicam o bom funcionamento deste, na medida em que implicam a entrada e saída de outros trabalhadores neste espaço, bem como a ocupação dos recursos do mesmo, quer a nível de espaço, quer de equipamentos.

4.3.8 Falhas de material nos kits

Através da análise dos registos de *picking* verificou-se também um considerável número de *kits* com falhas de material. Por forma a analisar este problema, durante duas semanas, recolheram-se diariamente os dados relativos ao estado em que os *kits* foram separados, verificando-se, em caso de falha, o motivo da mesma. Assim, foram analisados 419 *kits* de material, tendo-se verificado que 28,16% dos mesmos se encontravam em falha. Os resultados obtidos relativos ao número de *kits* em falha ao longo dos dias de análise e ao motivo das mesmas podem ser consultados através dos gráficos da Figura 42.

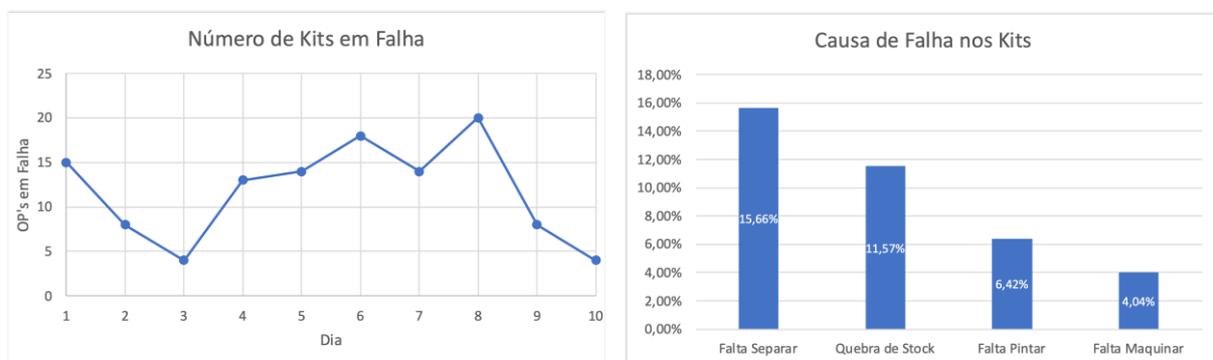


Figura 42 –Número de *kits* em falha (à esquerda) e causa de falhas nos kits (à direita)

Através dos resultados obtidos pode-se perceber que eram quatro as principais causas que originavam falhas ao nível da separação de materiais. A primeira causa estava relacionada com a falta de separação que era a causa de maior incidência e resultava, essencialmente, da falta de sincronização e comunicação entre os operadores de *picking*. Isto é, considerando que o operador mecânico estava dependente do operador de ligação/embalagem, na medida em que necessitava de recolher os componentes separados pelo mesmo e colocá-los no carrinho para finalizar a separação de materiais, caso ambos os trabalhadores não estivessem devidamente sincronizados e não promovessem uma comunicação ativa, verificar-se-iam falhas.

Foi precisamente este cenário que se identificou ao nível do *picking*, verificando-se que os operadores adotavam abordagens totalmente distintas. Enquanto o operador mecânico procedia à separação das OP's de acordo com o seu grau de dificuldade, o operador de ligação/embalagem procedia, primeiramente, à execução de todas as OP's relativas Montagem Linha, passando depois à Montagem Especiais. Desta forma, verificou-se frequentemente a existência de inúmeros carrinhos de *kits* incompletos, compostos apenas por componentes mecânicos. Os mesmos eram então armazenados até que o operador de ligação/embalagem realizasse a separação dos respetivos componentes e os transportasse até ao carrinho. Além disso, a grande desorganização dos materiais e a consequente dificuldade em encontrar os componentes pretendidos, fazia com que os operadores de separação de material enviassem os carrinhos incompletos para as secções de montagem.

Os atrasos ao nível das manipulações de materiais, nomeadamente na realização de maquinagens e pinturas, representavam também uma considerável parte das causas verificadas para as falhas de separação. Estas eram justificadas quer pelo mau planeamento e controlo destas operações de manipulação de material descrito no ponto 4.3.5, quer por atrasos verificados ao nível dos centros de trabalho que realizavam estas mesmas operações. No caso das maquinagens, apesar de existir uma ordem para ser dada prioridade a estes componentes, esta nem sempre era cumprida. Já no caso das pinturas, verificava-se uma elevada sobrecarga deste centro de trabalho, originando-se frequentemente atrasos. Para colmatar este problema, ao invés de procederem à pré-separação destes componentes e seu transporte para as secções de manipulação apenas no dia antes da montagem, tal como descrito na secção 4.2.5 e ilustrado pela Figura 29, os operadores de *picking* antecipavam este envio em um dia, tal como é apresentado na Figura 43.

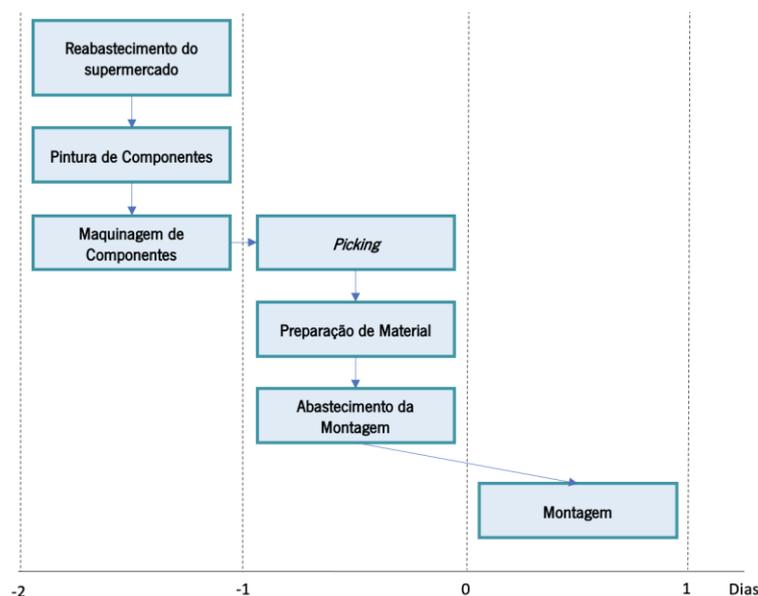


Figura 43 - Lead time real do processo de abastecimento

Por último, as quebras de *stock* ao nível do supermercado eram, provavelmente, a causa mais complexa e que apresentava um maior número de origens. O ineficiente controlo do *stock* existente no supermercado, os atrasos e erros no envio dos componentes por parte do armazém, bem como a entrada de operadores externos ao supermercado neste espaço, sem qualquer autorização, com o objetivo de recolherem materiais, representam algumas das origens deste problema.

4.3.9 Método de trabalho inexistente

A inexistência de um método de trabalho por parte dos operadores do supermercado aquando da separação de material foi também um dos problemas identificados.

4.3.9.1 Materiais Kanban

Relativamente aos materiais *Kanban*, verificava-se um frequente incumprimento das quantidades por caixa a reabastecer às secções de montagem, principalmente quando esta quantidade era de maiores dimensões. Nestes casos, o operador responsável por esta tarefa procedia ao reabastecimento da caixa com uma quantidade aproximada daquela que era exigida, usando como base o seu bom senso. Consequentemente, originavam-se erros de *stock* deste tipo de materiais quer ao nível das secções de montagem, quer do supermercado.

Relativamente aos materiais *Kanban* que eram reabastecidos externamente, verificavam-se também erros de *stock* devido a uma má gestão do sistema de dupla caixa por parte dos operadores *Kanban*. Por forma a assegurar o bom funcionamento deste sistema, o operador apenas deveria abrir uma nova caixa de material assim que aquela que estivesse localizada mais à frente na estante ficasse totalmente vazia. Desta forma, ao retirar a caixa totalmente consumida e ao repor a sua posição com uma nova, o sensor existente na estante iria sinalizar o fornecedor da necessidade de reabastecimento daquele material. Contudo, verificava-se frequentemente a existência de várias caixas de um mesmo material abertas, de materiais fora de posição, bem como de quebras de *stock*, tal como demonstrado na Figura 44.



Figura 44 - Desorganização e má gestão dos materiais Kanban abastecidos externamente

4.3.9.2 Abertura e encerramento da OP

Em relação ao cumprimento do procedimento de abertura e conclusão das OP's no SGPROD ao nível do supermercado, este não se verificava. Normalmente, os operadores deste espaço procediam à separação de materiais de uma OP sem que tivessem dado início à mesma no *software*. Contudo, assim que terminavam a separação de materiais e entregavam o carrinho na secção de montagem, os operadores procediam à abertura e conclusão simultânea da respetiva OP no SGPROD. Desta forma, a não ser o número de OP's concluídas, os responsáveis pela gestão da organização não possuíam quaisquer dados ou informações, relativas a este centro de trabalho, tais como tempos de separação de material, produtividade, causas de atrasos ou de falhas de materiais.

4.3.9.3 Manipulação de rolamentos

A manipulação dos rolamentos aquando da preparação do rotor era outro ponto onde foram identificadas falhas no que respeita ao método de trabalho. Como referido, para proceder à montagem do rolamento do veio do rotor era necessário que, previamente, fosse colocada massa no interior do mesmo e realizado o seu aquecimento.

No que respeitava à colocação de massa, existiam duas situações possíveis: aplicação de massa padrão ou de massa especial. Neste último caso, foram identificadas dificuldades por parte do operador na aplicação da massa especial, que se refletiam na maior duração desta tarefa. Estas dificuldades resultavam da inexistência de uma ferramenta de aplicação adequada para este tipo de massa, levando o operador a executar a tarefa com recurso a uma espátula, como demonstrado na Figura 45.



Figura 45 - Modo de aplicação de massa especial

Relativamente ao aquecimento dos rolamentos, verificaram-se situações de retrabalho complexas, resultantes de um incorreto procedimento de trabalho. Este aquecimento revelava-se necessário para expandir o rolamento e possibilitar a sua montagem no eixo do rotor. Contudo, verificaram-se situações

em que o rolamento não possuía a dilatação necessária, fazendo com que ficasse preso e conduzisse a um processo de retrabalho complexo e demorado. Tal sucedia, pois, o operador não tinha conhecimento da temperatura de aquecimento a que cada tipologia de rolamento deveria ser submetido.

Além disso, a inexistência de um método de trabalho adequado gerava ainda um outro desperdício, na medida em que o operador, após colocar o componente a aquecer, ficava à espera junto do mesmo até considerar que este possuía o nível de dilatação necessário, ao invés de realizar as demais tarefas de separação.

4.3.10 Carrinhos de abastecimento inadequados

O formato, o estado e a estrutura dos carrinhos utilizados pelos operadores do supermercado para abastecerem os materiais às secções de montagem revelavam também alguns problemas.

Começando pelo carrinho que era utilizado pelos operadores mecânicos, apresentado na Figura 22 do ponto 4.2.1, apesar de o mesmo apresentar uma estrutura que possuía secções dedicadas para a generalidade dos componentes de grande dimensão, o mesmo não se aplicava para os materiais de menor dimensão. Tal como demonstrado na Figura 46, materiais como parafusos, juntas, arruelas, anéis, placas de bornes ou terminais eram misturados indiscriminadamente em caixas, dificultando a tarefa dos operadores das secções de montagem aquando da procura e recolha dos mesmos. Por vezes, para aceder a alguns dos componentes, o operador necessita de retirar outros, que se encontravam por cima dos materiais pretendidos ou que limitavam o acesso aos mesmos.



Figura 46 - Desorganização dos materiais a serem abastecidos

Através de observações realizadas ao processo de recolha dos materiais nos carrinhos por parte dos operadores das secções de montagem, verificaram-se tempos de *picking* dos materiais que chegaram sistematicamente aos 30 segundos em alguns postos. Verificava-se também que esta dificuldade era mais notória quer no caso dos motores mais complexos, quer nos postos mais a jusante, momento em que existia uma maior quantidade e variedade de componentes no carrinho.

Já em relação ao carrinho utilizado pelo operador de Ligação/Embalagem no caso dos motores especiais, para além da existência do problema descrito anteriormente, verificava-se também que o mesmo era demasiado grande tendo em conta o material que era necessário abastecer. Desta forma, frequentemente, este operador colocava o material de vários motores distintos num mesmo carrinho, transportando depois o conjunto para a secção de montagem.

4.3.11 Bancadas de trabalho desadequadas

Algumas das bancadas de trabalho existentes no supermercado revelavam diversos problemas que se traduziam em desperdícios. Primeiramente, a bancada afeta aos operadores mecânicos apresentava-se muitíssimo danificada, com ondulações, e desorganizada, dificultando inclusive as tarefas mais simples dos operadores, tais como escrever. Tais condições criavam dificuldades aos operadores, quer para executarem as suas tarefas, quer para encontrarem os materiais pretendidos. Adicionalmente, verificou-se uma quantidade de resíduos excessiva nos ecopontos existentes no ambiente de trabalho, fazendo que frequentemente estes caíssem no chão deste espaço.

A bancada de trabalho de preparação das PT's era outro ponto problemático do supermercado, estando constantemente desorganizada, cheia de materiais que nada tinham a ver com esta tarefa, bem como de resíduos. Ambas as bancadas descritas podem ser visualizadas na Figura 47.



Figura 47 – Bancada de separação (à esquerda) e bancada de preparação de PT's (à direita)

4.3.12 Problemas ergonómicos

Foram também identificados alguns problemas de risco ergonómico relacionados com o processo de separação de material, nomeadamente: inalação de vapores de tintas e adoção de posturas inadequadas.

Como referido, de um modo geral, as tropicalizações de componentes eram executadas no próprio supermercado. Isto acontecia devido à elevada sobrecarga da secção de pintura, que apenas ficava

responsável pela tropicalização de rotores. Contudo, ao nível do supermercado verificava-se quer a existência de falta de formação dos operadores para levar a cabo este tipo de tarefas, quer a inexistência de equipamentos de proteção individual e condições adequadas para a execução das mesmas. No entanto, este problema encontrava-se já sinalizado pela organização, existindo projetos que visavam solucionar o mesmo, e que serão descritos posteriormente neste relatório.

Adicionalmente, quer no caso da instalação de PT's, quer no caso das tropicalizações, não existia qualquer bancada ou suporte de apoio adequado à execução destas tarefas, levando a que os operadores as realizassem no chão deste espaço. Consequentemente, estes assumiam posturas desadequadas e perigosas, com grande potencial de lesões músculo-esqueléticas pelo que foi usada a aplicação da metodologia REBA (Hignett & McAtamney, 2000), segundo os critérios descritos na Figura 89 e Tabela 42 do Anexo III, para avaliar o risco inerente a estas posturas. Para além da considerável repetibilidade destas tarefas, existindo vários motores que diariamente devem ser tropicalizados ou incorporar PT's, destacava-se também a longa duração das mesmas. Na Tabela 6 é demonstrada a aplicação do método REBA à postura adotada pelo operador e as pontuações atribuídas em cada um dos segmentos corporais.

Tabela 6 - Avaliação REBA da postura do operador

Operador	Grupo	Pontuação	
	A	Pescoço	2
		Tronco	4
		Pernas	2
		Postura	6
		Força	2
		Pontuação	8
	B	Braço	5
		Antebraço	2
		Pulso	2
		Postura	8
		<i>Coupling</i>	2
		Pontuação	10
	Grupo A + B		11
	Atividade		0
Pontuação Final REBA		11	

Esta análise resultou na atribuição de uma pontuação REBA de 11, correspondente ao nível máximo de risco. Este nível está associado a um risco de lesões músculo-esqueléticas muito elevado, devendo-se implementar ações de melhoria o mais rapidamente possível.

4.4 Síntese dos problemas identificados

Na sequência dos problemas identificados ao longo desta secção, elaborou-se a Tabela 7, na qual estes são sumariados. Adicionalmente, para cada um destes problemas, foram ainda identificadas as respetivas consequências e desperdícios associados.

Tabela 7 - Síntese dos problemas identificados, respetivas consequências e desperdícios

Problema	Consequência	Desperdício Associado
Excesso de <i>kits</i> completos	Zona do espaço fabril permanentemente ocupada com <i>stock</i> de <i>kits</i> .	Inventário; Sobreprodução.
Falta de carrinhos de <i>kits</i>	Operador de <i>picking</i> espera por carrinhos livres; Montagem de <i>kits</i> em paletes; Duplo <i>picking</i> ; Montagem de dois carrinhos por carrinho gera dificuldades aos operadores de montagem.	Esperas; Inventário; Sobreprocessamento; Movimentações.
Incapacidade do supermercado em satisfazer as secções de montagem	Necessidade da existência do dia de quebra; Grande quantidade de <i>stock</i> de carrinhos.	Inventário.
Excesso de deslocações	Tempo improdutivo despendido pelos operadores de <i>picking</i> em movimentações e transportes.	Movimentações; Transportes; Sobreprocessamento.
Lista de <i>picking</i> desorganizada	Tempo improdutivo despendido na procura de componentes na lista de <i>picking</i> .	Sobreprocessamento.
Armazenamento inadequado de materiais	Dificuldade de movimentação no interior do supermercado; Tempo despendido na procura de componentes; Dificuldade em aceder aos componentes.	Movimentações; Transportes; Sobreprocessamento; Inventário.
Falhas de material	Montagem de <i>kits</i> incompletos; Tempo despendido na procura de componentes em falta. Aumento do <i>lead time</i> do processo de abastecimento.	Inventário; Sobreprocessamento; Inventário; Esperas.
Método de Trabalho Incorreto	Incorreta gestão das quantidades de materiais; Quebras de <i>stock</i> ; Inexistência de dados produtivos relativos à separação de material; Tempo excessivo dedicado à manipulação dos rolamentos; Retrabalho.	Inventário; Esperas; Sobreprocessamento; Defeitos.
Carrinhos de abastecimento desadequados	Carrinhos com dimensões insuficientes; Desorganização dos materiais nos carrinhos; Dificuldades em encontrar e aceder aos componentes nos carrinhos pelos operadores montagem.	Inventário; Sobreprocessamento.
Bancadas de trabalho desadequadas	Espaço de trabalho confuso; Dificuldade em encontrar materiais; Tempo despendido na execução das tarefas.	Esperas; Sobreprocessamento.
Problemas ergonómicos	Risco de desenvolvimento de doenças respiratórias; Risco de lesões músculo-esqueléticas; Insatisfação dos operadores; Risco de acidentes de trabalho.	Defeitos; Não aproveitamento do potencial humano.

5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

Ao longo do presente capítulo serão apresentadas as propostas de melhoria desenvolvidas no sentido de solucionar os problemas identificados no capítulo anterior. Para tal, recorreu-se à ferramenta 5W2H que pode ser consultada na Tabela 8.

Tabela 8 - Propostas de melhoria com recurso à técnica 5W2H

What?	Why?	How?	Who?	Where?	When?	How much?
Reorganização do Supermercado de Peças	Excesso de deslocações	Reestruturação das estruturas de armazenamento, proposta de um novo <i>layout</i>	Pedro Silva; Departamento PIMC; Departamento de MII; Supermercado de Peças	Supermercado	A definir	41870€
	Armazenamento inadequado de materiais					
	Falhas de materiais nas OP's					
Redefinição do processo de <i>picking</i>	Incapacidade do supermercado em satisfazer as secções de montagem	Endereçamento do supermercado, novas listas de <i>picking</i> e proposta de funcionamento do supermercado	Pedro Silva; Departamento PIMC; Supermercado de Peças.	Supermercado	A definir	5862€
	Excesso de deslocações					
	Lista de <i>picking</i> desorganizada					
	Armazenamento inadequado de materiais					
	Falhas de materiais nas OP's					
	Método de trabalho inexistente	Novo carrinho de <i>picking</i>	Pedro Silva; Departamento PIMC; Supermercado de Peças.	Supermercado	A definir	14400€
	Carrinhos de abastecimento inadequados					
Proposta de abastecimento de materiais Kanban	Proposta de abastecimento de materiais <i>Kanban</i>	Pedro Silva; Departamento PIMC; Supermercado de Peças.	Supermercado	A definir	-	
Introdução de um <i>mizusumashi</i> para o processo de abastecimento de materiais às secções de montagem	Incapacidade do supermercado em satisfazer as secções de montagem	Definição de tarefas e rota de abastecimento; método de controlo e frequência de abastecimento; sistema de sinalização de abastecimento	Pedro Silva; Departamento PIMC; Supermercado de Peças; Secções de Montagem	Supermercado e secções de montagem	A definir	9168,80€
	Excesso de <i>stock</i> de carrinhos					
	Falta de carrinhos de kits					
	Incapacidade do supermercado em satisfazer as secções de montagem					
	Excesso de deslocações					
Aplicação de 5S às bancadas de trabalho	Bancadas de trabalho inadequadas	Organização das bancadas de trabalho com auxílio da ferramenta 5S	Pedro Silva; Departamento PIMC; Departamento MII; Supermercado de Peças;	Supermercado	A definir	-
Uniformização do processo de manipulação de rolamentos	Método de trabalho inexistente	Introdução de melhorias no aquecimentos dos rolamentos e aplicação de massa	Pedro Silva; Departamento PIMC; Supermercado de Peças;	Supermercado	A definir	30€
Proposta de nova bancada destinada à manipulação de materiais	Problemas ergonómicos	Dimensionamento de uma nova bancada de trabalho	Pedro Silva; Departamento PIMC; Departamento MII; Supermercado de Peças;	Supermercado	A definir	300€

5.1 Reorganização do supermercado de peças

Perante os problemas identificados ao nível do supermercado de peças, sentiu-se a necessidade de proceder à introdução de algumas melhorias no que respeita ao funcionamento e organização deste espaço. Assim, ao longo deste capítulo começa-se por descrever algumas alterações ao modo como os materiais são armazenados, passando-se depois à definição de um novo *layout* para este espaço. Posteriormente, irá proceder-se à descrição de algumas das propostas que visam melhorar o processo de *picking*, nomeadamente, o endereçamento dos materiais, a redefinição de tarefas, bem como a alteração do carrinho de *picking* utilizado.

5.1.1 Reestruturação das estruturas de armazenamento

Tal como descrito no ponto 4.3.7, o armazenamento inadequado dos componentes era um dos principais problemas identificados ao nível do supermercado. Neste sentido, ao longo deste ponto serão descritas novas soluções de armazenamento que buscam solucionar as dificuldades dos operadores em encontrarem e acederem aos diversos componentes.

Para desenvolver estruturas adequadas quer às quantidades necessárias de cada tipologia de material, quer às características dos mesmos, procedeu-se à análise de todos os materiais consumidos no supermercado. Para tal, analisaram-se todos os componentes consumidos neste espaço durante os últimos seis meses, num total de mais de 500000 componentes. Depois de agrupados por tipologia de material, por exemplo tampas, para cada grupo, contabilizou-se o número de médio de materiais distintos consumidos diariamente e a quantidade média de cada um destes. Tendo em conta a variabilidade associada a tais valores médios, considerou-se relevante somar aos mesmos o seu respetivo desvio padrão, assegurando, assim, uma certa margem de segurança.

Para compreender as necessidades dimensionais associadas aos diferentes materiais, para cada caso, identificaram-se os componentes mais representativos através de uma análise ABC, recolhendo-se as suas características dimensionais e necessidades específicas de armazenamento. Por analogia, estes materiais sinalizados como mais representativos traduziriam a generalidade da população. A título de exemplo, no caso das tampas, depois de recolhidos os dados de consumo de tampas, percebeu-se que em média, e considerando o desvio padrão, eram consumidas 118 tampas de 26 tipos distintos todos os dias. Após a realização de uma análise ABC tornou-se então possível perceber quais as tampas mais representativas e as suas respetivas dimensões, que serviriam de referência para a totalidade da população de tampas. A Figura 48 exemplifica a aplicação desta análise.

Material	Descrição	Quantidade	Quantidade média diária	Gama	Alt Eixo	%	% Acum.	Categoria	Altura (mm)	Espessura (mm)
11210414	PART-PC TAMPA TRASEIRA 315 W22 ROL 316	1310	9,562043796	W22	315	13,71%	13,71%	A	632	69,5
11131187	PART-PC TAMPA TRASEIRA 225 W22 ROL 314	999	7,291970803	W22	225	10,45%	24,16%	A	444	58
11131245	PART-PC TAMPA TRASEIRA 250 W22 ROL 314	758	5,532846715	W22	250	7,93%	32,09%	A	474	78
11131086	PART-PC TAMPA DIANTEIRA 315 W22 ROL 319	726	5,299270073	W22	315	7,60%	39,69%	A	632	69,5
11131007	PART-PC TAMPA DIANTEIRA 225 W22 ROL 314	553	4,03649635	W22	225	5,79%	45,47%	A	443	58
11210428	PART-PC TAMPA TRASEIRA 355 W22 ROL 319	549	4,00729927	W22	355	5,74%	51,22%	A	722	97
11137916	PART-PC TAMPA TRASEIRA 280 W22 ROL 316	541	3,948905109	W22	280	5,66%	56,88%	A	580	99,5
11131079	PART-PC TAMPA DIANTEIRA 250 W22 ROL 314	513	3,744525547	W22	250	5,37%	62,25%	A	460	78
11131184	PART-PC TAMPA DIANTEIRA 355 W22 ROL 322	427	3,116788321	W22	355	4,47%	66,72%	A	720	102
11911072	PART-PC TAMPA DIANTEIRA 280 W22 ROL 316	365	2,664233577	W22	280	3,82%	70,53%	A	582	94,5
11210412	PART-PC TAMPA TRASEIRA 315 W22 ROL 314	188	1,372262774	W22	315	1,97%	72,50%	A	632	69,5
13363951	PART-PC TAMPA TRASEIRA 280 W40	171	1,248175182	W40	280	1,79%	74,29%	A	508	110,5
13359673	PART-PC TAMPA DIANTEIRA W40280	139	1,01459854	W40	280	1,45%	75,75%	A	508	110,5
11210411	PART-PC TAMPA TRASEIRA 280 W22 ROL 316	134	0,97810219	W22	280	1,40%	77,15%	A	580	99,5
11362731	PART-PC TAMPA DIANTEIRA 225 W22 ROL 314	131	0,95620438	W22	225	1,37%	78,52%	A	443	58
11362668	PART-PC TAMPA TRASEIRA 225 W22 ROL 314	109	0,795620438	W22	225	1,14%	79,66%	A	444	58
11194884	PART-PC TAMPA TRASEIRA 280 W22 ROL 314	106	0,773722628	W22	280	1,11%	80,77%	A	580	99,5
14471878	PART-PC TAMPA TRASEIRA 280 W40 ROL 212	101	0,737226277	W40	280	1,06%	81,82%	B		
11131084	PART-PC TAMPA DIANTEIRA 315 W22 ROL 314	94	0,686131387	W22	315	0,98%	82,81%	B		
13442732	PART-PC TAMPA TRASEIRA 315 W22 ROL 316	87	0,635036496	W22	315	0,91%	83,72%	B		

Figura 48 - Análise do histórico de tampas existentes no supermercado

Após a determinação das quantidades diárias consumidas de cada tipologia de material, tornou-se também relevante ter em consideração a estratégia que se pretende alcançar. Isto é, o número de dias que um determinado material permanece no supermercado é também um fator impactante no dimensionamento deste espaço e das estruturas que o compõem. Assim, de acordo com a estratégia traçada, a qual será posteriormente devidamente explicada, definiu-se que, para a generalidade dos componentes, o supermercado de peças teria capacidade para dois dias de *stock*.

Desta forma, tornou-se então possível compreender as necessidades associadas a cada tipologia de material e desenvolver estruturas de armazenamento adequadas para os componentes, cujo modo de aprovisionamento foi sinalizado como deficitário e não correspondente com a estratégia definida.

5.1.1.1 Estrutura para armazenamento de rotores

Tal como mencionado, o modo como os rotores eram armazenados consistia num dos pontos que mais dificuldades geravam aos operadores de separação de material, quer no que respeita à identificação do material pretendido, quer às deslocações inerentes à recolha dos mesmos. Assim, procedeu-se ao desenvolvimento de uma nova estrutura de armazenamento, apresentada na Figura 49, que visava passar a armazenar no supermercado, de forma adequada, os rotores necessários para o dia de trabalho.

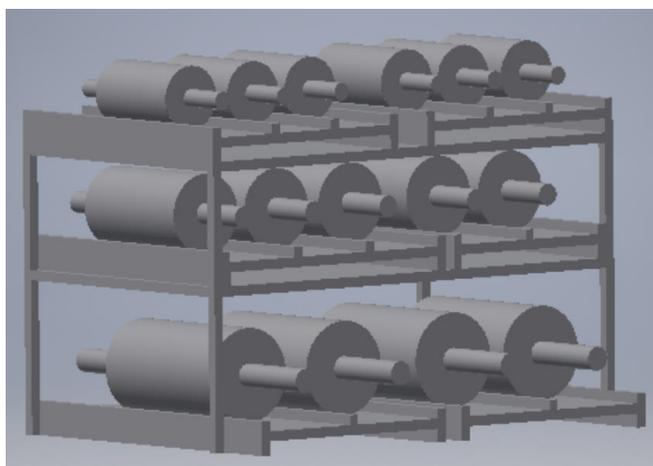


Figura 49 - Proposta de estrutura de armazenamento de rotores

Desta forma, diariamente, os rotores passariam a ser abastecidos ao supermercado tal como qualquer outro material, reduzindo as deslocações que os operadores de separação de material necessitavam de levar a cabo, nomeadamente até à zona de armazenamento destes componentes. Adicionalmente, esta estrutura possibilitaria um muito melhor acesso aos componentes pretendidos, solucionando o problema identificado, onde os materiais pretendidos se encontravam muitas vezes inacessíveis, debaixo de outros. Assim, tendo em conta as necessidades da organização, torna-se necessário armazenar, diariamente, 56 rotores neste espaço. Este é o único material que serve de exceção à regra dos dois dias stock, sendo apenas possível armazenar a quantidade de rotores relativa a um dia de consumo, devido às grandes dimensões destes componentes.

Assim, considerando a estrutura dimensionada, bem como as necessidades da organização, tornava-se possível concluir que seriam necessárias quatro estruturas de armazenamento deste tipo.

5.1.1.2 Estrutura para armazenamento de tampas e flanges

O modo como as diversas tampas e flanges eram armazenadas foi outro ponto sinalizado como problemático. Estes materiais eram armazenados sem critério, estando geralmente misturados e empilhados em paletes arrumadas em estantes, não existindo cuidado com a promoção do FIFO. Assim, o operador de separação necessitava frequentemente de usar o porta-paletes, para encontrar e aceder ao material pretendido que se ora se encontrava atrás ora debaixo de outros materiais. Para solucionar estes problemas foram desenvolvidas quatro tipologias de estruturas, apresentadas na Figura 50.

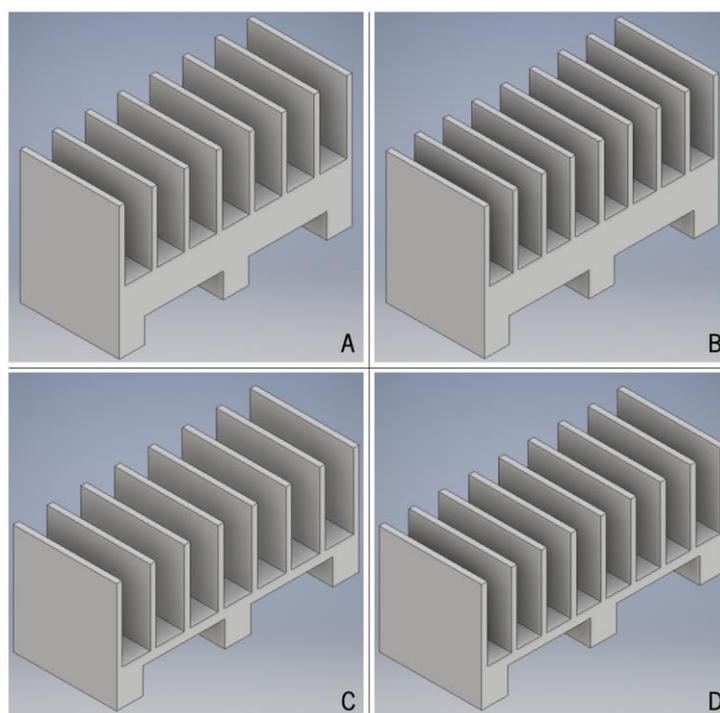


Figura 50 - Proposta de estrutura para o armazenamento de tampas e flanges

Com recurso às mesmas, todas as tampas e flanges necessárias diariamente passariam a ser armazenadas verticalmente, numa posição frontal da estante, ao invés de empilhadas numa posição horizontal, estando, por isso, sempre acessíveis por parte do operador.

A necessidade de desenvolver estruturas distintas está relacionada com um melhor aproveitamento do espaço, bem como com a criação de melhores condições para a separação de material por parte dos operadores. Por um lado, por forma a melhorar este aproveitamento e satisfazer as características dimensionais dos diferentes materiais foram criadas estruturas de largura 150 mm (A e C) e 130 mm por espaço (B e D). Isto permitiria não só o armazenamento dos componentes de maiores dimensões, bem como, no caso dos materiais mais pequenos, o aprovisionamento de duas tampas por espaço.

Por outro lado, no sentido de facilitar a tarefa de separação foram desenvolvidas estruturas de 590 mm (C e D) e 740 mm de altura (A e B). Estas estruturas de maior dimensão visam armazenar as tampas e flanges de maiores dimensões ao nível do solo, garantindo que estes materiais se encontram precisamente à altura do carrinho de *picking*. Desta forma, aquando da separação do material, o operador apenas necessita de rodar este componente para o carrinho, sem grande esforço de acesso e manipulação do mesmo.

Já o suporte mais baixo permitiria o armazenamento dos materiais de menores dimensões no segundo piso da estante. Tendo em conta a grande variabilidade associada ao produto comercializado pela WEG, considerou-se pertinente garantir que o terceiro e último piso destas estantes ficaria livre, permitindo armazenar tampas, flanges e outro tipo de materiais especiais com dimensões fora do comum, bem como absorver picos de variabilidade na quantidade de tampas/flanges. O modo de armazenamento das diversas tampas e flanges é ilustrado pela Figura 51 apresentada de seguida.

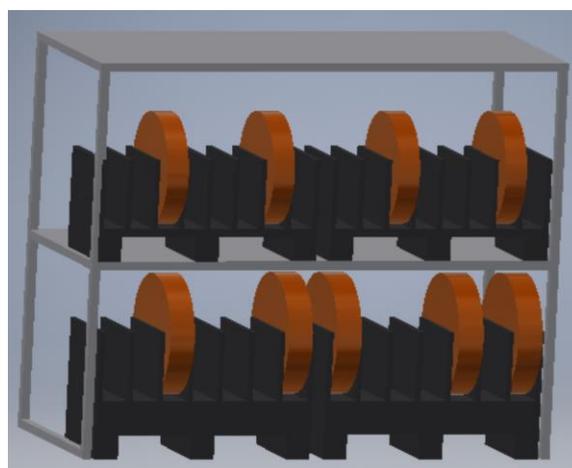


Figura 51 – Estantes de armazenamento de tampas e flanges e respetivos suportes propostos

Ao dimensionar estas estruturas procurou-se ainda garantir que as mesmas promoviam a prática da metodologia FIFO, algo que não se verificava. Assim, em termos de profundidade, as mesmas ocupariam apenas metade do espaço disponível por piso, permitindo a existência de uma outra série de estruturas, vazias, que vão sendo reabastecidas pelos operadores de reposição de material. Neste sentido, após a análise efetuada, percebeu-se que para uma necessidade diária de 150 tampas/flanges de 34 tipologias distintas, e tendo em conta as dimensões dos materiais mais representativos, percebeu-se que seriam necessários 32 suportes (A: 6, B: 10, C: 6; D: 10), correspondendo a um total de quatro estantes.

5.1.1.3 Estante de armazenamento de caixas de ligação

As três estantes afetas ao armazenamento das caixas de ligação foram também alvo de uma proposta de melhoria. Através da análise das quantidades médias diárias de cada tipologia de caixa de ligação, bem como por observação direta da situação atual, percebeu-se que o espaço destinado ao armazenamento das mesmas era excessivo e inadequado. Para além de serem visíveis as frequentes localizações vazias, a existência de materiais iguais em posições distintas e o modo como os diversos níveis da estante se encontravam divididos não era adequado às dimensões e representatividade de cada tipo de material. A situação descrita é ilustrada pela Figura 52.

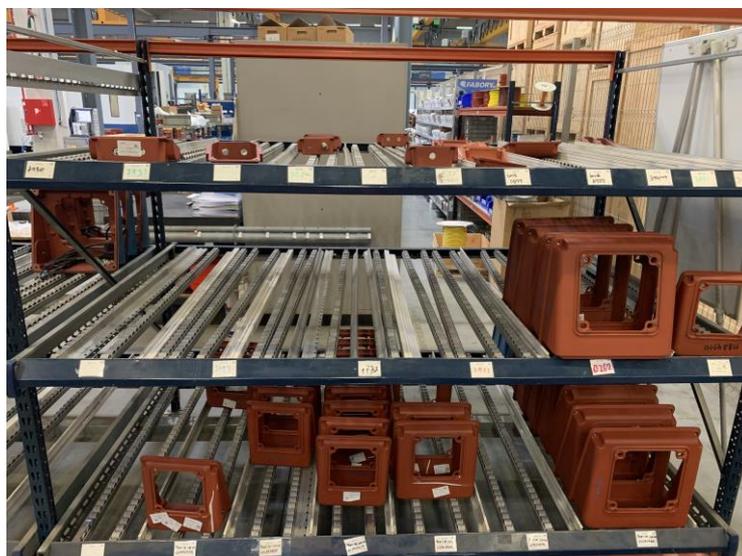


Figura 52 - Armazenamento atual das caixas de ligação

Assim, para redimensionar estas estruturas, seguindo a abordagem descrita no ponto 5.1, determinou-se um número médio diário de nove tipos de caixas de ligação necessárias, correspondendo a uma quantidade de 56 caixas consumidas diariamente. Posteriormente, considerando-se também as dimensões relevantes de cada uma tornou-se possível perceber o número de localizações necessárias, bem como a dimensão que cada uma deveria possuir. Esta análise permitiu então concluir que uma única estante, dividida de acordo com a Figura 53, seria suficiente para armazenar a totalidade das

caixas de ligação necessárias, sendo ainda possível garantir três posições de folga que visam conferir uma maior flexibilidade.

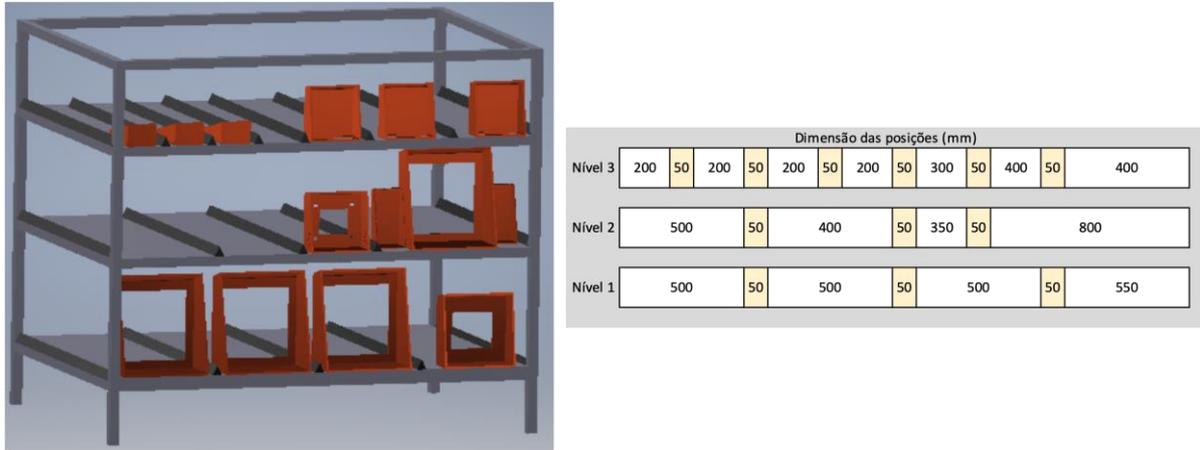


Figura 53 - Organização proposta para o armazenamento de caixas de ligação

5.1.1.4 Estantes de armazenamento de materiais de pequenas dimensões

Como referido, o modo de armazenamento dos materiais de pequenas dimensões, como parafusos ou arruelas, é aquele que visualmente se verifica como mais inadequado. Aqui, identificam-se materiais soltos, em caixas com dimensões inadequadas ou muito danificadas. As estantes afetas a este armazenamento revelavam-se também inadequadas, estando em alguns casos sobredimensionadas, enquanto noutros se revelavam insuficientes. Além disso, tal como referido no ponto 4.3.7, a instabilidade associada aos materiais *Kanban* era também um problema que gerava dificuldades aos operadores de *picking*.

Para reestruturar este armazenamento tornava-se importante perceber o número médio de materiais distintos deste segmento consumidos diariamente no supermercado. Isto permitiria determinar o número de localizações necessárias para armazenar os componentes a serem abastecidos às secções de montagem. Para tal, o primeiro passo deveria passar pela definição dos materiais *Kanban*, que, devido às suas elevadas taxas de consumo, definiu-se que teriam uma posição fixa e permanente no supermercado.

Assim, para realizar uma análise precisa destes materiais, aplicou-se a metodologia ABCxFMS sugerida na Figura 90 do Anexo IV. Para um material ser considerado *Kanban*, definiu-se que este deveria possuir uma avaliação máxima em ambos os parâmetros, isto é, uma classificação AF. Assim, considerando as avaliações obtidas, bem como algumas limitações ao nível do processo, determinaram-se 93 materiais *Kanban*. Para cada um destes, foram depois determinadas as várias secções onde os mesmos seriam

geridos segundo este sistema de dupla caixa, bem como a respetiva quantidade por caixa. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 36 do Apêndice VII.

Por outro lado, também os componentes que eram abastecidos externamente deviam possuir uma posição fixa no supermercado, permitindo a sua reposição. De referir que alguns destes materiais fazem parte do grupo *Kanban* anteriormente determinado. Estes 113 componentes possuíam já uma estante e caixas próprias adequadas, sendo por isso excluídos desta análise.

Relativamente aos restantes materiais, considerando a sua elevada variabilidade, definiu-se que o número de localizações necessárias para dois dias de stock seria o dobro do número médio diário de componentes distintos consumidos. Assim, seguindo, uma vez mais, a estratégia definida no ponto 5.1, foram determinados um total de 230 componentes distintos consumidos diariamente, o que corresponde a um total de 460 localizações. Na Tabela 9 é apresentado um breve resumo das categoriais de materiais mencionadas, respetivas quantidades e número de localizações.

Tabela 9 - Quantidades de cada tipologia de material e respetivo número de localizações

Tipo de Material/Abastecimento		Quantidade	Localizações	
Com Posição Fixa	Materiais Externos	113	113	
	Kanban	Kanban Interno	49	49
		Kanban Externo	44	-
Sem Posição Fixa	Não Kanban Interno	230	460	

Neste sentido, considerando apenas os materiais abastecidos internamente, *Kanbans* ou não, determinou-se um total de 509 localizações necessárias. Contudo, tendo em conta a grande variabilidade de componentes e as diferentes características dos mesmos, nomeadamente a nível da sua dimensão e quantidade consumida, revelou-se necessária a existência de caixas de armazenamento de diferentes dimensões. Para determinar o número de caixas de cada tipologia, tendo em conta o grande número de materiais deste grupo e o tempo disponível para a execução deste projeto, adotou-se uma abordagem simplista de observação direta. Assim, definiram-se três tipos de caixas de acordo com as necessidades dos materiais, apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Tipos de caixas propostas

Caixa	Dimensões: Comprimento x Altura x Profundidade (mm)
Pequena	150 x 113 x 244
Média	300 x 400 x 100
Grande	400 x 400 x 600

A redução do número de tipologias de caixas existentes buscava uniformizar o armazenamento de materiais, bem como garantir uma maior flexibilidade das estruturas de armazenamento. Assim, por observação direta analisaram-se todos os materiais existentes no supermercado, alocando-se cada um

deles à tipologia de caixa mais adequada, tendo em conta quer as suas dimensões, quer as quantidades que é necessário armazenar. Neste sentido, considerando a percentagem de cada tipo de caixa determinada e os 509 materiais que necessitam de ser armazenados, tornou-se possível determinar o número total de caixas de cada tipologia. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 11.

Tabela 11 – Número de caixas de cada tipologia

Caixa	Nº de Caixas
Pequena	480
Média	22
Grande	7

No que respeita ao armazenamento das caixas referidas em estantes, estas podem ser divididas em dois grupos distintos. Num primeiro grupo, em relação às caixas de pequena dimensão, foi proposta a aquisição de quatro estantes novas, dada a inadequabilidade das existentes no que respeita ao aproveitamento de espaço e organização destas caixas. Cada estrutura é capaz de armazenar 120 caixas, resultando no total necessário de 480 caixas. A estrutura em questão é apresentada na Figura 54.



Figura 54 - Proposta de estante a ser adquirida

Já no que respeita às caixas de média e grande dimensão, foi proposto o reaproveitamento de duas estantes existentes no supermercado, identificadas com os números 12 e 15 na Figura 25 do ponto 4.2.1, e cuja organização proposta é apresentada na Figura 55.

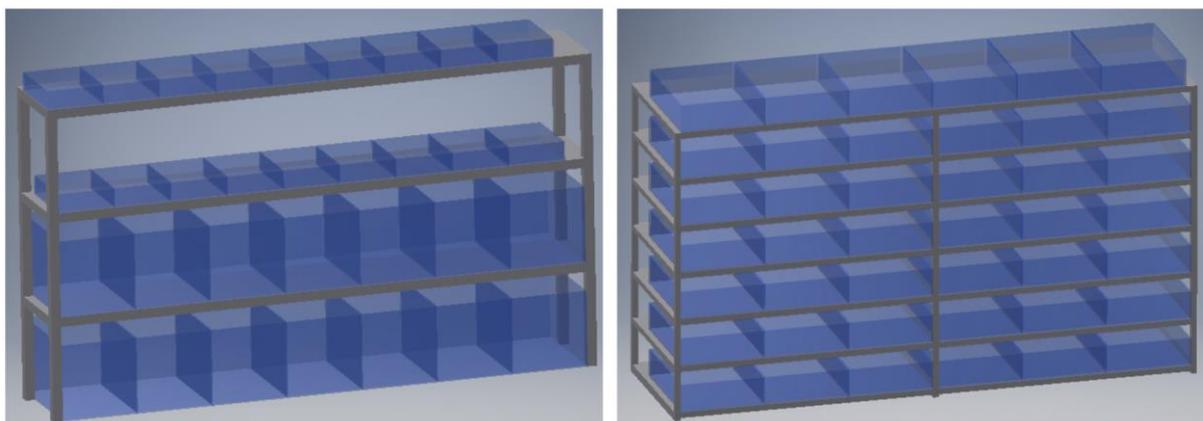


Figura 55 – Estantes de armazenamento de material pequeno a reaproveitar

Estas estantes permitiam o armazenamento de 60 caixas de média dimensão e de 14 caixas de grande dimensão. Este acréscimo no número de caixas relativamente ao valor determinado prende-se com um aproveitamento máximo das estantes existentes, bem como um fator de segurança que visa absorver variações quer na quantidade total de componentes, quer na tipologia dos mesmos. Além disso, estas localizações extra desempenharão um papel crucial no armazenamento de outros componentes, bem como de materiais intermédios, preparados e prontos a abastecer às secções de montagem que serão abordados ao mais adiante neste trabalho.

5.1.1.5 Suporte de armazenamento de cabos e mangas

Para solucionar o incorreto armazenamento verificado ao nível dos cabos e mangas, considerou-se importante, por um lado, a definição de uma regra para o abastecimento destes materiais e, por outro lado, o desenvolvimento de uma estrutura adequada para os mesmos. Assim, definiu-se que os materiais deste tipo que possuíssem elevadas taxas de consumo passassem a ser armazenados, permanentemente, na forma de bobine, no supermercado. Por outro lado, os restantes materiais, com taxas de consumo reduzidas, continuariam a ser enviados pelo armazém apenas nas quantidades necessárias para satisfazer as necessidades.

Assim, com recurso aos dados já mencionados, começou-se por perceber que, em média, eram consumidas 11 tipologias de cabos distintas diariamente ao nível do supermercado. De seguida, procedeu-se à realização de uma análise ABC, no sentido de determinar os materiais com maior consumo. Contudo, foi também necessário considerar algumas limitações dos materiais, nomeadamente a dimensão da bobine que, em algumas situações era excessiva, não sendo possível o seu armazenamento no supermercado. Desta forma, determinou-se que existiam quatro materiais elegíveis para serem armazenados permanentemente no supermercado, tal como apresentado na Figura 56.

Material	Designação	Quantidade	%	%Acum	ABC
12808877	TUBO ISOL DUPLO 3kV 4X200.000mm	354	24,02%	24,02%	A
12809282	CABO UP FLEX PVC/PVC-LS 1X25mm ² 70°C VD/	197	13,36%	37,38%	A
12808667	CABO UP FLEX PVC/PVC-LS 1X10mm ² 70°C VD/	181	12,28%	49,66%	A
12808649	CABO UP FLEX PVC/PVC-LS 1X35mm ² 70°C VD/	116	7,87%	57,53%	A
14121308	CABO UP FLEX SMOKE 1X1mm ² 400°C BR 1kV	101	6,85%	64,38%	A
12809023	TUBO ISOL DUPLO 3kV 8X100.000mm	87	5,90%	70,28%	A
12808743	TUBO ISOL DUPLO 3kV 6X100.000mm	57	3,87%	74,15%	A
12809286	CABO UP FLEX BORRACHA SIL 280°C + FIBR V	55	3,73%	77,88%	A
12809632	CABO UP FLEX BORRACHA SIL 280°C + FIBR V	47	3,19%	81,07%	A

	Elegível
	Não Elegível

Figura 56 - Análise ABC das quantidades consumidas de cabos e mangas

Para o armazenamento destes materiais foi proposto o desenvolvimento de um suporte semelhante a outro, já existente na organização e que é apresentado na Figura 57.



Figura 57 - Proposta de estrutura para o armazenamento de cabos e mangas

Relativamente aos restantes cabos e mangas abastecidos pelo armazém diariamente segundo as necessidades existentes e que necessitam de ser armazenados, tal como mencionado no final do ponto anterior, foi considerado um conjunto extra de localizações destinados também ao armazenamento destes materiais.

5.1.2 Proposta de um novo *layout*

Depois de definidas as novas estruturas de armazenamento que buscam solucionar as dificuldades e desperdícios identificados, tornou-se possível a definição de um novo *layout*. Como é natural, o desenvolvimento de um novo *layout* busca não só solucionar os problemas identificados, mas também promover e contribuir para o sucesso da nova estratégia de abastecimento às secções de montagem que se pretende atingir. Este novo *layout* está então associado a uma redefinição das tarefas de cada um dos

operadores, a alterações ao nível das movimentações de pessoas e materiais, a uma reestruturação quer de zonas de trabalho, quer dos equipamentos de *picking*, bem como a alterações profundas no funcionamento geral do supermercado. Contudo, todos estes pontos irão ser devidamente descritos ao longo do presente capítulo.

Neste sentido, procedeu-se ao desenvolvimento de um novo *layout* para o supermercado de peças, tendo em consideração os aproximadamente 370 m² disponíveis, as dimensões de todas as estruturas de armazenamento ou apoio, bem como as dimensões exigidas para a movimentação de materiais, equipamentos e pessoas. O *layout* desenvolvido é então apresentado na Figura 58.

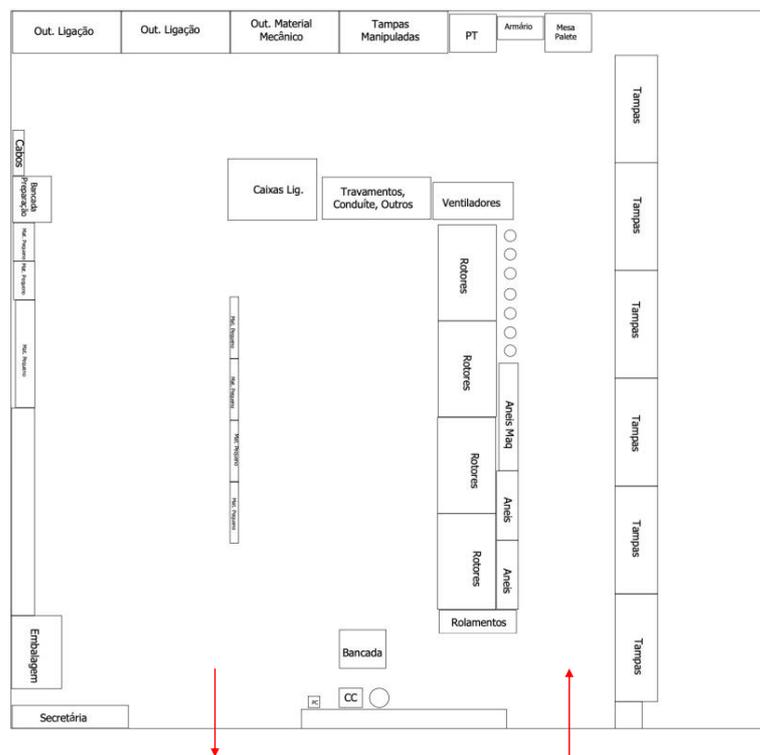


Figura 58 - Proposta de novo *layout* para o supermercado de peças

Por um lado, o *layout* em “U” proposto, com pontos de entrada e saída bem definidos, possibilita a padronização de movimentos por parte dos operadores de separação, que passam a percorrer um circuito fixo e bem definido. Esta proposta visa reduzir os desperdícios identificados ao nível das deslocações dos operadores no interior do supermercado, descritos no ponto 4.3.5 que ora se deslocavam com o carrinho até aos diversos pontos de *picking* aleatoriamente, ora o faziam sozinhos, voltando depois ao encontro do carrinho.

Por outro lado, no sentido daquilo que foi descrito, procurou-se garantir também o cumprimento do FIFO naquele que é o ponto crítico no que a este assunto diz respeito, isto é, no caso das tampas e flanges. Assim, ao dimensionar o presente *layout*, procurou-se garantir a existência de um espaço que permitisse

o abastecimento destes materiais no lado oposto da estante. Desta forma, enquanto o operador de separação procede à realização do *picking*, recolhendo os materiais mais antigos presentes na parte frontal da estante, o operador de reposição abastecerá os materiais mais recentes na segunda estrutura de armazenamento, imediatamente atrás. Esta estrutura totalmente abastecida irá depois assumir a posição frontal da estante, trocando de posição com a que aí se encontra vazia.

Adicionalmente, no centro deste *layout* em “U” foi criada uma zona de armazenamento e preparação de rotores. Se, por um lado, tal como referido, os operadores de *picking* deixam de necessitar de se deslocar até à zona de armazenamento dos mesmos, por outro lado, a passagem destes materiais para os carrinhos por parte de ambos os operadores passa a efetuar-se num local concentrado, reduzindo as movimentações com a ponte e consequentes percas de tempo.

5.2 Redefinição do processo de picking e do funcionamento do supermercado

O atual modo de funcionamento do supermercado, baseado na existência de um dia de quebra entre a separação de material e a montagem, gera grandes quantidades de *stock* de componentes em chão de fábrica. O principal objetivo do presente projeto passa pela eliminação deste dia de quebra, promovendo um abastecimento às secções de montagem assente na filosofia JIT. Contudo, são vários os obstáculos que impedem a aplicação de um abastecimento deste tipo nas condições identificadas. Assim, ao longo deste ponto serão descritas algumas propostas que visam eliminar estes obstáculos, bem como um novo modelo de funcionamento do supermercado de peças.

5.2.1 Endereçamento do supermercado e novas listas de picking

Um dos desperdícios mais impactantes identificados consistiu no tempo despendido pelos operadores na procura dos componentes. Para solucionar este problema foram propostas um conjunto de medidas. Primeiramente, tendo já definido quer um *layout* otimizado, quer estruturas de armazenamento adequadas, procedeu-se ao endereçamento de todas as posições existentes no supermercado. Para tal, foi seguida uma nomenclatura interna da organização que é apresentada na Figura 59. Adicionalmente, para cada uma das posições, foi ainda desenvolvido um *QR Code* identificador da mesma, também apresentado abaixo.



Figura 59 - Etiqueta de endereçamento de posição e respectivo *QR Code*

A etiqueta de endereçamento de uma posição é composta por três elementos: identificador da rua (A), posição no andar (B) e andar na estante (C). Desta forma, considerando todas as posições, bem como o *layout* proposto, foram identificadas nove ruas e 1089 posições de armazenamento. Na Figura 60, é apresentado um exemplo de uma bandeira identificadora da rua.



Figura 60 - Bandeira identificadora de rua

O endereçamento descrito, por si só, revela-se insuficiente para solucionar os problemas identificados. Esta proposta é complementada por outras duas: a aquisição de coletores de *picking* e a reestruturação das listas de separação de material. O objetivo deste conjunto de propostas passa por eliminar o tempo de procura de um determinado material no supermercado aquando da sua separação. Com recurso à introdução de coletores de *picking* e ao endereçamento proposto, os operadores passam a dar entrada ou saída de um determinado material numa posição específica do supermercado. No caso do operador de reabastecimento, com recurso ao coletor apresentado na Figura 61, este começa por ler o código do material a arrumar, passando depois à leitura do código *QR Code* da posição específica onde o pretende fazer. Assim, torna-se possível conhecer a localização de todos os materiais existentes no supermercado.



Figura 61 - Coletor de *picking* proposto

Tais propostas conduzem a uma última que as complementa, nomeadamente à reestruturação das listas de *picking*. O documento existente gerava enormes dificuldades aos operadores, tal como referido no ponto 4.3.6. Neste sentido, procedeu-se à reformulação deste documento, eliminando-se do mesmo todos os materiais que não necessitavam de ser separados e que, portanto, representavam um

desperdício. Além disso, no próprio documento, os materiais passam a surgir organizados segundo a sua categoria, isto é, Mecânicos, Elétricos ou Embalagem. Por último, complementando as anteriores propostas, esta nova lista passa a incluir a localização de cada um dos materiais, ordenando-os segundo o *layout* e o circuito de *picking* propostos no ponto 5.1.2. Na Figura 62 é apresentado um exemplo da lista de separação de materiais desenvolvida, com os diferentes componentes a serem separados e respectivas localizações.

01 LINHA DE MONTAGEM							
MECANICA							
Ordem de Produção: 23097453 - POS. A - Qtde: 4				Ordem de Produção: - POS. B - Qtde:			
Material	Componente	Qty	Pos Almox.	Material	Componente	Qty	Pos Almox.
11121187	PART-PC TAMP A TRASEIRA 225 W22 ROL 314	1	A101-03-01				
11131007	PART-PC TAMP A DIANTEIRA 225 W22 ROL 315	1	A101-07-01				
11186150	PART-PC TAMP A DEFLETORA 225 W22	1	A101-66-01				
10157271	ROLAMENTO 6314 C3	2	A102-01-03				
10017733	ANEL RETENCAO EXT DIN 471 70X2,5mm	1	A103-06-01				
11129757	PART-PC ANEL FIXACAO INTERNO ROL 314 S	1	A103-07-01				
11127818	PART-PC ANEL FIXACAO INTERNO ROL 314 2,5	1	A103-11-01				
11132319	PART-PC VENTONHA PLASTICO 2P W22	1	A103-18-01				
11194885	PART-PC ANEL FIX EXT ROL 314	1	A103-04-02				
11608993	PART-PC ANEL FIX EXT ROL 314	1	A103-08-02				
16139718	ROTOR COMPLETO 200mm 2P 225/M W22	1	A108-14-01				
Data				Sequencia Nº:			

01 LINHA DE MONTAGEM							
ELETRICA							
Ordem de Produção: 23097453 - POS. A - Qtde: 4				Ordem de Produção: - POS. B - Qtde:			
Material	Componente	Qty	Pos Almox.	Material	Componente	Qty	Pos Almox.
11194937	PART-PC CAIXA LIGACAO W22	1	A104-06-01				
Data				Sequencia Nº:			

01 LINHA DE MONTAGEM							
EMBALAGEM							
Ordem de Produção: 23097453 - POS. A - Qtde: 4				Ordem de Produção: - POS. B - Qtde:			
Material	Componente	Qty	Pos Almox.	Material	Componente	Qty	Pos Almox.
10024806	Chaveta PARAL B 16X10X100mm	1	A107-14-01				
Data				Sequencia Nº:			

Figura 62 - Proposta de lista de *picking*

Seguindo uma nova abordagem, estas listas de *picking* passariam a ser geradas e impressas pelos sequenciadores das duas secções de montagem aquando da realização deste mesmo sequenciamento. De referir ainda que, ao contrário do verificado, as mesmas deveriam passar a dizer respeito apenas a um único motor, promovendo a separação de um motor por carrinho. Esta nova estratégia permitiria indicar aos operadores de *picking* qual a ordem com que os vários motores devem ser separados e enviados para as secções de montagem.

Graças a este novo sistema de *picking* com recurso a coletores, torna-se também possível solucionar outro problema identificado e que apresentava um grande impacto na organização, nomeadamente a inexistência de um controlo do *stock* existente no supermercado. Através da implementação quer do endereçamento das posições, quer dos coletores, passam-se a registar todas as entradas e saídas de material deste espaço, conhecendo-se exatamente o *stock* de cada material, bem como a sua localização.

Além disso é ainda expectável que seja limitada a entrada de pessoas externas ao supermercado neste espaço. Para tal, deverão ser instaladas sinalizações que alertem para a restrição de entrada no mesmo, cabendo ao responsável deste espaço a confirmação e recolha de possíveis materiais em falta.

5.2.2 Proposta de funcionamento do supermercado

Outro grande obstáculo à adoção de um abastecimento JIT traduzia-se na necessidade de alguns materiais sofrerem manipulações, descritas no ponto 4.2.4, que apenas eram executadas no momento da separação dos componentes. Para solucionar este problema desenvolveu-se de uma nova estratégia de funcionamento do supermercado. Esta nova estratégia procura garantir que todos os materiais se encontram prontos e completamente manipulados no momento da sua necessidade.

Para tal, no caso das ordens de produção que exigissem atividades de preparação de material, definiu-se que no dia anterior à necessidade dos componentes, designado “dia -1” na Figura 63, seriam levadas a cabo todas as tarefas de preparação descritas, à exceção da preparação do rotor devido a limitações do processo. Desta forma, no momento em que os componentes necessitassem de ser separados, estes estariam prontos a serem enviados para as secções de montagem. Já no caso das restantes ordens de produção, os respetivos materiais iriam igualmente ser abastecidos ao supermercado no dia -1 e apenas separados no momento da sua necessidade, isto é, no dia seguinte (dia 0).

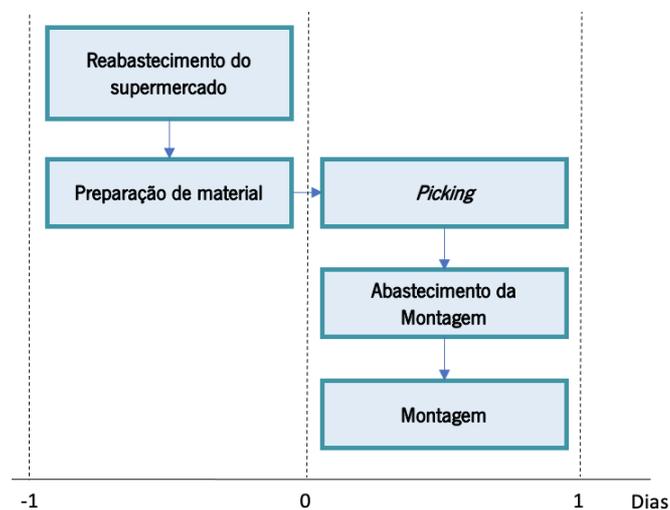


Figura 63 - Lead time proposto do processo de abastecimento

Esta nova estratégia implica uma redefinição das tarefas dos vários operadores existentes no supermercado, bem como, uma redefinição dos fluxos de materiais, informação e pessoas, algo que será descrito ao longo deste ponto.

5.2.2.1 Redefinição de tarefas

As tarefas de preparação de material podem ser divididas em dois grupos, dependendo se são ou não realizadas no supermercado. De mencionar ainda que a descrição que se segue usa como referência os recursos humanos e o funcionamento existente no primeiro turno.

Num primeiro grupo, quer a maquinagem, quer a pintura de componentes são executadas noutras secções. Tal como mencionado, a única exceção consistia na tropicalização de componentes, que era realizada pelos próprios operadores de separação, originando situações de risco. Contudo, na sequência de um outro projeto existente na organização, foi já adquirida uma terceira cabine de pintura que passará a ficar responsável pela execução destas atividades. Assim, seguindo a estratégia definida, o operador de reabastecimento, no início de cada dia (dia -1), passará a ficar responsável pela identificação dos componentes que devem ser maquinados ou pintados para poderem ser separados no dia seguinte. Desta forma, o mesmo não chegaria a arrumar estes materiais nas estantes, enviando-os diretamente para as respetivas secções de manipulação.

Num segundo grupo, para a execução de todas as restantes tarefas de preparação executadas no supermercado, foi proposta a realocação de um dos operadores de *picking*, passando o mesmo a estar unicamente afeto a estas tarefas de preparação. Assim, de forma semelhante ao que foi descrito anteriormente, no “dia -1”, este operador identifica todos os materiais que necessitam de sofrer manipulações e executa-as, permitindo que estes componentes estejam armazenados, prontos a serem separados no dia seguinte.

Para identificar estes componentes que necessitam de ser preparados e as respetivas operações de manipulação, foi proposta a criação de uma nova operação de roteiro, designada “Preparação de Material”. Esta nova operação permitiria a impressão de uma lista de preparação de material, exemplificada na Figura 79 do Apêndice VIII, que indicaria aos operadores mencionados quais as tarefas que necessitavam de levar a cabo e respetivos componentes.

No sentido de validar esta decisão, procurou-se determinar o nível de ocupação deste último operador, tendo em conta o número médio diário de tarefas de preparação que devem ser realizadas no supermercado e respetiva duração média. Estes valores podem ser consultados na Tabela 12. Para determinar a duração média de cada tarefa, procedeu-se à cronometragem das mesmas segundo os critérios da organização, descritos na Tabela 43 do Anexo V. Para a realização de uma análise mais correta e aproximada daquilo que seria a realidade, estimaram-se ainda as deslocações efetuadas por este operador aquando da realização destas tarefas.

Tabela 12 - Tarefas de preparação de material, respetiva quantidade média diária e duração

Tarefa	Quantidade média diária	Duração unitária (seg)	Duração Diária (seg)
Montagem da junta no dispositivo de travamento	13	19,72	282,00
Preparação de conduíte	2	496,49	1092,28
Lavagem de rolamentos	1	342,11	372,22
Preparação de cabo terra	9	401,56	3975,44
Montagem de caixas de ligação acessórias	6	478,03	3155,00
Preparação de mangas	3	137,75	454,58
Preparação e instalação de PT's	5	923,16	5160,46
Deslocações			3024,00
Total			17515,97

Através dos resultados obtidos, e considerando-se um turno de trabalho com 7,2 horas, foi possível determinar uma taxa de ocupação média deste trabalhador de 67,58%. Apesar do valor relativamente reduzido obtido há que ter em conta que este operador é também responsável por recolher e rearmazenar os materiais manipulados, podendo também auxiliar na tarefa de reabastecimento do supermercado.

Seguindo a estratégia definida, no “dia 0”, após a preparação e armazenamento de todos os materiais no supermercado, torna-se então possível que os operadores de separação procedam ao *picking* dos mesmos de acordo com as necessidades das secções de montagem. Como referido, foi proposto que apenas existissem dois operadores de separação de material. De forma semelhante ao que já se verificava, continuaria a existir um operador afeto à Montagem Linha, enquanto o segundo corresponderia às necessidades da secção Montagem Especiais. Estes operadores passariam a separar a totalidade dos componentes presentes na lista de *picking*, sejam eles mecânicos, elétricos ou embalagem. Ao contrário daquilo que acontecia, à exceção da preparação do rotor, estes deixariam de realizar qualquer tarefa de preparação ou manipulação de material, dedicando-se unicamente ao *picking* dos componentes.

5.2.2.2 Sequência de trabalho normalizada e tempo total de picking

Dada a inexistência de um método de trabalho estabelecido e adequado no que ao processo de *picking* diz respeito, desenvolveram-se *Standard Work Combination Sheets* do processo de separação de material quer para a Montagem Linha, quer para a Montagem Especiais, que podem ser consultadas na Figura 80 e Figura 81 do Apêndice IX. Para tal, tendo em conta a grande variabilidade existente, considerou-se a situação mais complexa identificada no que ao número de componentes de grande dimensão a serem separados diz respeito, visto que este cenário representaria também outros de menor complexidade.

Já em relação aos componentes de menores dimensões, como parafusos e arruelas, determinou-se o número médio de materiais separados. A sequência de trabalho definida procura não só estar alinhada com a estratégia e *layout* proposto, mas também solucionar alguns problemas identificados, como a não abertura das OP's no SGPROD, que passa a fazer parte da sequência de trabalho. Foram também

excluídas tarefas que implicavam a saída dos operadores de separação do supermercado, como a recolha e entrega de carrinhos nas secções de montagem, passando estas atividades a serem executadas por terceiros de acordo com a estratégia definida. Este ponto será explicado mais à frente neste relatório.

Posteriormente, procedeu-se à cronometragem das várias tarefas de acordo com os critérios apresentados na Tabela 43 do Anexo V. Isto permitiu conhecer o tempo de *picking* total segundo a nova abordagem, mas também otimizar a sequência de trabalho. No aquecimento dos rolamentos, procurou-se que esta fosse uma das primeiras tarefas a realizar, de forma que durante o aquecimento do material, o operador separasse os restantes componentes, obtendo-se o maior aproveitamento do tempo possível. Tendo tudo isto em consideração, tornou-se então possível definir uma sequência de trabalho padronizada e otimizada que permita um máximo aproveitamento de todos os recursos existentes.

Contudo, há que destacar que a sequência de trabalho definida e o respetivo tempo de *picking* associado não englobam as deslocações que os operadores necessitam de realizar aquando da separação de material. Este fator está diretamente relacionado quer com sequência definida, quer com o *layout* proposto. Para quantificar estas deslocações procedeu-se à realização de um diagrama de *Spaghetti*, apresentado na Figura 64, que traduz as movimentações efetuadas pelos operadores de separação de material segundo a nova estratégia. De referir que o percurso percorrido por ambos os operadores de separação será o mesmo devido ao *layout* definido, que apresenta pontos de entrada e saída estabelecidos, bem como circuitos fixos.

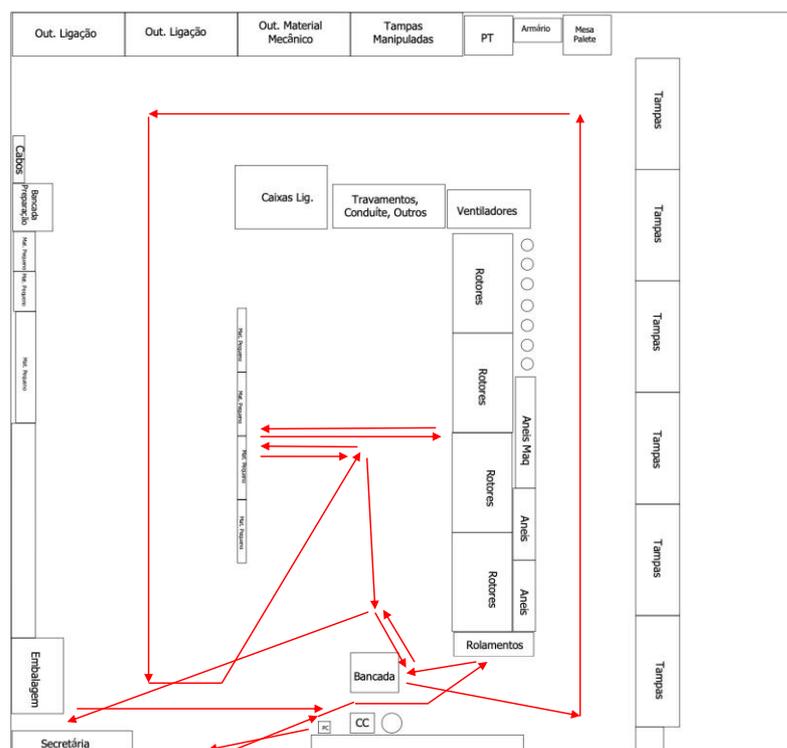


Figura 64 - Diagrama de *Spaghetti* da estratégia proposta

Desta forma, tendo em conta o *layout* e a sequência de trabalho proposta, tornou-se possível estimar as deslocações efetuadas em aproximadamente 101 metros. Considerando uma velocidade média de trabalho de 1,4 metros/segundo, obteve-se um total de 72,1 segundos despendidos em deslocações.

Assim, torna-se então possível determinar os tempos totais de *picking* para ambas as secções, que são apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 - Novos tempos totais de *picking*

	Linha de Produção	Montagem Especiais
Picking (segundos)	411,51	551,39
Picking + Tolerância Pessoal: 5% (segundos)	432,08	578,96
Deslocações (segundos)	72,14	72,14
Tempo Total de Picking (segundos)	504,22	651,10
Tempo Total de Picking (minutos)	8,40	10,85

Fazendo o mesmo exercício que foi levado a cabo no ponto 4.3.4, verifica-se que, através das alterações introduzidas, quer para a Montagem Linha (8,4 min < 9,2 min), quer para a Montagem Especiais (10,85 min < 29,57 min), o supermercado de peças passa a ter a capacidade de satisfazer o ritmo e as necessidades das secções de montagem. Contudo, há que destacar que neste tempo não está ainda incluído o *lead time* de abastecimento entre o supermercado e a secção de montagem, algo que será abordado mais à frente neste trabalho. Para sumarizar e ilustrar toda esta nova abordagem de funcionamento do supermercado foi desenvolvido um novo *Deployment Diagram* que é apresentado na Figura 82 do Apêndice X.

De forma semelhante, no segundo turno, passaria a existir apenas um operador de separação de material, responsável por satisfazer as necessidades da secção montagem especiais, separando a totalidade dos componentes (10,85 min < 59,13 min). Já o segundo operador, antes afeto ao *picking* de materiais, ficaria responsável pela preparação dos materiais que não pudessem ser executadas no primeiro turno, bem como pelo abastecimento de rotores ao supermercado. Estes materiais apenas podem ser reabastecidos neste turno devido a limitações relacionadas com a utilização da ponte móvel.

5.2.2.3 Maquinagem e pintura de componentes

A maquinagem e a pintura de componentes são as tarefas de preparação de material mais complexas, necessitando de uma análise atenta e individualizada. Por um lado, considerando uma situação extrema, por exemplo, uma tampa que necessite de ser pintada e maquinada para, depois, se proceder à instalação de PT's no supermercado, é fundamental que exista uma coordenação entre os vários processos. Como referido no ponto 4.3.8, eram frequentes os atrasos na manipulação destes materiais, não sendo respeitadas as prioridades dos mesmos.

Para colmatar este problema, foi definido um conjunto de regras, geridas através de um sistema de cores, que busca gerir o fluxo de informação e materiais entre os diferentes processos. Assim, no momento em que o operador de reposição separa estes materiais no supermercado para os enviar para as secções de manipulação, o mesmo passa a atribuir ao material uma de três fitas identificadoras coloridas, ilustradas na Figura 65, que transmite o nível de prioridade do mesmo tendo em conta as operações que o componente necessita de sofrer.



Figura 65 - Fitas identificadores de prioridade

Para a atribuição das referidas fitas, o operador deverá ter em conta os critérios apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 - Níveis de prioridade

Combinação	Pintura	Maquinagem	Preparação no Supermercado	Nível de Prioridade
1	X			1
2		X		1
3	X	X		2
4	X		X	2
5		X	X	2
6	X	X	X	3

1	Sem Prioridade
2	Prioridade Intermédia
3	Prioridade Máxima

Assim, usando novamente o caso mais extremo como exemplo, este material seria identificado com uma fita de cor vermelha, informando as secções de pintura e maquinagem que deve ser dada prioridade máxima ao mesmo, permitindo que, no segundo turno, possam ser realizadas as restantes preparações, bem como o aprovisionamento do material na estante.

Por outro lado, no que respeita aos materiais que necessitam de ser maquinados ou pintados, foi ainda identificado um problema relacionado com o armazenamento dos mesmos. Estes materiais, depois de manipulados, mantêm o seu código de material original. Assim, tendo em conta o endereçamento proposto, caso existissem vários componentes com um mesmo código, o sistema não seria capaz de distinguir os mesmos, podendo devolver uma localização errada.

Numa primeira abordagem foi proposta a criação de códigos de materiais novos para os componentes que sofressem operações de maquinagem e pintura. Contudo, através do *feedback* obtido, percebeu-se que esta solução apresentaria uma imensa complexidade tendo em conta o grande número de materiais existentes e as conseqüentes milhares de combinações possíveis.

Desta forma, foi proposta uma outra solução que passaria pela criação de uma zona de materiais manipulados no supermercado, sem endereçamento definido, onde estes materiais passariam a ser armazenados depois de transformados. Assim, no momento do *picking*, o operador de separação, ao verificar que se tratava de uma OP com pintura/maquinagem, deslocava-se a esta zona para recolher os materiais manipulados, cuja localização na lista de *picking* surge vazia.

Esta abordagem apresenta a desvantagem de implicar que o operador de separação identifique o componente pretendido entre todos os materiais manipulados. Contudo, a reduzida dimensão deste espaço permite uma fácil identificação dos componentes. Além disso, a reduzida complexidade desta solução permite uma fácil e rápida implementação da mesma.

5.2.3 Novo carrinho de picking

No seguimento da nova abordagem de funcionamento do supermercado, bem como da sinalização da inadequabilidade dos carrinhos existentes, descrita no ponto 4.3.10, procedeu-se ao desenvolvimento de uma proposta de reestruturação dos mesmos. Por um lado, os mesmos deveriam ter a capacidade de transportar todos os componentes, eliminando os atuais carrinhos de ligação. Por outro lado, era desejável que os mesmos possibilitassem um correto aprovisionamento de todos os materiais, promovendo uma gestão visual que facilitasse a identificação dos mesmos por parte dos operadores das secções de montagem. Assim, procedeu-se ao desenvolvimento do carrinho apresentado na Figura 66.

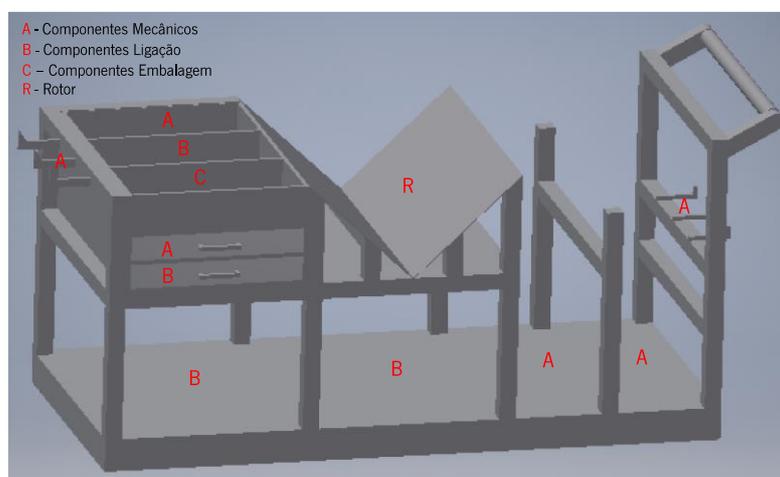


Figura 66 - Proposta de novo carrinho de *picking*

Como é constatável, para além de possuir zonas destinadas aos diferentes componentes, categorizando-os em mecânicos, elétricos e de embalagem, foram também desenvolvidas gavetas com tabuleiros organizadores, apresentados na Figura 67, que permitiriam aos operadores de montagem encontrar e recolher facilmente os componentes pretendidos.

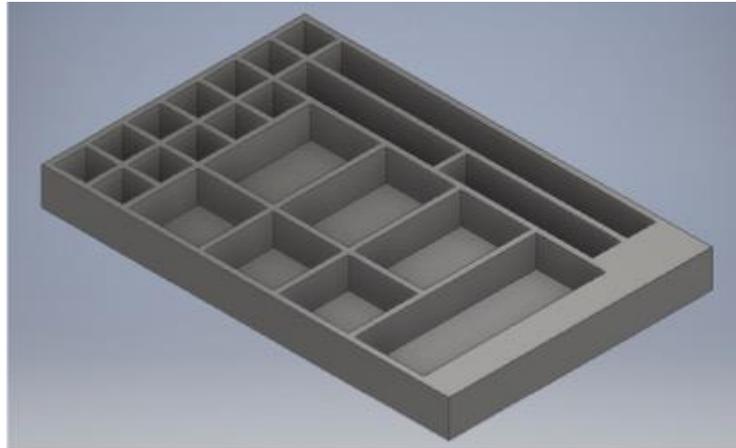


Figura 67 - Proposta de tabuleiro organizador

Este carrinho foi projetado de forma a permitir um reaproveitamento dos equipamentos existentes, reduzindo os custos associados a esta transformação. Este resulta da combinação de dois dos carros atuais que, através da adoção de uma estratégia JIT e de uma consequente redução do *stock* destes equipamentos, deixariam de ser necessários num número tão elevado.

5.2.4 Proposta de abastecimento de materiais Kanban

A inexistência de um método de trabalho adequado no que respeita ao abastecimento e manipulação dos materiais *Kanban* foi também um dos problemas sinalizados e que necessitavam de uma intervenção eficaz. Neste sentido, procedeu-se ao desenvolvimento de instruções de trabalho, apresentadas na Tabela 37 do Apêndice XI, que buscavam solucionar os problemas identificados.

Relativamente ao incumprimento da quantidade a abastecer por caixa quando se tratava de grandes quantidades de materiais, foi introduzida a utilização de uma balança contadora de peças, já existente na organização, mas que não era utilizada. Este equipamento permitia, de uma forma simples e rápida, contabilizar com precisão uma grande quantidade de componentes, independentemente da sua dimensão. Além disso, a instrução de trabalho desenvolvida alertaria também o operador para a necessidade de ser realizada uma correta gestão do sistema de dupla caixa no que aos materiais externos diz respeito. Para tal, o documento criado inclui exemplos visuais que traduzem o modo como este sistema deve ser gerido, bem como alguns cuidados a ter em consideração.

Por último, fruto do endereçamento realizado, foi também concebida uma lista com as localizações de cada um dos materiais *Kanban*. Possuindo estes materiais uma posição fixa, tornou-se possível produzir este documento que facilita a tarefa do operador *Kanban* em encontrar os vários materiais que necessita de reabastecer. Este documento é apresentado na Tabela 38 do Apêndice XII.

5.3 Introdução de um *mizusumashi* para o processo de abastecimento de materiais

No seguimento da estratégia de *picking* delineada, revelava-se necessária a reformulação do modo como os vários componentes eram abastecidos às secções de montagem. Por forma a solucionar as carências e desperdícios identificados, considerou-se vantajosa a introdução de um *mizusumashi*. A implementação de um comboio logístico para a realização do abastecimento dos carrinhos de *kits* visava absorver as deslocações associadas a este processo. Este desperdício encontrava-se afeto aos operadores de *picking*, que necessitavam de se deslocar para entregar e recolher os vários carrinhos, gerando elevados tempos de separação e uma consequente incapacidade em satisfazer as necessidades das secções de montagem segundo um paradigma JIT.

Além disso, a introdução deste elemento permitia uma normalização do processo de abastecimento, através da definição de uma rota fixa que o *mizusumashi* passaria a percorrer a cada ciclo de abastecimento. Assim, tornava-se possível quantificar de forma precisa a duração de cada um destes ciclos, bem como alcançar uma normalização deste desperdício. Ao longo desta secção será descrito o *modus operandi* deste elemento, bem como de alguns pontos que asseguravam o correto funcionamento do mesmo. De referir ainda que para a descrição do funcionamento deste elemento foi usado como referência o primeiro turno.

5.3.1 Definição de tarefas e rota de abastecimento

Como referido, o comboio logístico proposto visava suportar o transporte dos carrinhos entre o supermercado de componentes e as duas secções de montagem. Assim, considerando-se a situação mais complexa verificada e tendo em conta o fluxo produtivo, bem como o *layout* existente, foi proposta a seguinte sequência de funcionamento do comboio logístico.

1. Recolha e entrega do carrinho completo da Montagem Linha;
2. Recolha do carrinho completo da Montagem Especiais;
3. Recolha do carrinho vazio no final da Montagem Linha;
4. Recolha do carrinho vazio no final da Montagem Especiais;
5. Entrega do carrinho completo na Montagem Especiais;

6. Entrega carrinho da Montagem Linha no supermercado;
7. Entregar carrinho da Montagem Especiais no supermercado.

Para uma melhor compreensão do ciclo de abastecimento proposto foi elaborado um diagrama de *Spaghetti*, apresentado na Figura 68, onde é ilustrada a rota descrita.

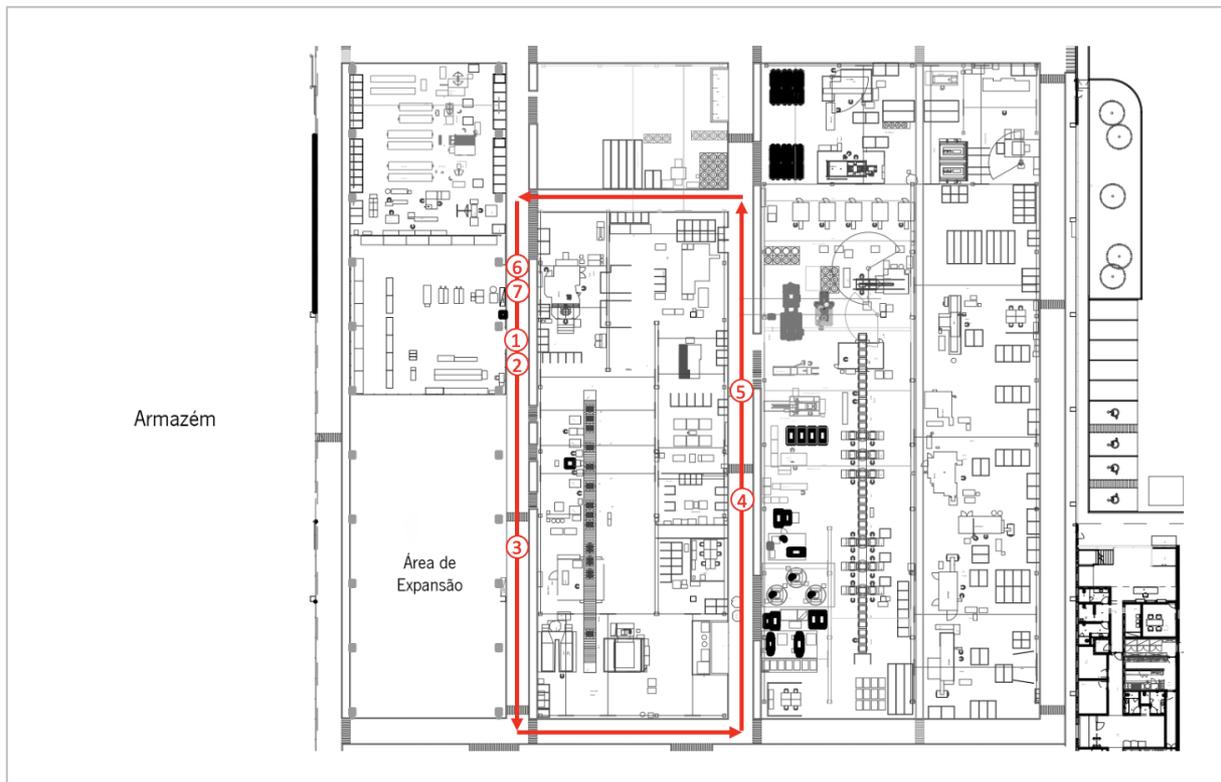


Figura 68 - Rota proposta para o comboio logístico

Consequentemente, tornou-se então possível estimar quer a duração de cada uma das atividades que compõem esta rota, quer o tempo despendido em deslocações de acordo com a distância percorrida. Neste sentido, procedeu-se à elaboração de uma *Standard Work Combination Sheet*, presente na Figura 83 do Apêndice XIII, onde podem ser consultadas as durações de cada uma das tarefas mencionadas. Através da consulta da mesma torna-se possível concluir que a duração total do ciclo do comboio logístico perfaz 6,65 min.

Tornou-se também necessário realizar uma análise cuidada que permitisse concluir qual o evento que deveria despoletar o início do ciclo do *mizusumashi* após a sinalização da necessidade de abastecimento. Tendo em consideração os tempos de ciclo muito distintos das duas secções de montagem (9,2 min e 29,57 min), percebeu-se que a Montagem Linha representava a secção crítica no que ao abastecimento diz respeito.

Assim, definiu-se que o ciclo de abastecimento do *mizusumashi*, iniciado no supermercado com a recolha do carrinho de *kit* completo, seria despoletado pela necessidade de abastecimento desta secção. Isto é,

sempre que existisse um carrinho *kit* destinado à Montagem Linha pronto a ser enviado para esta secção, o *mizusumashi* iniciaria o seu ciclo de abastecimento, independentemente da secção de montagem homóloga. Caso o carrinho destinado à Montagem Especiais se encontrasse igualmente pronto, este seria também transportado, caso contrário o ciclo iniciar-se-ia com apenas um carrinho.

Desta forma, torna-se possível a determinação do *lead time* total de preparação de um *kit* para cada uma das secções de montagem, isto é, o período de tempo entre o momento em que é criada a necessidade de preparação de um *kit* e o momento em que o seu abastecimento é concluído. Assim, começando pela Montagem Linha, este período temporal é estimado em 8,65 min, resultando da soma do tempo de preparação de um *kit* (8,4 min) com o tempo de transporte (0,25 min).

Já em relação à secção Montagem Especiais, verifica-se uma incerteza associada ao tempo de transporte, resultante da regra estabelecida para os ciclos do *mizusumashi*. Após a conclusão da preparação deste *kit*, o mesmo terá de aguardar pela existência de um carrinho da Montagem Linha, por forma a ver iniciado o ciclo *mizusumashi*. Assim, considerando o pior cenário, isto é, o ciclo ter-se iniciado imediatamente antes da conclusão da preparação deste *kit*, o *lead time* total pode ser estimado em 22,99 min. Este valor foi obtido através da soma de vários fatores, nomeadamente o tempo de preparação de um *kit* especial (10,85 min), o tempo necessário para existir outra necessidade da Montagem Linha (0,8 min), o tempo de preparação de um *kit* da linha (8,4 min) e o tempo de transporte (2,94 min).

O comboio logístico proposto destina-se apenas ao primeiro turno já que no segundo apenas existe necessidade de abastecimento da secção Montagem Especiais. Além disso, dada a grande diferença entre o tempo de separação (10,85 min) e o tempo de ciclo desta secção montagem especiais (59,13 min), existe uma grande margem de tempo que permite ao operador de separação transportar ele mesmo o *kit* completo para secção de montagem. Assim, no segundo turno, considerando os 100 metros que compõem o percurso que o operador em questão necessita de percorrer adicionalmente, torna-se possível estimar o *lead time* total de abastecimento em 12,04 min.

Por último, tornou-se então possível estimar a taxa de ocupação do comboio logístico. Considerando o número de ciclos que necessitam de ser levados a cabo, bem como a respetiva duração de cada um, a taxa de ocupação deste recurso foi estimada em 49%.

5.3.2 Controlo e frequência de abastecimento

Como mencionado, era esperado que o funcionamento quer do supermercado, quer deste comboio logístico se baseasse nas necessidades das secções de montagem. Isto permitiria, por um lado, garantir um fluxo baseado num paradigma JIT, que impedisse a rotura de material e a consequente paragem das secções de montagem, mas também, por outro lado, uma minimização das deslocações e *stocks* que representam puros desperdícios.

Neste sentido, procurou-se dimensionar um sistema que viesse substituir a política de produção empurrada verificada, promovendo uma redução de *stocks*. Assim, procedeu-se ao dimensionamento de um sistema de abastecimento baseado no conceito de dupla caixa, mas com algumas alterações. Neste sistema, assente numa política de produção *pull*, existiriam um conjunto de conjunto de espaços marcados no solo do bordo de linha de cada uma das secções de montagem, que limitariam o número de carrinhos de *kits* prontos. Apenas a saída, isto é, o consumo de um destes carrinhos, daria autorização ao supermercado para a produção de um outro *kit* e do seu transporte para a respetiva secção de montagem. Abaixo, na Figura 69 é demonstrado o modelo de gestão de inventário proposto.

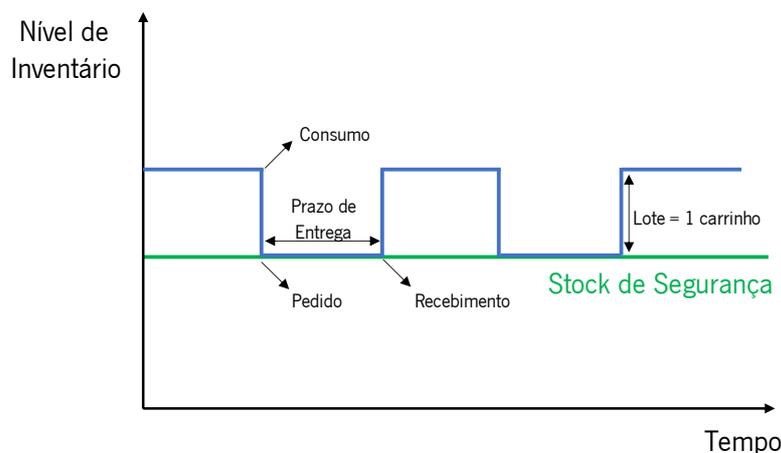


Figura 69 - Modelo de gestão de inventário

Para definir a quantidade de *stock* de carrinhos que deveriam existir junto a cada uma das secções de montagem, são vários os aspetos que devem ser considerados. Como é perceptível pela figura apresentada, para além da necessidade de consumo exigida pela secção de montagem durante o período de reabastecimento, revela-se crucial assegurar a existência de um *stock* de segurança de carrinhos que seja capaz de absorver variações quer na procura, quer no *lead time* de abastecimento. Com isto em mente, e considerando um tamanho de lote de abastecimento igual a 1, representativo de um carrinho, procurou-se determinar a quantidade de segurança necessária e adequada.

Começando pela Montagem Linha, tendo em conta o *lead time* teórico padrão e constante determinado de 8,65 min, procedeu-se à análise da procura existente, dada pelos tempos de ciclos dos vários motores produzidos nesta secção. Através da análise dos mesmos percebeu-se que, apesar do tempo de ciclo médio ser de 9,2 min, existiam duas famílias de motores, de classe A, sinalizadas na Tabela 15, que possuem tempos de montagem inferiores ao *lead time*.

Tabela 15 - Famílias de motores com tempos de montagem inferiores ao *lead time*

Família	Tempo de Ciclo (min)	Classe
W22;CARCACA 315;Cabo curto	9,52	A
W22;CARCACA 280;Cabo curto	9,5	A
W22;CARCACA 225;Cabo curto	7,66	A
W22;CARCACA 250;Cabo curto	7,89	A
W40;CARCACA 280;Cabo curto	13	B
Smoke;CARCACA 225;Cabo curto	13	B
Smoke;CARCACA 250;Cabo Comprido	13	B
Smoke;CARCACA 225;Cabo Comprido	13	B
W22;CARCACA 250;Cabo Comprido	13	B
Smoke;CARCACA 250;Cabo curto	13	B
W2B;CARCACA 225;Cabo curto	13	C
Smoke;CARCACA 280;Cabo curto	13	C
W22;CARCACA 225;Cabo Comprido	13	C
Smoke;CARCACA 280;Cabo Comprido	13	C
W2B;CARCACA 250;Cabo curto	13	C
W22;CARCACA 315;Cabo Comprido	13	C
W22;CARCACA ;Cabo curto	13	C
W22;CARCACA 280;Cabo Comprido	13	C
Smoke;CARCACA 315;Cabo Comprido	13	C

Tal facto merecia um especial cuidado de análise pois caso fossem sequenciados vários motores destas famílias consecutivamente, o supermercado não teria capacidade de satisfazer a procura existente da Montagem Linha. Assim, foram simulados e avaliados vários cenários quer no que respeita ao número de espaços no bordo de linha, quer em relação à forma como os motores das várias famílias eram sequenciados. Através dos resultados obtidos nas várias simulações percebeu-se que a melhor solução passaria pela existência de três espaços com carrinhos em bordo de linha.

Adicionalmente, para combater a dificuldade encontrada, definiu-se uma regra de sequenciamento que deveria ser tida em conta na realização do mesmo. Por cada motor das duas famílias sinalizadas que seja sequenciado, deverão suceder-lhe dois motores das restantes famílias, compensando o baixo tempo de ciclo do primeiro. Na Tabela 39 do Apêndice XIV é apresentada a simulação realizada para o cenário descrito, tendo em conta as quantidades médias diárias produzidas de cada família de motor. Através dos resultados obtidos, é possível perceber que este cenário possibilita a existência permanente de pelo menos um *kit* em bordo de linha, o qual poderá fazer face a potenciais flutuações nas quantidades diárias a produzir de cada tipologia de motor.

Adicionalmente, foi ainda considerada uma posição extra em bordo de linha que diz respeito ao abastecimento dos motores que, antes de entrarem na linha de montagem, iriam passar pela pré-montagem. A consideração desta posição extra revelava-se necessária no sentido de impedir a invalidade

da proposta descrita anteriormente. Num cenário extremo, a linha de montagem e a pré-montagem poderiam consumir simultaneamente um carrinho, conduzindo a situações de rotura perante o *stock* de segurança definido. Desta forma, considerando uma posição extra, será garantida uma proteção relativamente a este duplo consumo, procedendo-se ao restabelecimento do estado nominal no momento em que o motor da pré-montagem passar para a linha.

Já em relação à secção Montagem Especiais, repetindo-se o processo anterior, constatou-se que o *lead time* teórico máximo estimado (22,99 min) era inferior aos tempos de ciclo de todas as famílias de motores, sendo, portanto, capaz de satisfazer a procura existente. Desta forma, relativamente ao número de espaços em bordo de linha, definiu-se que este deveria ser de dois, operando o abastecimento a esta secção num sistema de dupla caixa puro.

Consequentemente, tornou-se então possível definir os vários pontos de entrada e saída de carrinhos nas várias secções mencionadas, resultando no esquema apresentado na Figura 70.

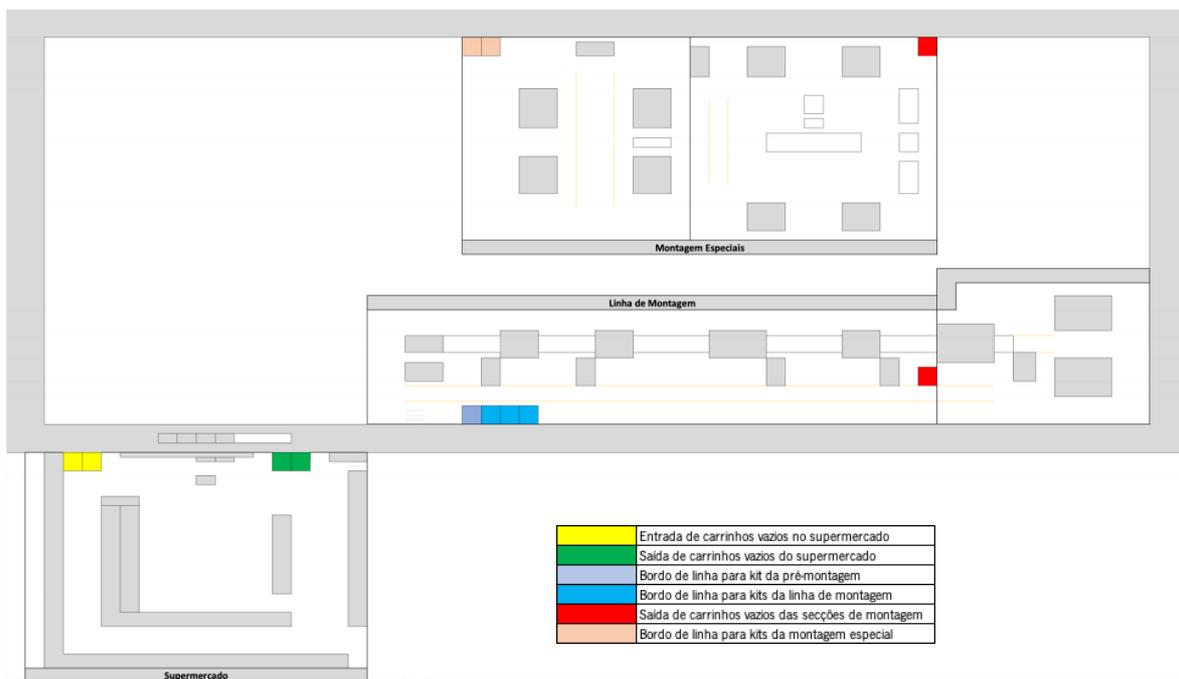


Figura 70 - Pontos de entrada e saída de carrinhos

Por último, tornou-se ainda possível determinar o número de carrinhos necessários para possibilitar o funcionamento proposto, sendo este de 18. Para tal, foram consideradas as quantidades destes equipamentos necessárias nas várias fases do ciclo de abastecimento. Os resultados obtidos podem ser consultados através da Tabela 16.

Tabela 16 - Número de carrinhos em cada fase do ciclo de abastecimento

Localização	Secção	
	Montagem Linha	Montagem Especiais
Montagem	6	4
Bordo de linha	4	2
Supermercado	1	1
Total	11	7

5.3.3 Sinalização de abastecimento

Por forma a garantir uma comunicação rápida, simples e eficaz entre os vários processos e secções no que ao abastecimento diz respeito, foi também proposta a implementação de um sistema *ANDON*. Este sistema seria composto por duas tipologias de equipamentos que se complementariam.

Por um lado, cada um dos espaços definidos e marcados no solo ao nível do bordo de linha possuiria um sensor de presença que detetaria a existência ou ausência de um carrinho *kit*. Por outro lado, ao nível do supermercado existiria um equipamento de sinalização luminosa *ANDON* que daria autorização ao respetivo operador de separação para a preparação de um *kit* e, posteriormente, do seu transporte para a secção de montagem por parte do comboio logístico.

Assim, sempre que uma das secções de montagem consumisse um carrinho *kit*, o sensor presente nesse espaço detetaria a ausência do mesmo, ativando o sinal luminoso ao nível do supermercado, despoletando o processo de separação de material.

Este sistema possibilita, desta forma, a apresentação constante do estado das secções de montagem, uma transferência de informação imediata e eficaz, bem como uma redução dos tempos de espera. Na Figura 71 é ilustrado o funcionamento do sistema descrito.

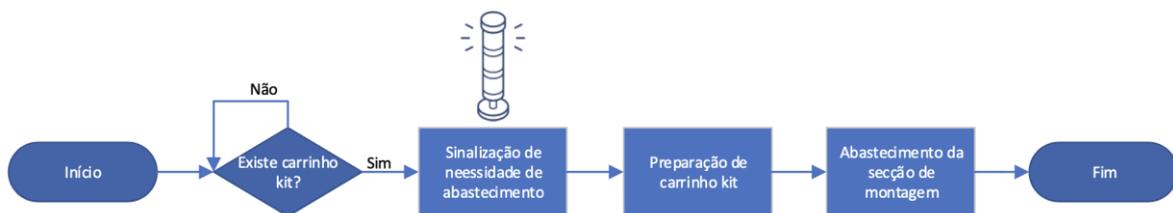
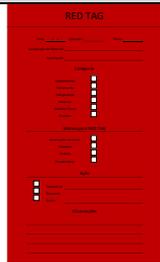


Figura 71 - Funcionamento do sistema *ANDON* proposto

5.4 Aplicação de 5S às bancadas de trabalho

De forma a combater os problemas identificados ao nível das bancadas de trabalho, considerou-se pertinente a aplicação da ferramenta 5S. Com recurso a esta metodologia simplista, mas poderosa, procedeu-se então à elaboração de um plano de ação, apresentado na Tabela 17, onde são descritos os vários passos que devem ser seguidos e respetivas ações.

Tabela 17 - Proposta de aplicação de 5S às bancadas de trabalho

S's	Ação de melhoria proposta	Figuras ilustrativas										
Separar (<i>Seiri</i>)	<p>Proceder à identificação e eliminação de todos os materiais não necessários para a realização das tarefas afetas a cada bancada de trabalho. Eliminação do excesso de resíduos verificado. Substituição da placa da bancada de trabalho que se encontrava bastante danificada.</p> <p>Para auxiliar este passo, sugeriu-se a aplicação da <i>Red-Tag Strategy</i>, que possibilita uma sinalização dos materiais que constituem desperdícios. Esta ferramenta pode ser consultada na Figura 84 do Apêndice XV.</p>											
Organizar (<i>Seiton</i>)	<p>Após a eliminação de tudo aquilo que representa um desperdício, deverá ser iniciada a organização dos materiais que permanecerão no posto de trabalho de uma forma simples e intuitiva.</p> <p>Para tal, sugere-se a utilização de caixas de tamanho padrão e a sua identificação com o respetivo material/componente.</p> <p>As caixas mencionadas e a respetiva etiqueta identificadora podem ser consultadas na Figura 85 do Apêndice XV.</p>											
Limpar (<i>Seiso</i>)	<p>Posteriormente, segue-se a limpeza, inspeção e manutenção do espaço de trabalho e dos seus equipamentos.</p> <p>É crucial que seja conferida formação aos operadores no que respeita à limpeza e inspeção, visto que estes são elementos fundamentais para a promoção de uma manutenção preventiva e de um ambiente de trabalho <i>lean</i>.</p>											
Padronizar (<i>Seiketsu</i>)	<p>De seguida, deve-se proceder à normalização das ações introduzidas e das tarefas mencionadas nos passos anteriores, por forma a evitar o retrocesso para a situação anteriormente verificada.</p> <p>Para tal, foi elaborada uma norma, presente na Tabela 40 do Apêndice XV, que auxilia o operador no cumprimento das tarefas mencionadas e que necessitam de ser levadas a cabo.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Norma de procedimento 5S</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Após a utilização de um material, proceder à sua arrumação no respetivo local de armazenamento.</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Eliminar potenciais resíduos resultantes da execução de tarefas.</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Limpar os materiais e equipamentos produzidos após a sua utilização.</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Uma vez por semana, proceder à inspeção dos equipamentos e à limpeza geral do posto de trabalho.</td> </tr> </tbody> </table>	Norma de procedimento 5S		1	Após a utilização de um material, proceder à sua arrumação no respetivo local de armazenamento.	2	Eliminar potenciais resíduos resultantes da execução de tarefas.	3	Limpar os materiais e equipamentos produzidos após a sua utilização.	4	Uma vez por semana, proceder à inspeção dos equipamentos e à limpeza geral do posto de trabalho.
Norma de procedimento 5S												
1	Após a utilização de um material, proceder à sua arrumação no respetivo local de armazenamento.											
2	Eliminar potenciais resíduos resultantes da execução de tarefas.											
3	Limpar os materiais e equipamentos produzidos após a sua utilização.											
4	Uma vez por semana, proceder à inspeção dos equipamentos e à limpeza geral do posto de trabalho.											
Disciplinar (<i>Shitsuke</i>)	<p>Por último, a disciplina busca motivar o operador para a manutenção dos 5S introduzidos ao longo do tempo. Para tal, é fundamental que seja concedida a devida formação aos operadores, por forma a que os mesmos compreendam as vantagens e ganhos das ações introduzidas.</p> <p>Por último, espera-se ainda que o responsável pelo supermercado realize, de forma frequente, pequenas auditorias 5S a este espaço, recorrendo à <i>Checklist</i> apresentada na Figura 86 do Apêndice XV.</p>											

5.5 Uniformização do processo de manipulação dos rolamentos

A manipulação dos rolamentos por parte dos operadores do supermercado foi outro dos pontos sinalizados como problemáticos. Relativamente ao desconhecimento da temperatura à qual cada tipologia de rolamento devia ser sujeita, começou-se por recolher os dados relativos a todos os rolamentos manipulados ao longo dos últimos seis meses, as respetivas características, bem como a expressão que possibilita o cálculo da dilatação térmica de um material, que é apresentada de seguida.

$$s = \alpha \times L \times \Delta T$$

- s = dilatação necessária;
- α = coeficiente de dilatação (aço: $12 \times 10^{-6} (^{\circ}C^{-1})$);

- L = Comprimento inicial do eixo;
- ΔT = Variação da temperatura.

Assim, numa primeira etapa, considerando as tolerâncias quer do rolamento, quer do veio onde este seria introduzido, determinou-se a dilatação necessária. A este valor foi adicionado um fator de segurança de 20% que visa absorver perdas de calor associadas ao processo de montagem. Este fator de segurança teórico foi estimado a partir de discussões com os responsáveis da organização, devendo ser alvo de uma avaliação prática no âmbito de um projeto futuro que o confirme.

Posteriormente, tornou-se então possível a determinação das temperaturas a que cada tipologia de rolamento deve ser sujeita, tendo-se elaborado uma norma com os mesmos, que é apresentada na Figura 87 do Apêndice XVI. Desta forma, aquando do aquecimento deste material, o operador, através da temperatura atual do rolamento, poderá verificar se o mesmo possui a dilatação necessária para ser instalado no veio, impedindo que o mesmo fique preso.

Adicionalmente, também a aplicação de massas especiais nos rolamentos foi sinalizada como uma tarefa ineficiente. Para solucionar este problema foi proposta a aquisição de uma ferramenta aplicadora de massa recarregável, ilustrada na Figura 72, que possibilita uma aplicação simples, rápida e eficaz.



Figura 72 - Ferramenta de aplicação de massa especial proposta

5.6 Proposta de nova bancada destinada à manipulação de materiais

Para solucionar o problema identificado no ponto 4.3.12 relacionado com a adoção de posturas inadequadas por parte do operador na realização de algumas tarefas de preparação de material, procedeu-se ao desenvolvimento de uma estrutura para o efeito.

No desenvolvimento da mesma procurou-se garantir que esta se revelava flexível, sendo capaz de albergar uma grande variedade de materiais, independentemente das suas características, mas também mostrar-se adequada às diferentes tarefas e às necessidades dos operadores.

Assim, para o dimensionamento da mesma realizou-se uma análise antropométrica, considerando-se as medidas corporais relevantes que permitiam otimizar a interação homem-espaco de trabalho. Para tal,

foram usados os dados antropométricos da população laboral inglesa adulta (Gomes da Costa & Arezes, 2005), apresentados na Tabela 44 do Anexo VI.

A medida corporal relevante para o dimensionamento de uma bancada de trabalho fixa é a altura do cotovelo (Gomes da Costa & Arezes, 2005). Neste sentido, considerando que os operadores do supermercado são do sexo masculino, foram recolhidos quer o Percentil 5, quer o Percentil 95 masculino, que indicavam, respetivamente, a altura máxima e mínima que a estrutura devia possuir (1005 mm; 1180 mm).

Contudo, existem alguns aspetos que devem ser considerados. Por um lado, para facilitar a tarefa do operador, definiu-se que esta bancada de trabalho deveria permitir que o operador colocasse a palete com material diretamente sobre a mesma, reduzindo as manipulações de cargas. Assim, percebeu-se que a altura da palete, 140 mm, era também uma dimensão relevante do dimensionamento desta bancada. Por outro lado, foi ainda considerada uma correção de 25 mm relacionada com a espessura do calçado.

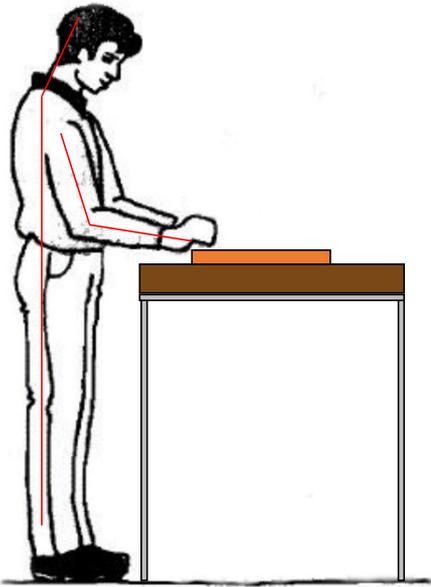
Desta forma, obtiveram-se os valores limitantes $VL(95) = 1015$ mm e $VL(5) = 840$ mm, definindo-se que a altura da bancada deveria possuir um valor médio entre estes dois, isto é, aproximadamente 930 mm. Desta forma, tornou-se possível o desenvolvimento da estrutura em questão, apresentada na Figura 73.



Figura 73 - Proposta de bancada de trabalho destinada à manipulação de materiais

Consequentemente, procedeu-se à realização de uma nova avaliação ergonómica através do método REBA, que é apresentada de seguida na Tabela 18.

Tabela 18 - Avaliação REBA da nova postura do operador

Operador	Grupo	Pontuação	
	A	Pescoço	2
		Tronco	1
		Pernas	1
		Postura	1
		Força	1
		Pontuação	2
	B	Braço	2
		Antebraço	1
		Pulso	1
		Postura	1
		<i>Coupling</i>	0
		Pontuação	1
	Grupo A + B		1
	Atividade		0
Pontuação Final REBA		1	

A nova análise culminou na obtenção de um nível REBA de 1, que, segundo a Tabela 42 do Anexo III, corresponde ao menor nível de risco, validando a proposta realizada.

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Ao longo do presente capítulo são enunciados os resultados que se esperam obter através da implementação das propostas de melhoria descritas. Sempre que possível, procurou-se transformar os ganhos alcançados em resultados monetários.

6.1 Capacidade do supermercado em satisfazer as secções de montagem

Como referido no ponto 4.3.4, o motivo da existência de um dia de quebra entre a separação de material e a montagem prendia-se com a incapacidade do supermercado em satisfazer as necessidades das secções de montagem. Através da implementação das ações de melhoria sugeridas, tornar-se-ia possível inverter esta situação, passando a separação a ser realizada no mesmo dia que a montagem do mesmo, de acordo com as necessidades destas secções. Na Tabela 19 é apresentada uma comparação entre a situação verificada e a proposta.

Tabela 19 - Comparação entre o *lead time* da estratégia proposta e o tempo de ciclo das secções de montagem

	Linha de Montagem	Montagem Especiais
Tempo de ciclo (min)	9,2	29,57
Lead Time do supermercado verificado (min)	14,31	22,62
Lead Time do supermercado proposto (min)	8,4	10,85
Lead Time de abastecimento (min)	8,65	22,99

Através dos resultados obtidos é constatável que foi possível alcançar uma redução no *lead time* de preparação de material de 41,3% e 52%, respetivamente. Como mencionado, estes valores não incluem o tempo associado ao transporte dos kits para as secções de montagem que, quando considerados, geram *lead times* de abastecimento totais de 8,65 min e 22,99 min, respetivamente, para a montagem linha e montagem especiais. Estes tempos demonstram a existência de capacidade por parte do supermercado e do sistema de abastecimento desenvolvido em satisfazer as necessidades das secções de montagem ($8,65 \text{ min} < 9,2 \text{ min}$ e $22,99 \text{ min} < 29,57 \text{ min}$) segundo um paradigma JIT.

Além disso, para além de em ambos os casos se ter considerado a situação mais complexa em termos de separação de material, em relação à montagem especiais, tomou-se também em consideração o pior cenário no que ao *lead time* de abastecimento do *mizusumashi* diz respeito. Já em relação ao segundo turno, verificou-se igualmente a existência de capacidade por parte do supermercado ($12,04 \text{ min} < 59,13 \text{ min}$).

Na sequência desta nova abordagem, como referido, todas as preparações de material passariam a ser efetuadas no dia anterior à sua necessidade, permitindo que os materiais estejam prontos a serem separados no momento da sua necessidade. Tal é conseguido quer pela redefinição das

responsabilidades dos vários operadores, quer pelo sistema de prioridades introduzido que permite garantir uma melhor gestão e controlo dos materiais a preparar. Na Figura 74 é apresentada uma comparação entre a situação verificada e a proposta, quanto ao *timing* em que são realizadas as várias tarefas.

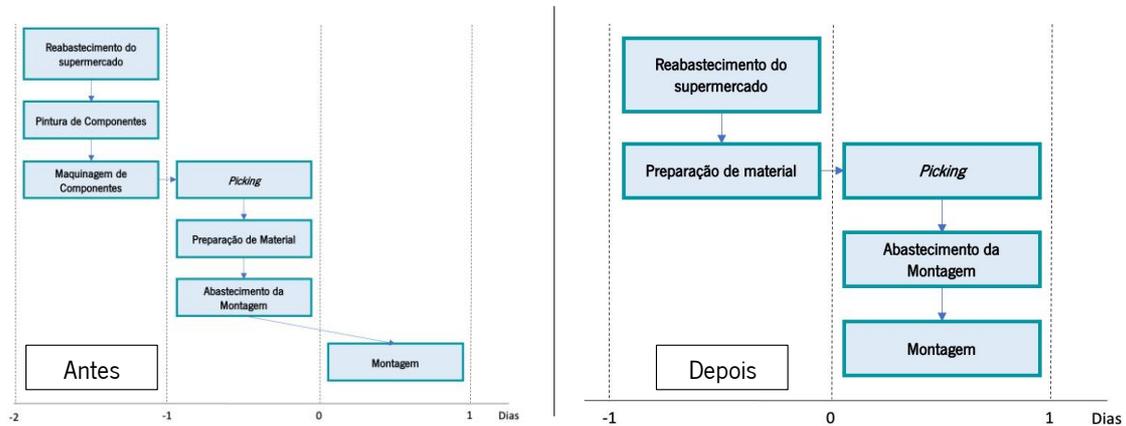


Figura 74 - Comparação entre o *lead time* do processo de abastecimento verificado e proposto

Torna-se então possível perceber que, através da nova estratégia, é possível alcançar uma redução do *lead time* do processo de abastecimento de três para dois dias. Este revela-se um resultado importante na medida em que a redução do *lead time*, como referido, era um dos principais objetivos da organização. Apesar de em ambos os cenários um material ficar armazenado no supermercado durante dois dias, na estratégia proposta, estes deixariam de ficar um outro em chão de fábrica. Tal tornou-se possível graças ao desenvolvimento de uma estratégia assente num paradigma JIT que procura assegurar um abastecimento de acordo com as necessidades das secções de montagem.

6.2 Redução do stock de carrinhos kits armazenados em chão de fábrica

Com recurso à nova abordagem de abastecimento, baseada num paradigma JIT, tornava-se possível reduzir aquele que era um dos problemas e desperdícios mais impactantes, nomeadamente a quantidade de stock de carrinhos em chão de fábrica. Seguindo o mesmo raciocínio efetuado aquando da análise da situação atual, segundo a nova abordagem, torna-se possível identificar um máximo de seis carrinhos kits armazenados em chão de fábrica ao nível do bordo de linha. A partir daqui, tendo em conta as dimensões dos novos carrinhos, tornou-se possível quantificar os ganhos ao nível do menor espaço ocupado pelos mesmos, quer em termos dimensionais, quer de valor económico. Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 20.

Tabela 20 - Ganhos ao nível da redução de carrinhos armazenados em chão de fábrica

	Situação Verificada	Abordagem proposta	Ganhos (%)
Nº de carrinhos (un)	40	6	85,00%
Área ocupada (m ²)	133	9	93,23%
Valor área ocupada (€, considerando 800€/m ²)	106400	7200	93,23%

Para além de se limitar o número de kits prontos, nesta nova estratégia, ao invés de existirem áreas de grandes dimensões dedicadas ao armazenamento de kits, passam a existir espaços bem definidos, marcados no solo, onde devem ser abastecidos os carrinhos. Desta forma, para além de se reduzir o número destes equipamentos, torna-se também possível otimizar o espaço em bordo de linha, obtendo um melhor aproveitamento do mesmo. Para a obtenção destes resultados contribuiu também a transformação dos carrinhos de *picking*, ação que possibilitou a eliminação dos carrinhos de ligação, passando todos os componentes a serem abastecidos num mesmo equipamento.

A introdução desta nova estratégia permitiu ainda solucionar outro problema, nomeadamente o número de carrinhos de *picking* insuficientes para satisfazer a política do dia de quebra adotada pela organização. Como constatável, foi então possível alcançar uma redução de 85% no número de carrinhos de kits completos armazenados em chão de fábrica, o que se reflete numa diminuição de 93,23% do espaço ocupado pelos mesmos. Já os ganhos obtidos no que ao valor do espaço dizem respeito traduzem-se em 99200€. Além disso, torna-se possível assegurar um espaço livre que poderá, no futuro, ser usado pela organização no seguimento do seu percurso de crescimento sustentado. Por este motivo, torna-se praticamente impossível quantificar de forma precisa a totalidade dos ganhos gerados por esta proposta.

6.3 Redução de atividades que não acrescentavam valor

Com recurso às várias ações de melhoria introduzidas foram várias as tarefas que não acrescentavam qualquer valor ao produto que foram reduzidas ou eliminadas. Ao longo deste capítulo serão descritas as reduções e ganhos alcançados a este respeito. A eliminação/redução destas atividades revelou-se fundamental no sentido de tornar o processo de *picking* capaz de satisfazer as secções de montagem. De referir que todos os ganhos mencionados ao longo deste ponto dizem respeito ao valor monetário que a WEG deixaria de suportar em atividades sem qualquer valor acrescentado.

6.3.1 Eliminação da atividade de consulta e procura dos componentes na lista de picking

A consulta e procura dos componentes na lista de *picking* que necessitavam de ser separados era, sem dúvida, uma das atividades mais representativas do processo de separação de material, correspondendo a cerca 15,48% do tempo de *picking*. Para quantificar monetariamente este desperdício, começou-se por

recolher o custo médio hora por operador em Portugal, tendo-se obtido uma quantia de 16€/h-H (eurostat, 2022). A necessidade da utilização deste valor surgiu no seguimento de questões de confidencialidade por parte da WEG. Posteriormente, considerando os vários operadores de *picking*, bem como o número de separações de material realizadas diariamente pelos mesmos, determinou-se o custo que esta atividade apresentava na organização. Os resultados são apresentados na Tabela 21.

Tabela 21 - Poupança gerada pela otimização das listas de *picking*

	Linha de Montagem	Montagem Especiais	Custo médio hora	Consulta da lista de picking
Picking Operador Mecânico (min)	14,31	22,62	16,00 €	15%
Picking Operador Ligação (min)	6,55	10,28		
Custo Operador Mecânico/ano (€)	5 230,80 €	4 961,03 €		
Custo Operador Ligação/ano (€)	2 394,25 €	2 254,62 €		
Total			14 840,70 €	

Com recurso às novas listas de *picking*, esta atividade é praticamente eliminada, visto que este documento passa a apresentar apenas os materiais que necessitam de ser separados, bem como uma organização por tipologia de material. Neste sentido, o operador passa apenas a necessitar de olhar para a lista, podendo fazê-lo inclusive enquanto se movimenta, pelo que esta atividade pode ser considerada desprezável.

Desta forma, gera-se uma poupança anual de 14840,70€ que representava o custo correspondente ao tempo anual despendido pelos operadores de *picking* nesta tarefa.

6.3.2 Eliminação das atividades de procura de materiais no supermercado

A procura dos vários componentes a serem separados no supermercado foi outro dos principais problemas identificados. Este estava intimamente relacionado com o incorreto armazenamento dos componentes, quer em estruturas desadequadas, quer no chão do supermercado. Para tal, foram desenvolvidas um conjunto de soluções complementares que buscavam eliminar este problema impactante. Para além da proposta de novas estruturas de armazenamento adequadas a cada tipologia de material, foram ainda definidos os materiais *Kanban*, bem como proposto um novo *layout* que promovia a realização do FIFO por parte dos operadores do supermercado.

Adicionalmente, como complemento a estas ações, foi ainda realizado o endereçamento de todo o supermercado que, com recurso à introdução simultânea de coletores de *picking*, permitiria o aparecimento das localizações de cada material no supermercado.

Para quantificar monetariamente o ganho em causa foi repetido o processo do passo anterior, que pode ser consultado na Tabela 22.

Tabela 22 - Poupança gerada pela eliminação das atividades de procura de componentes

	Linha de Montagem	Montagem Especiais	Custo médio hora	Procura de componentes
Picking Operador Mecânico (min)	14,31	22,62	16,00 €	7,28%
Picking Operador Ligação (min)	6,55	10,28		
Custo Operador Mecânico/ano (€)	2 459,96 €	2 333,10 €		
Custo Operador Ligação/ano (€)	1 125,98 €	1 060,31 €		
Total			6 979,35 €	

Através dos resultados obtidos, torna-se perceptível que a organização despendia anualmente 6979,35€ em tarefas de procura de componentes no supermercado. Através das ações de melhoria introduzidas este corresponderia ao valor que anualmente seria poupado pela WEG.

6.3.3 Redução das deslocações dos operadores de separação

Através da análise Multimomento realizada percebeu-se que as deslocações efetuadas pelos operadores de separação de material eram o desperdício mais representativo do processo de *picking* e um dos principais obstáculos à adoção de um abastecimento assente num paradigma JIT. Estes resultavam quer do transporte dos materiais entre as várias secções, quer de uma falta de padronização no processo de separação de material. Assim, procedeu-se à introdução de melhorias como a reestruturação do *layout*, a redefinição das tarefas destes operadores ou a introdução de um *mizusumashi* que visavam solucionar este problema.

Para avaliar os ganhos das medidas introduzidas, começou-se por quantificar monetariamente a situação verificada. A avaliação realizada pode ser consultada na Tabela 23.

Tabela 23 - Gastos anuais em deslocações dos operadores de separação na situação verificada

	Linha de Montagem	Montagem Especiais	Custo médio hora	Deslocações
Picking Operador Mecânico (min)	14,31	22,62	16,00 €	30,25%
Picking Operador Ligação (min)	6,55	10,28		
Custo Operador Mecânico/ano (€)	10 221,68 €	9 694,52 €		
Custo Operador Ligação/ano (€)	4 678,69 €	4 405,82 €		
Total			29 000,72 €	

*Nota: Soma das observações obtidas de deslocações e manobrar empilhadores

Já na situação proposta, considerando que a cada *picking*, o operador de separação percorre 101 metros, totalizando 72,1 segundos, tornou-se possível a construção da Tabela 24.

Tabela 24 - Gastos anuais em deslocações dos operadores de separação na situação proposta

	Linha de Montagem	Montagem Especiais	Custo médio hora
Picking Operador - 1º turno (min)	8,40	10,85	16,00 €
Picking Operador - 2º turno (min)	-	12,04	
Média de Deslocações (%)*	14,31%	17,45%	
Custo Operador/ano (€)	2 837,54 €	2 682,36 €	
Total			5 519,89 €

*Nota: Soma das observações obtidas de deslocações e manobrar empilhadores

Através dos resultados obtidos torna-se possível concluir que o cenário proposto possibilita uma poupança de 23480,83€ anualmente no que aos custos dos operadores de separação diz respeito.

Na realidade, parte desta poupança não será efetiva visto que os custos de deslocação passarão a ficar associados ao *mizusumashi* e ao operador de reposição devido ao transporte dos vários kits e materiais entre as várias secções. Contudo, esta realocação revela-se fundamental na perspectiva de os operadores de separação serem capazes de satisfazer as necessidades das secções de montagem, passando os mesmos a ficarem responsáveis apenas por aquilo que deles se espera, proceder ao *picking* dos materiais no supermercado. Já estes custos passariam a ficar alocados a recursos cuja natureza existencial passa pela execução destas atividades sem valor acrescentado.

6.4 Armazenamento adequado dos materiais no supermercado

O desenvolvimento de estruturas adequadas quer às quantidades, quer às características dos vários materiais existentes diariamente no supermercado revelou-se crucial. Por um lado, isto permitiu que todos os componentes fossem aprovionados adequadamente, seja em caixas com dimensões apropriadas, seja em estruturas otimizadas às suas características, como é o caso das tampas, eliminando-se armazenamentos de materiais no chão ou soltos em estantes. Além disso, esta reestruturação é também uma base fundamental da estratégia definida, permitindo um acesso fácil e eficiente do operador aos vários componentes.

Como resultado desta análise foram definidas 1089 posições de armazenamento, em contraste com as 1670 verificadas na situação inicial. Isto traduz uma redução de 34,8% no número de posições existentes. Desta forma, para além de serem eliminadas posições de armazenamento excedentárias que se encontravam permanentemente vazias, no dimensionamento das novas, foram tidas em conta as várias características dos materiais, tais como exigências dimensionais. Esta redução de espaços e localizações excedentárias permitiu também a passagem do armazenamento dos rotores para o supermercado, possibilitando quer uma redução das movimentações associadas à separação dos mesmos, quer uma melhor organização destes.

A partir deste ponto, tornou-se então possível o endereçamento de todo o supermercado. Como referido, esta solução permite a realização do mapeamento total deste espaço e dos materiais aí existentes, conhecendo-se permanentemente a quantidade de materiais existente, bem como os locais onde estes se encontram armazenados.

6.5 Redução das falhas de material ao nível do supermercado

As falhas de material foram também um problema sinalizado e para o qual foram desenvolvidas propostas de melhoria. Como referido, eram vários os motivos que geravam este tipo de rotura e, por este motivo, revelava-se necessário um leque de soluções que atacasse as várias vertentes do problema.

Por um lado, a nova estratégia de *picking* permitia solucionar as causas relacionadas com a falta de sincronização entre os operadores. Por outro lado, a restrição da entrada de pessoas no supermercado, aliada à introdução do endereçamento e de coletores de *picking*, para além de informar o operador acerca da localização de um material, permitia um controlo constante e permanente do stock existente no supermercado, conhecendo-se as necessidades efetivas. Por último, também o sistema de prioridades proposto permitia solucionar as dificuldades existentes ao nível dos materiais manipulados, combatendo os seus atrasos.

Assim, tendo em consideração as várias causas de falhas de material verificadas e respetivas percentagens, elaborou-se a Tabela 25.

Tabela 25 - Ocorrências das diferentes causas de falhas nos kits

Falta Separar	Quebra de Stock	Falta Pintar	Falta Maquinar
15,66%	11,57%	6,42%	4,04%

Através das ações de melhoria propostas, esperava verem-se eliminadas quer as falhas por falta de separação, quer aquelas que estão relacionadas com a manipulação de materiais, isto é, maquinagem e pintura. Já as quebras de stock, devido à sua complexidade, não se esperava que pudessem ser totalmente eliminadas pois estavam relacionadas com erros humanos, bem como com secções fora do âmbito deste projeto, como era o caso do envio de materiais errados ou em quantidades incorretas por parte do armazém. Contudo, como mencionado, propostas como a introdução de coletores de *picking*, permitiriam uma atenuação deste tipo de erros.

Assim, com recurso às melhorias propostas é esperado que o número de kits em falha reduza pelo menos em 69,3%. Contudo, para além de se esperar que este valor seja superior devido ao maior controlo de stock mencionado, é também expectável que trabalhos futuros procurem identificar as principais causas dos erros ao nível do armazém.

Considerando que os carrinhos de kits em falha ficam armazenados em chão de fábrica até que lhes sejam abastecidos os componentes em falta, bem como o custo por metro quadrado da organização, torna-se possível quantificar monetariamente os ganhos gerados pelas melhorias introduzidas. Os mesmos são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26 - Ganhos gerados com a redução de falhas nos kits

	Cenário Verificado	Cenário Proposto	Ganhos
Kits com falhas de material (%)	37,69%	11,57%	69,30%
Kits com falhas de material (un)	21,11	6,48	69,30%
Valor monetário (€)	25 327,68 €	7 775,04 €	69,30%

Desta forma, com recurso às ações de melhoria introduzidas é esperado que, diariamente, o espaço correspondente a 17552,64€ do valor da organização deixe de estar ocupado com kits com falhas de material. Contudo, este ganho poderá revelar-se consideravelmente superior tendo em conta outras consequências da ocorrência de atrasos nos motores. O não cumprimento dos prazos estabelecidos com os clientes poderá conduzir à cedência de descontos ou até ao cancelamento de encomendas, incorrendo em perdas para a WEG. No entanto, não se tornou possível a quantificação dos ganhos gerados a este nível.

6.6 Promoção de uma melhor gestão visual nos carrinhos de picking

A transformação proposta para os carrinhos de *picking* consistiu numa ação de melhoria que visava não só suportar a estratégia definida, passando a existir um único carrinho de transporte de material para a montagem, mas também solucionar alguns dos problemas encontrados.

Com recurso à reestruturação dos carrinhos, os mesmos passariam a ser capazes de transportar a totalidade dos materiais. Além disso, procurou-se também que os mesmos passassem a promover uma gestão visual, existindo zonas de armazenamento bem definidas para cada tipologia de material. Esta proposta é ainda mais evidente no que aos componentes de pequenas dimensões diz respeito, tendo-se desenvolvido tabuleiros organizadores adequados aos vários materiais. Na Figura 75 é apresentada uma comparação entre aquilo que era a situação verificada e a nova proposta.

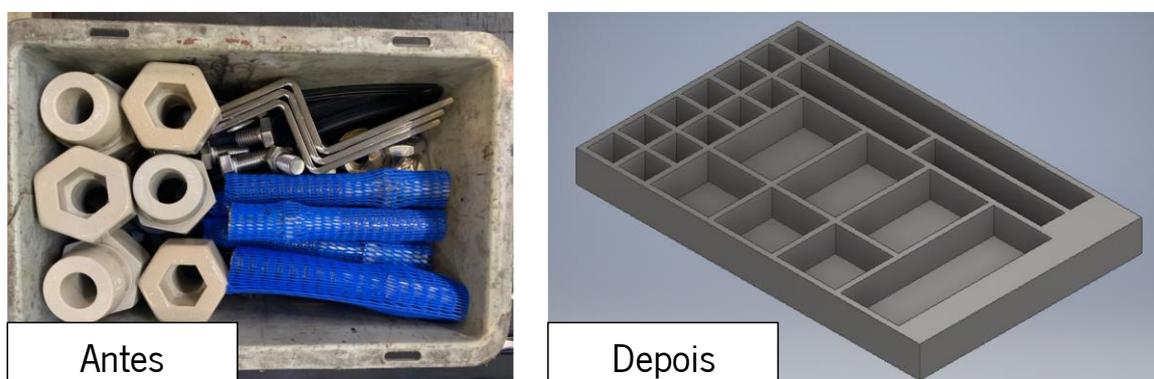


Figura 75 - Comparação entre as caixas dos carrinhos na situação verificada e proposta

Com recurso à organização proposta, o operador de montagem ao abrir a gaveta existente no carrinho, passaria a encontrar todos os componentes arrumados em secções distintas, permitindo uma fácil

identificação e recolha do pretendido. Desta forma, o mesmo não necessitará de mover qualquer outro material, seja para encontrar ou recolher o componente pretendido.

Com recurso a esta proposta, estima-se que o tempo de separação máximo passe para aproximadamente 10 segundos, possibilitando uma redução deste parâmetro de 67%. Tendo em conta a grande variabilidade associada a este tempo, quer devido à complexidade dos motores, quer ao posto em questão, não se tornou possível a quantificação monetária dos ganhos gerados por esta proposta. Contudo, tendo em conta o grande número de motores montados diariamente, a grande quantidade de materiais que necessitam de ser recolhidos e os vários operadores associados a este processo, estima-se que os ganhos gerados por esta ação de melhoria sejam significativos.

6.7 Redução de falhas de material no abastecimento Kanban

Através da introdução de um método de trabalho adequado no processo de abastecimento dos materiais *Kanban*, tornar-se-ia também possível solucionar outro problema que conduzia quer à rotura do stock de materiais, quer à impossibilidade da existência de um controlo do stock adequado.

A introdução da utilização de uma balança contadora de peças permitiria ao operador *Kanban* abastecer de uma forma rápida, simples e precisa a quantidade exata por caixa que é pretendida. Desta forma, impedem-se falhas de material quer no supermercado, quer ao nível das secções de montagem.

Por outro lado, em relação aos materiais abastecidos externamente, a sinalização e formação dos operadores para a forma como estes materiais devem ser geridos nas estantes permite também um melhor controlo do stock, evitando falhas ou stocks excessivos de componentes.

Adicionalmente, o desenvolvimento de uma lista com a localização dos vários materiais *Kanban* permitiria ao operador identificar de uma forma rápida e simples a posição onde deverá recolher cada um dos componentes.

Tais ações conduzirão a ganhos evidentes para a organização. Um controlo adequado do stock de cada material, bem como o cumprimento das quantidades por caixa estabelecidas permitirão evitar excessos nas quantidades armazenadas dos mesmos, bem como evitar possíveis roturas destes, as quais poderão culminar no interromper do fluxo produtivo e em avultados prejuízos monetários.

6.8 Melhoria da organização dos postos de trabalho

A aplicação da ferramenta 5S às bancadas de trabalho buscava solucionar a desorganização e falta de condições de trabalho adequadas verificada. Com recurso às ferramentas propostas e normas desenvolvidas, espera-se que seja realizada uma limpeza e organização dos postos sinalizados. Além disso, a formação dos operadores e a implementação das *checklists* desenvolvidas permitirão o desenvolvimento de uma cultura *lean*, levando a uma adoção das ações e políticas propostas no longo prazo.

A existência de um espaço limpo, organizado e adequado é crucial quer no que respeita à eliminação de desperdícios, os quais limitam por vezes a realização de um trabalho adequado por parte dos operadores, quer em relação à motivação e produtividade dos mesmos. Tendo à sua disposição um ambiente de trabalho adequado, esperava-se que os operadores pudessem desempenhar as suas tarefas de uma forma mais eficiente e produtiva.

6.9 Diminuição do número de defeitos e melhoria do método de trabalho

Através da implementação da norma de aquecimento dos rolamentos desenvolvida, torna-se possível reduzir o número de defeitos gerados pelo incorreto manuseamento deste material. Com recurso a este documento, que deve ser disponibilizado no posto de trabalho em questão, o operador poderia consultar qual a temperatura mínima à qual o rolamento deverá ser sujeito para apresentar a dilatação necessária para se proceder à sua instalação. Desta forma, estar-se-á a promover uma redução muito significativa do risco de ocorrência deste tipo de erros e defeitos.

Devido à falta de dados relativos quer ao histórico de ocorrência deste tipo de defeitos, quer ao custo associado ao mesmo, não se tornou possível a quantificação dos ganhos resultantes das ações propostas. Além disso, tendo em conta a irregularidade da ocorrência destes erros, não foi também possível a recolha de dados representativos por parte do investigador que permitissem levar a cabo uma análise deste tipo.

Contudo, considerando todos os custos associados a este tipo de erro, nomeadamente, custos de retrabalho, de possíveis danos de materiais, de stocks intermédios de kits em falha ou de rotura no abastecimento às secções de montagem, torna-se mais do que evidente que as ações de melhoria propostas conduzirão a ganhos por parte da WEG.

Por outro lado, também a ferramenta de aplicação de massa especial trará importantes ganhos e melhorias. A utilização da mesma permitirá a realização desta tarefa de uma forma muito mais rápida, eficiente e limpa, reduzindo-se desperdícios.

6.10 Redução do risco de ocorrência de lesões músculo-esqueléticas

Para combater o elevado risco de ocorrência de lesões músculo-esqueléticas resultante da adoção de posturas inadequadas na realização de tarefas de preparação de material, procedeu-se ao desenvolvimento de uma estrutura de apoio tendo em conta fatores antropométricos.

A solução proposta tem o potencial de apresentar um grande impacto na redução do risco associado a estas tarefas. Para quantificar quer o risco associado ao cenário verificado, quer o impacto da proposta desenvolvida, recorreu-se à aplicação da metodologia REBA que traduziu uma redução do nível de risco de 11 para 1, isto é, de 90,9%.

Esta é uma solução que permitirá à organização reduzir os seus gastos no que ao pagamento de indemnizações por lesões diz respeito. Adicionalmente, acima de tudo, esta estará a criar condições de trabalho adequadas e seguras, promovendo o bem-estar dos seus operadores que, naturalmente, se refletirá num aumento do bem-estar e produtividade dos mesmos.

7. CONCLUSÃO

Ao longo deste último capítulo começa-se por traçar algumas considerações gerais acerca do trabalho realizado, realçando-se se foi possível atingir os objetivos traçados. Numa última etapa destacam-se ainda alguns pontos de trabalho futuro que devem ser discutidos e alvo de investigação pois visam complementar o trabalho realizado e melhorar o funcionamento da organização.

7.1 Considerações finais

O principal objetivo da presente dissertação passava pelo dimensionamento de um sistema de abastecimento às secções de montagem eficiente e que fosse capaz de lidar com a grande quantidade e variabilidade de componentes associada ao produto comercializado pela WEG. Concluído o projeto, torna-se mais do que evidente que a aplicação dos conceitos e princípios *Lean Thinking* e *Lean Logistics* possuem um papel importante e verdadeiramente transformador no seio das organizações, tornando-as mais *lean*, eficientes, competitivas, flexíveis e resilientes.

Este projeto revelou-se muito desafiante na medida em que, para além de exigir uma análise e integração de várias áreas e setores produtivos, os materiais que necessitam de ser abastecidos às secções de montagem possuem características invulgares, necessitando, por isso, de soluções ajustadas que se revelem eficazes e flexíveis.

Neste sentido, antes de se proceder ao desenvolvimento de qualquer solução, revelou-se crucial a realização de uma caracterização e análise da situação existente, que permitisse compreender vários processos e respetivas necessidades, o fluxo de materiais, pessoas e informação, bem como diagnosticar possíveis problemas que afetassem o desempenho atual e que condicionassem a introdução de novas estratégias e melhorias.

Assim, após a compreensão dos vários processos e do modo como estes se relacionavam, tendo em consideração a grande variabilidade associada ao produto da WEG, tornou-se necessária a constituição de famílias de acordo com as suas características que afetavam o tempo de ciclo de montagem. Esta abordagem, aliada a uma análise ABC, permitiu uma análise mais concisa, que incidisse sobre os motores mais representativos e que, portanto, mais impactavam o funcionamento da organização. A partir daqui tornou-se possível conhecer as necessidades reais das secções de montagem que deviam ser satisfeitas por forma a garantir um fluxo produtivo interrupto.

Concluída esta análise inicial e definida uma base sólida e fundamentada como ponto de partida, procedeu-se à segunda fase de análise, isto é, à identificação e estudo dos problemas existentes. Assim, os problemas identificados foram: a incapacidade do supermercado em satisfazer as necessidades e ritmo das secções de montagem, o excesso de carrinhos kits em stock, bem como a consequente falta de carrinhos kits para proceder à realização da separação de material. Através da análise realizada, constataram-se que existiam, em média, 40 kits armazenados em chão de fábrica que ocupavam um espaço avaliado em 106400€.

Além destes problemas, verificaram-se também um conjunto de desperdícios associados ao processo de *picking*, nomeadamente o excesso de deslocações, a consulta e procura dos componentes na lista de separação de material e a procura dos componentes no supermercado, os quais correspondiam, respetivamente a 25,88%, 4,37% e 7,28% do tempo de *picking*. Por último, foram também identificados problemas relacionados com as frequentes falhas de materiais no kits, com a inexistência de um método de trabalho, com os desperdícios associados ao carrinho de *picking* existente, com a desorganização das bancadas de trabalho e com a adoção de posturas perigosas.

Perante todos os problemas identificados, exigia-se o desenvolvimento de soluções eficazes que eliminassem ou, pelo menos, reduzissem o impacto dos mesmos. Contudo, para o dimensionamento de um sistema de abastecimento adequado e se verem atingidos todos os objetivos traçados, revelava-se crucial que todas as ações de melhoria estivessem alinhadas e suportassem a estratégia definida e que se pretendia implementar.

O primeiro foco passou pela reorganização global do supermercado, a qual se dividiu em duas fases. Primeiramente, procedeu-se ao desenvolvimento de novas estruturas de armazenamento para os rotores, tampas, caixas de ligação, materiais de pequenas dimensões e cabos. Estas estruturas visavam solucionar um conjunto de problemas, tais como o armazenamento inadequado de materiais ou as elevadas deslocações dos operadores. Para desenvolver estas estruturas foi necessária uma análise cuidada de todos os materiais existentes no supermercado diariamente, com o objetivo de as mesmas se revelarem adequadas às suas necessidades.

A segunda fase desta proposta passou pela reestruturação do *layout* do supermercado. Com recurso a um *layout* em “U” e à consideração de alguns aspetos sinalizados, tornou-se possível desenvolver um *layout* que promovesse a padronização e redução de movimentos, com pontos de entrada e saída fixos, bem como a promoção do FIFO.

Contudo, por si só, a reestruturação física do supermercado de peças revelava-se insuficiente, exigindo-se ações de melhoria complementares noutras dimensões. Assim, procedeu-se também à redefinição do processo de *picking* e do funcionamento geral do supermercado. Aqui, começou-se por reestruturar o modo como o *picking* era realizado, propondo-se um conjunto de melhorias, nomeadamente a introdução de novas listas de *picking*, o endereçamento do supermercado, bem como a incorporação de coletores. Estas propostas visavam solucionar os desperdícios identificados quer ao nível das listas de separação de material, quer da dificuldade em encontrar os componentes.

Adicionalmente, foi desenvolvida uma nova proposta de funcionamento do supermercado, que procurava garantir que todos os materiais se encontravam prontos a serem separados no dia da sua necessidade. Para tal, foi necessária uma redefinição das tarefas dos vários operadores, o desenvolvimento de novos carrinhos, tornando-os mais visuais, bem como a introdução de mecanismos de controlo dos materiais a serem manipulados.

Com recurso às alterações propostas tornar-se-ia possível alcançar uma redução significativa dos desperdícios inerentes ao processo de *picking*. Relativamente às deslocações dos operadores, verificou-se que seria alcançada uma redução de 80,97% dos custos associados a este desperdício no que ao processo de separação de material diz respeito. Tornar-se-ia também possível a eliminação da atividade de consulta e procura de materiais na lista de *picking*, que correspondia a cerca de 15% do tempo de separação.

Além disso, as ações de melhoria propostas permitiram também ao operador passar a conhecer a localização de todos os componentes, deixando de se verificar o desperdício associado à procura dos mesmos, o qual correspondia a 7,28% do tempo de separação. Desta forma, seria possível alcançar um ganho anual de 45300,88€, no que aos desperdícios associados aos operadores de separação de material diz respeito.

Consequentemente, através da implementação desta nova estratégia seria possível alcançar uma redução do tempo de separação de 41,3% e 52% para cada uma das secções de montagem.

No entanto, faltava responder à questão central deste trabalho, isto é, o modo como os vários materiais seriam abastecidos às secções de montagem. Assim, foi proposta a introdução de um comboio logístico que seria responsável pelo transporte e recolha dos carrinhos entre supermercado e montagem. Para tal, tornou-se necessária a definição dos mecanismos de controlo e gestão de todo este sistema: supermercado-*mizusumashi*-montagem. Perante todo o cenário proposto, tornou-se possível estimar os *lead times* de abastecimento quer para a Montagem Linha, quer para a Montagem Especiais, sendo

estes, respetivamente, 8,65 min e 22,99 min e, por isso, capazes de satisfazer as necessidades e ritmos exigidos por estas secções.

Esta nova estratégia permitiria uma redução do *lead time* total do processo de abastecimento de três para dois dias, eliminando-se o dia de quebra e passando a separação de material a ser realizada no mesmo dia que a montagem segundo um paradigma JIT, ponto que era o principal objetivo do presente trabalho. Para tal, todos os materiais seriam preparados no dia anterior, estando prontos a serem enviados para a montagem no momento da sua necessidade. Segundo este novo modelo seria possível solucionar um dos principais problemas identificados, nomeadamente a quantidade de carrinhos armazenados em chão de fábrica. A quantidade destes passaria a ser limitada pelo sistema e espaços definidos em bordo de linha, estimando-se uma redução global de 93,23% do valor da organização ocupado por estes equipamentos.

Foram também propostas melhorias ao nível das bancadas de trabalho que se verificam inadequadas devido à sua desorganização e mau estado de conservação. Desta forma, procedeu-se à proposta de implementação da metodologia 5S que visava organizar estes espaços, conferindo condições de trabalho adequadas aos operadores que promoveriam a sua produtividade e bem-estar.

O método de trabalho dos operadores foi também alvo de ações de melhoria, nomeadamente ao nível do abastecimento de materiais *Kanban* e da manipulação dos rolamentos. Estes eram pontos problemáticos na medida em que geravam, respetivamente, faltas de materiais e defeitos, incorrendo em prejuízos para a organização. Neste sentido, foram elaboradas instruções de trabalho e normas de manipulação que pretendiam indicar o *modus operandi* a ser seguido, solucionando as situações deficitárias identificadas.

Por último, a adoção de posturas inadequadas na manipulação de materiais foi também um ponto sinalizado como problemático, merecendo a introdução de melhorias. Assim, foi proposto o desenvolvimento de uma bancada de trabalho para o efeito, tendo em conta dados antropométricos. Isto possibilitaria o dimensionamento de um espaço adequado quer às características dos materiais, quer da tarefa a ser executada, sem que fosse colocada em causa a saúde e bem-estar dos operadores. Para avaliar quer a situação atual, quer a validade da estrutura desenvolvida foi aplicada a metodologia REBA, tendo-se verificado uma redução da avaliação obtida de 90,9%.

Esta reestruturação implicaria por parte da organização um elevado investimento, estimado em 71630,80€. Contudo, para além dos ganhos alcançados através da eliminação de atividades que representavam puros desperdícios, esta nova estratégia permitiu a libertação de um espaço

organizacional avaliado em 99200€. Além disso, a possibilidade de a organização potenciar este espaço no seguimento do seu percurso de crescimento sustentado, por exemplo, através de um futuro aumento de capacidade, geraria elevados ganhos financeiros.

Terminado o projeto, torna-se possível constatar que todos os objetivos traçados foram atingidos com sucesso. Aquele que era o principal foco, o dimensionamento de um sistema de abastecimento eficiente, foi alcançado com recurso a um conjunto de propostas integradas, estruturadas e flexíveis que têm em conta as necessidades dos vários materiais, os diversos recursos existentes, bem como os objetivos da organização.

7.2 Trabalho futuro

Na sequência deste projeto foram ainda identificadas um conjunto de oportunidades de melhoria futuras, que devem ser alvo de uma análise e investigação.

Primeiramente, tendo em conta o elevado custo associado à aquisição de um comboio logístico e dada a sua relativa baixa taxa de ocupação, deverá ser avaliada a possibilidade de este recurso satisfazer também outras secções. Uma destas possibilidades passa por o *mizusumashi* passar a realizar também o abastecimento das estruturas externas do motor às secções de montagem. Desta forma, o mesmo passaria a recolher estes materiais à saída do torno WEG, transportando-os depois, juntamente com o respetivo kit de materiais, até à secção de montagem de destino. Por outro lado, também o transporte dos materiais manipulados entre as secções maquinagem/pintura e supermercado poderá ser considerado como possível parte integrante deste circuito. Contudo, a viabilidade destas propostas necessitaria de ser avaliada, quer ao nível da capacidade do comboio logístico em cumprir com os *lead times* exigidos, quer da capacidade das secções de produção da estrutura em operarem segundo um paradigma JIT.

Outro ponto de trabalho futuro deverá passar pela análise das falhas de material ao nível do armazém. Esta foi uma das causas sobre as quais não foi possível atuar dado o âmbito do projeto, a inexistência de dados e tempo disponível. Assim, deverão ser investigados os fatores geradores de erros no envio dos materiais, quer em termos de quantidades quer de tipologia.

Por último, como referido no ponto 5.5, deverá proceder-se à validação do fator de segurança estimado para a definição das temperaturas a que cada tipologia de rolamento deve ser submetida. Este fator foi estimado tendo em conta perceções dos responsáveis da organização assentes na sua experiência, devendo, por isso, ser validado na prática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adenipekun, E. O., Limère, V., & Schmid, N. A. (2022). The impact of transportation optimisation on assembly line feeding. *Omega (United Kingdom)*, 107, 102544. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2021.102544>
- Afonso, T., Alves, A. C., & Carneiro, P. (2021). Lean Thinking, Logistic and Ergonomics: Synergetic Triad to Prepare Shop Floor Work Systems to Face Pandemic Situations. *International Journal of Global Business and Competitiveness*, 16(S1), 62–76. <https://doi.org/10.1007/s42943-021-00037-5>
- Arunagiri, P., & Gnanavelbabu, A. (2014). Identification of high impact lean production tools in automobile industries using weighted average method. *Procedia Engineering*, 97(December), 2072–2080. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.450>
- Battini, D., Faccio, M., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2009). Design of the optimal feeding policy in an assembly system. *International Journal of Production Economics*, 121(1), 233–254. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.05.016>
- Baudin, M., & Bard, J. (2006). A Review of: “Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods.” *IIE Transactions*, 38(9), 797–798. <https://doi.org/10.1080/07408170600684165>
- Bortolini, M., Faccio, M., Galizia, F. G., & Gamberi, M. (2021). Push/pull parts production policy optimization in the ato environment. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/app11146570>
- Bose, T. (2012). Application of Fishbone Analysis for Evaluating Supply Chain and Business Process- A Case Study on the ST James Hospital. *International Journal of Managing Value and Supply Chains*, 3(2), 17–24. <https://doi.org/10.5121/ijmvsc.2012.3202>
- Botti, L., Mora, C., & Regattieri, A. (2017). Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line. *Computers and Industrial Engineering*, 111, 481–491. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.011>
- Brynzér, H., & Johansson, M. I. (1995). Design and performance of kitting and order picking systems. *International Journal of Production Economics*, 41(1–3), 115–125. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00083-6](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00083-6)
- Campos, C. S. da C. (2021). Projeto de armazém numa empresa de motores elétricos – o caso da WEGeuro [Universidade do Minho]. <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/70865>
- Caputo, A. C., & Pelagagge, P. M. (2011). A methodology for selecting assembly systems feeding policy. *Industrial Management & Data Systems*, 111(1), 84–112.

- <https://doi.org/10.1108/02635571111099749>
- Carvalho, J. (2004). *Logística*. Edições Silabo.
- Carvalho, J. (2017). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimento (Segunda)*. Edições Silabo.
- Cil, I., Demir, H. I., & Yaman, B. (2019). Lean Logistics in the 2020s and a Case Study About Logistics and Supply Chain Management in Toyota Boshoku Turkey (Issue December).
<https://doi.org/10.4018/978-1-7998-2173-1.ch017>
- Coimbra, E. A. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains* (p. 277). Kaizen Institute.
- Costa, L., & Arezes, P. (2016). *Introdução ao Estudo do Trabalho* (Vol. 2016). Universidade do Minho.
- CSCMP. (2013). *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT TERMS and GLOSSARY*. 222.
- Dailey, K. W. (2003). *The Lean Manufacturing Pocket Handbook*. In DWPublishing Co (Vol. 17, Issue 2, pp. 1689–1699).
<http://www.leaninstitute.in/what-is-lean/history-of-lean%25Cnhttp://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705816301709%25Cnwww%255Cnhttp://www.michailolidis.gr/pdf/KAIZEN08.pdf%25Cnwww.sciencedirect.com%255Cnhttp://dx.doi.org/10.1016/j.procir.201>
- de Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481–501.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- Dennis, P. (2007). *Lean production Simplified* (Third). CRC Press.
- Domingo, R., Alvarez, R., Peña, M. M., & Calvo, R. (2007). Materials flow improvement in a lean assembly line: A case study. *Assembly Automation*, 27(2), 141–147.
<https://doi.org/10.1108/01445150710733379>
- El-dogdog, T. M., El-assal, A. M., Abdel-aziz, I. H., & El-betar, A. A. (2016). Implementation of FMECA and Fishbone Techniques in Reliability Centred. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(11), 18801–18811.
<https://doi.org/10.15680/IJIRSET.2016.0511001>
- Emde, S., & Boysen, N. (2012). Optimally Routing and Scheduling Tow Trains for JIT-Supply of Mixed-Model Assembly Lines. *European Journal of Operational Research*, 217(2), Pages 287-299.
<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.09.013>
- eurostat. (2022). Hourly labour costs ranged from €7 to €47 in the EU.
https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220328-1?fbclid=IwAR2WwjLfE3sjSgnbhYuMfJ4eze3FMC34_7IRejSAEmi3CwxwU3-xobbfXzw

- Faria, B. (2021). Melhoria de processos produtivos numa empresa da indústria têxtil através da aplicação de ferramentas Lean Production.
- Fathi, M., & Ghobakhloo, M. (2020). Enabling mass customization and manufacturing sustainability in Industry 4.0 Context: A novel heuristic algorithm for in-plant material supply optimization. *Sustainability (Switzerland)*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/su12166669>
- Fathi, M., Syberfeldt, A., Ghobakhloo, M., & Eskandari, H. (2018). An optimization model for material supply scheduling at mixed-model assembly lines. *Procedia CIRP*, 72, 1258–1263. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.03.274>
- Ferreira, R. (2015). Melhoria do desempenho de uma secção de montagem final de uma empresa usando ferramentas Lean Production. Universidade do Minho.
- Gomes da Costa, L., & Arezes, P. (2005). *Ergonomia E Antropometria : Conceitos Básicos E Aplicação*. 27.
- Greenfield, R. (2009). Desenvolvimento de um sistema Andon para sistemas de produção Lean. 6.
- Grunert, J.-H., Khalifa, R., & Gmelin, E. (2004). Computerassistierte Segmentierung und Formanalyse von 2975 mammären Mikroverkalkungen mit Hilfe der 7fachen Vergrößerungspräparateradiographie. In *RöFo - Fortschritte auf dem Gebiet der Röntgenstrahlen und der bildgebenden Verfahren (Vol. 176, Issue 12)*. <https://doi.org/10.1055/s-2004-813651>
- Hignett, S., & McAtamney, L. (2000). Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Applied Ergonomics*, 31(2), 201–205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Hines, P., Silvi, R., & Bartolini, M. (2002). Lean Profit Potential. Lean Enterprise Research Centre, January 2002, 64.
- Imai, M. (2005). *Gemba Kaizen (Second)*. Mc Graw Hill Company.
- Ishikawa, K. (1976). *Guide to Quality Control*. Asian Productivity Organization.
- ITC. (2004). *Principles of lean thinking*. National Research Council Canada.
- Kamauff, J. (2009). *Manager's Guide to Operations Management*. McGraw-Hill.
- Kauschinger, B., & Schroeder, S. (2016). Uncertainties in Heat Loss Models of Rolling Bearings of Machine Tools. *Procedia CIRP*, 46, 107–110. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.03.168>
- Liker, J. (2003). *The Toyota Way : 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw Hill Professional.
- Liker, J. K., & Morgan, J. M. (2006). The toyota way in services: The case of lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5–20. <https://doi.org/10.5465/AMP.2006.20591002>

- Lourenço, D. (2014). Implementação de um sistema de abastecimento unidade a unidade a linhas de montagem na produção automóvel. Universidade do Minho.
- Machado, S. (2021). Análise e reestruturação de um armazém de expedição usando princípios Lean Lean Warehousing Warehousing numa empresa têxtil. Universidade do Minho.
- Maia, L. C., Alves, A. C., & Leão, C. P. (2012). Design of a lean methodology for an ergonomic and sustainable work environment in textile and garment industry. *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition, Proceedings (IMECE)*, 3(PARTS A, B, AND C), 1843–1852. <https://doi.org/10.1115/IMECE2012-89048>
- McAtamney, L., & Nigel Corlett, E. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Middlesworth, M. (2014). A Step-by-Step Guide Rapid Entire Body Assessment (REBA). *Ergonomics Plus Inc*, 31, 1–11.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. In *Toyota Production System (3a Edição)*. Institute of Industrial Engineers. <https://doi.org/10.4324/9780429273018>
- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time (4a Edição)*. CRC Press.
- Myerson, P. (2012). *Lean Supply Chain & Logistics Management*. Mc Graw Hill Company.
- Nourmohammadi, A., Eskandari, H., Fathi, M., & Ng, A. H. C. (2021). Integrated locating in-house logistics areas and transport vehicles selection problem in assembly lines. *International Journal of Production Research*, 59(2), 598–616. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1701207>
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. University of Toronto, 1–15.
- Occhipinti, E. (1998). OCRA: A concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1290–1311. <https://doi.org/10.1080/001401398186315>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. CRC Press.
- OIT. (1984). *Introdução ao Estudo do Trabalho*. Editora Portuguesa de Livros técnicos e científicos, Lda.
- Osório, A. (2021). Aplicação de princípios Lean Thinking no sistema de produção de isolantes numa

- empresa do setor energético. Universidade do Minho.
- Peralta, H. (2019). WEG: Motores elétricos com inovação nacional. *Jornal de Negócios*.
- Phumchusri, N., & Panyavai, T. (2015). Electronic kanban system for rubber seals production. *Engineering Journal*, 19(1), 38–49. <https://doi.org/10.4186/ej.2015.19.1.37>
- Pine, J. (1993). *Mass Customisation: The New Frontier in Business Competition*. Harvard Business School Press.
- Pinto, J. (2008). *Lean Thinking: Introdução ao Pensamento Magro*. Comunidade Lean Thinking.
- Porter, M. (1989). *Vantagem Competitiva*. Editora Campus.
- Press, T. (2002). *Standard Work for Shopfloor*. Productivity Press.
- Press, T. (1998). *Just-in-Time for Operators*. In *Just-in-Time for Operators*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b15234>
- Quelhas, M. (2021). *Aplicação de princípios Lean Thinking para reconfigurar um sistema produtivo de transformadores Core*. Universidade do Minho.
- Richards, G. (2018). *Warehouse Management: The Definitive Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse (3a Edição)*. Kogan Page Publishers.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda* (Lean Enterprise Institute). In *Lean Enterprise Institute Brookline* (p. !). http://www.leanenterprises.com/Library/Learning_to_See_Foreword.pdf
- Sali, M., & Sahin, E. (2016). Line feeding optimization for Just in Time assembly lines: An application to the automotive industry. In *International Journal of Production Economics* (Vol. 174). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.01.009>
- Santos, D. F. R. dos. (2019). *Melhoria do processo de abastecimento interno usando princípios Lean Thinking numa empresa de produção de cablagens*. Universidade do Minho.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research Methods for Business Students*. Pearson.
- Sharma, B., & Singh, M. (2014). Performance Tuning in Database Management System based on Analysis of Combination of Time and Cost Parameter through Neural Network Learning. *International Journal of Computer Applications*, 96(1), 32–34. <https://doi.org/10.5120/16761-6322>
- SKF. (2022). *Considerações de design*. <https://www.skf.com/pt/products/rolling-bearings/roller-bearings/carb-toroidal-roller-bearings/design-considerations>
- Snook, S. H., & Ciriello, V. M. (1991). The design of manual handling tasks: Revised tables of maximum acceptable weights and forces. *Ergonomics*, 34(9), 1197–1213.

<https://doi.org/10.1080/00140139108964855>

- Sousa, S. (2017). Projeto de transferência de instalações de armazéns – o caso da WEGEuro. Universidade do Minho.
- Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F., & Uchikawa, S. (1977). Toyota production system and kanban system materialization of just-in-time and respect-for-human system. *International Journal of Production Research*, 15(6), 553–564. <https://doi.org/10.1080/00207547708943149>
- Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An Assessment of the Scientific Merits of Action Research. *Administrative Science Quarterly*, 23(4), 582. <https://doi.org/10.2307/2392581>
- Takeda, H. (2006). *The Synchronized Production System: Going Beyond Just-in-Time through Kaizen*. Kogan Page Publishers.
- Tezel, B. A., Koskela, L. J., & Tzortzopoulos, P. (2009). The functions of visual management. *International Research Symposium*, January, 201–219. <http://usir.salford.ac.uk/10883/>
- Turner, R., Ingold, D., Lane, J. A., Madachy, R., & Anderson, D. (2012). Effectiveness of kanban approaches in systems engineering within rapid response environments. *Procedia Computer Science*, 8, 309–314. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.01.065>
- WEG. (n.d.). Negócios WEG. https://www.weg.net/institucional/PT/pt_PT/our-business
- WEG. (2022). Operações WEG. https://www.weg.net/institucional/PT/pt_PT/weg-operations
- Womack, J., & Jones, D. (1996). *Lean Thinking*. Free Press.
- Womack, J., Jones, D., & Roos, D. (2007). *The Machine that Changed the World*. Macmillan Publishing Company.
- Wronka, A. (2017). Lean Logistics. *Journal of Positive Management*, 7(2), 55. <https://doi.org/10.12775/jpm.2016.012>
- Zakaria, N. H., Mohamed, N. M. Z. N., Rahid, M. F. F. A., & Rose, A. N. M. (2016). Lean manufacturing implementation in reducing waste for electronic assembly line. *MATEC Web of Conferences*, 90(November 2020). <https://doi.org/10.1051/mateccnf/20179001048>

APÊNDICES

Apêndice I – Processo produtivo da WEG Santo Tirso

Na Figura 76 é apresentado o processo produtivo de um motor, detalhando-se todos os processos levados a cabo nas várias secções identificadas.



Figura 76 - Processo Produtivo da WEG Santo Tirso

Apêndice II – Deployment Diagram do processo de picking

Na Figura 77 é apresentado um *Deployment Diagram* do processo de *picking* verificado, identificando-se as várias tarefas executadas por cada operador.

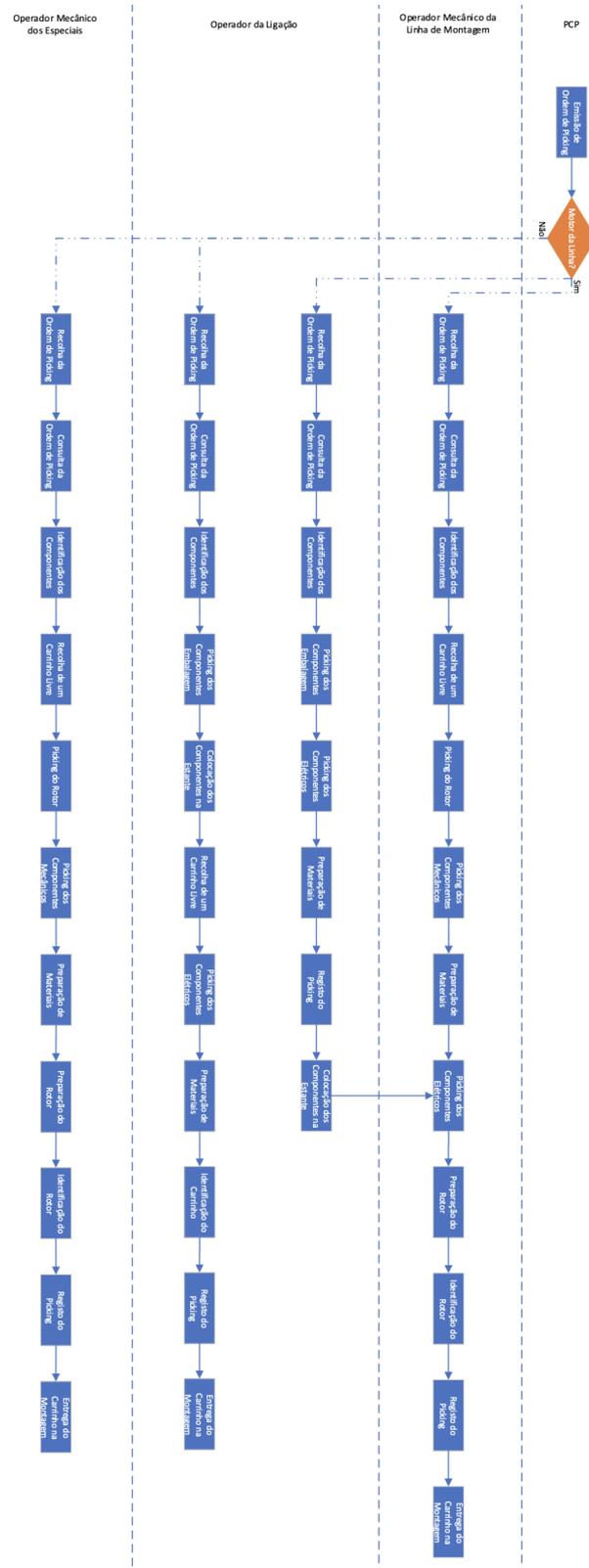


Figura 77 - *Deployment Diagram* do processo de *picking*

Apêndice III – Análise ABC das famílias de motores da Montagem Linha

Na Tabela 27 pode ser consultada a análise ABC realizada às famílias identificadas na secção Montagem Linha. Na mesma, para além da classificação atribuída a cada família pode ser observado o tempo de ciclo de cada uma, bem como a quantidade produzida da mesma ao longo do último ano.

Já na Tabela 28 é apresentado um resumo da análise realizada, verificando-se as quantidades e percentagens de motores relativos a cada classe.

Tabela 27 - Análise ABC das famílias de motores da Montagem Linha

Família	Tempo de Ciclo (min)	Quantidade Produzida	% Acumulada	%	Classe
W22;CARCACA 315;Cabo curto	9,52	2137	34,57%	34,57%	A
W22;CARCACA 280;Cabo curto	9,50	1284	55,35%	20,77%	A
W22;CARCACA 225;Cabo curto	7,66	1223	75,13%	19,79%	A
W22;CARCACA 250;Cabo curto	7,89	986	91,09%	15,95%	A
W40;CARCACA 280;Cabo curto	13,00	242	95,00%	3,92%	B
Smoke;CARCACA 225;Cabo curto	13,00	82	96,33%	1,33%	B
Smoke;CARCACA 250;Cabo Comprido	13,00	56	97,23%	0,91%	B
Smoke;CARCACA 225;Cabo Comprido	13,00	39	97,86%	0,63%	B
W22;CARCACA 250;Cabo Comprido	13,00	34	98,41%	0,55%	B
Smoke;CARCACA 250;Cabo curto	13,00	18	98,71%	0,29%	B
W2B;CARCACA 225;Cabo curto	13,00	16	98,96%	0,26%	C
Smoke;CARCACA 280;Cabo curto	13,00	14	99,19%	0,23%	C
W22;CARCACA 225;Cabo Comprido	13,00	12	99,39%	0,19%	C
Smoke;CARCACA 280;Cabo Comprido	13,00	11	99,56%	0,18%	C
W2B;CARCACA 250;Cabo curto	13,00	9	99,71%	0,15%	C
W22;CARCACA 315;Cabo Comprido	13,00	7	99,82%	0,11%	C
W22;CARCACA ;Cabo curto	13,00	5	99,90%	0,08%	C
W22;CARCACA 280;Cabo Comprido	13,00	4	99,97%	0,06%	C
Smoke;CARCACA 315;Cabo Comprido	13,00	2	100,00%	0,03%	C
Total		6181	100,00%	100%	

Tabela 28 - Tabela resumo da análise ABC das famílias de motores da Montagem Linha

Categoria	Qt. Produzida	Qt. Acum. Produzida	% Famílias
C	80	80	47,37%
B	471	551	31,58%
A	5630	6181	21,05%

Apêndice IV – Análise ABC das famílias de motores da montagem especiais

Na Tabela 29 pode ser consultada a análise ABC realizada às famílias identificadas na seção Montagem Especiais. À semelhança do caso anterior, na mesma, para além da classificação atribuída a cada família pode ser observado o tempo de ciclo de cada uma, bem como a quantidade produzida da mesma ao longo do último ano.

Já na Tabela 30, uma vez mais, é apresentado um resumo da análise realizada, verificando-se as quantidades e percentagens de motores relativos a cada classe.

Tabela 29 - Análise ABC das famílias de motores da Montagem Especiais

Famílias	Tempo de Ciclo (min)	Quantidade Produzida	% Acumulada	%	Classe
W22 355 4-11 Auxiliares Caixa W22 TOPO	50,42	384	13,72%	13,72%	A
W22X WMO 225/250 C/6 AUXILIARES	97,96	262	23,08%	9,36%	A
W22 355 2 Auxiliares Caixa W22 TOPO	35,66	249	31,98%	8,90%	A
W22 355 2 Auxiliares Caixa W22 Lateral	42,69	231	40,23%	8,25%	A
Motor de cabos compridos até 3M	32,95	176	46,52%	6,29%	A
W22X WMO 280/315/355 C/6 AUXILIARES	97,47	174	52,73%	6,22%	A
W22 280/315 4-11 Auxiliares Caixa W22 TOPO	50,42	169	58,77%	6,04%	A
W22 280/315 12-21 Auxiliares Caixa W22 TOPO	61,18	163	64,99%	5,82%	A
W40 280 2 Auxiliares 280 Caixa W22 Lateral	38,58	107	68,42%	3,82%	A
Ventilação 225	35,00	59	70,53%	2,11%	A
W22 225/250 2 Auxiliares Caixa W22 TOPO	35,66	58	72,60%	2,07%	A
W22 225/250 4-11 Auxiliares Caixa W22 TOPO	50,42	53	74,49%	1,89%	A
W40 315 2 Auxiliares 315 HGF TOPO	40,07	52	76,35%	1,86%	A
W22X WPT	223,17	48	78,06%	1,71%	B
W40 315 2 Auxiliares 315 HGF Lateral	44,51	48	79,78%	1,71%	B
W22 355 12-21 Auxiliares Caixa W22 TOPO	61,18	45	81,39%	1,61%	B
W40 280 2 Auxiliares 280 Caixa W22 TOPO	37,76	45	82,99%	1,61%	B
W22 355 22-30 Auxiliares Caixa W22 TOPO	73,16	38	84,35%	1,36%	B
W22 280/315 22-30 Auxiliares Caixa W22 TOPO	73,16	35	85,60%	1,25%	B
W40 280 2 Auxiliares 280 Caixa W22 + INTERCALAR Lateral	45,26	27	86,57%	0,96%	B
W22 225/250 12-21 Auxiliares Caixa W22 TOPO	61,18	27	87,53%	0,96%	B
W22X WMO 225/250 C/12 AUXILIARES	105,93	21	88,28%	0,75%	B
W22X WMO 280/315/355 C/12 AUXILIARES	32,95	21	89,03%	0,75%	B
W22 280/315 4-11 Auxiliares Caixa W22 Lateral	57,45	20	89,75%	0,71%	B
W22 355 12-21 Auxiliares Caixa W22 + INTERCALAR TOPO	64,59	20	90,46%	0,71%	B
W22 280/315 4-11 Auxiliares Caixa W22 + INTERCALAR TOPO	53,83	20	91,18%	0,71%	B
W22 225/250 4-11 Auxiliares Caixa W22 Lateral	57,45	19	91,85%	0,68%	B
W50	198,92	18	92,50%	0,64%	B
W22 280/315 2 Auxiliares Caixa W22 TOPO	35,66	17	93,10%	0,61%	B
W40 280 2 Auxiliares 280 Caixa W22 + INTERCALAR TOPO	54,01	17	93,71%	0,61%	B
Ventilação 280	35,00	17	94,32%	0,61%	B
Ventilação 315	35,00	15	94,86%	0,54%	B
W40 315 2 Auxiliares 315 Caixa W22 TOPO	37,76	14	95,36%	0,50%	C
W22 355 4-11 Auxiliares Caixa W22 + INTERCALAR TOPO	53,83	13	95,82%	0,46%	C
W22 355 2 Auxiliares Caixa W22 + INTERCALAR TOPO	39,07	13	96,28%	0,46%	C
W22X WMO 280/315/355 C/8 AUXILIARES	105,21	12	96,71%	0,43%	C
W22X WMO 225/250 Sem AUXILIARES	69,31	12	97,14%	0,43%	C
W40 355 2 Auxiliares 355 Caixa W22 + Intercalar + PEC Lateral	32,95	11	97,53%	0,39%	C
W40 280 2 Auxiliares 280 Caixa W22 + Intercalar + PEC TOPO	48,44	9	97,86%	0,32%	C
W40 355 4-11 Auxiliares 355 HGF Lateral	32,95	9	98,18%	0,32%	C
W22X WMO 280/315/355 C/28 AUXILIARES	121,80	5	98,36%	0,18%	C
W22 355 4-11 Auxiliares Caixa W22 Lateral	57,45	5	98,54%	0,18%	C
W22 280/315 4-11 Auxiliares Caixa W22 + Intercalar + PEC TOPO	35,00	4	98,68%	0,14%	C
W40 315 4-11 Auxiliares 315 HGF Lateral	32,95	4	98,82%	0,14%	C
W22X WMO 280/315/355 C/19 AUXILIARES	113,62	4	98,96%	0,14%	C
W40 280 2 Auxiliares 280 Caixa W22 + Intercalar + PEC Lateral	47,48	3	99,07%	0,11%	C
W22X WMO 280/315/355 C/2 AUXILIARES	32,95	3	99,18%	0,11%	C
Ventilação 355	65,00	3	99,29%	0,11%	C
W22 225/250 2 Auxiliares Caixa W22 Lateral	35,00	3	99,39%	0,11%	C
W22X WMO 225/250 C/2 AUXILIARES	87,54	2	99,46%	0,07%	C
W40 315 2 Auxiliares 315 Caixa W22 + Intercalar + PEC Lateral	37,76	2	99,54%	0,07%	C
W22X WMO 280/315/355 C/4 AUXILIARES	32,95	2	99,61%	0,07%	C
W40 355 4-11 Auxiliares 355 HGF TOPO	54,83	2	99,68%	0,07%	C
W22X WMO 280/315/355 C/14 AUXILIARES	108,17	1	99,71%	0,04%	C
W22X WMO 225/250 C/8 AUXILIARES	100,62	1	99,75%	0,04%	C
W40 355 22-30 Auxiliares 355 Caixa W22 Lateral	32,95	1	99,79%	0,04%	C
W22 225/250 4-11 Auxiliares Caixa W22 + INTERCALAR TOPO	53,83	1	99,82%	0,04%	C
Ventilação 250	35,00	1	99,86%	0,04%	C
W22X WMO 280/315/355 C/16 AUXILIARES	110,89	1	99,89%	0,04%	C
W22X WMO 280/315/355 C/22 AUXILIARES	116,34	1	99,93%	0,04%	C
W40 280 22-30 Auxiliares 280 Caixa W22 Lateral	76,08	1	99,96%	0,04%	C
W40 280 12-21 Auxiliares 280 Caixa W22 TOPO	63,28	1	100,00%	0,04%	C

Tabela 30 - Tabela resumo da análise ABC das famílias de motores da Montagem Especiais

Categoria	Qt. Produzida	Qt. Acum. Produzida	% Famílias
C	144	144	48,39%
B	518	662	30,65%
A	2137	2799	20,97%

Apêndice V – Exemplo e resultados da análise Multimomento

Na Tabela 31 é exemplificada a aplicação de uma análise Multimomento para o operador mecânico da secção Montagem Linha, podendo-se observar o número de observações recolhidas de cada uma das tarefas durante o ciclo em análise, bem como o respetivo tempo total de separação.

Tabela 31 - Exemplo de Análise Multimomento do operador mecânico da Montagem Linha

Operador Mecânico da secção Montagem Linha (1º Ciclo)								
	Descrição	Tipo de Atividade					Valor	Número de Observações
		Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem		
1	Identifica a OP a ser separada	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	1
2	Consulta e Procura pelos materiais na lista de picking	○	⇨	■	□	▽	NVAA	2
3	Desloca-se até à zona de carrinhos livres no final da linha de montagem	○	⇨	⊐	□	▽	NVAA	1
4	Recolha de um carrinho/paleta	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
5	Desloca-se até à zona de armazenamento de rotors (se aplicável)	○	⇨	⊐	□	▽	NVAA	2
6	Procura rotor indicado na lista de picking (se aplicável)	○	⇨	■	□	▽	NVAA	2
7	Picking do rotor para o carrinho com a ajuda da ponte	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	5
8	Regresso ao supermercado	○	⇨	⊐	□	▽	NVAA	2
9	Separar Tampa LA	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
10	Separar Tampa LV	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
11	Separar Tampa Defletora	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	1
12	Separar Disco	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
13	Separar Ventilador	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
14	Separar placas de fecho externas	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
15	Separar Parafusos, anéis, arruelas, entre outros e colocar dentro de uma caixa dentro do carrinho	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
16	Picking dos componentes da ligação	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	1
17	Separar rolamentos	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	2
18	Colocar massa nos rolamentos	●	⇨	⊐	□	▽	VAA	1
19	Aquecer rolamentos	○	⇨	■	□	▽	NVAA-N	1
20	Retirar proteções/etiquetas	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
21	Agrafar etiqueta à lista de picking	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
22	Pincelar veio com massa	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	1
23	Separar placas de fecho internas	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	1
24	Montar placas de fecho internas	●	⇨	⊐	□	▽	VAA	
25	Montar rolamentos	●	⇨	⊐	□	▽	VAA	1
26	Colocar Circlip	●	⇨	⊐	□	▽	VAA	1
27	Colocar papel de alumínio	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	1
28	Identificar rotor com número da OP	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	2
29	Fechar OP no SGPRO	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	2
30	Registo do picking no quadro	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	1
31	Transporte do carrinho completo para zona de armazenamento de kits	○	⇨	⊐	□	▽	NVAA	2
32	Regresso ao supermercado	○	⇨	⊐	□	▽	NVAA	
33	Deslocação até aos componentes no supermercado	○	⇨	⊐	□	▽	NVAA	7
34	Procura de materiais/Dúvidas/Procura no PC	○	⇨	■	□	▽	NVAA	2
35	Outro tipo de deslocação	○	⇨	⊐	□	▽	NVAA	1
36	Apontar falhas de material	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA	
37	Deslocações no transporte de materiais para e da pintura	○	⇨	⊐	□	▽	NVAA	
38	Manobrar empilhadores/paletes	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA	
39	Tropicalizações de componentes	●	⇨	⊐	□	▽	VAA	
40	Picking de materiais auxiliares	●	⇨	⊐	□	▽	NVAA-N	
Observações								
Família								W22;CARCACA 225;Cabo curto
Total (min)								10,55,64

Seguindo abordagem descrita, e após se recolherem todas as amostras necessárias, tornou-se possível a construção da Tabela 32, Tabela 33, Tabela 34 e Tabela 35, onde são apresentados os resultados finais da Análise Multimomento para cada um dos operadores de separação de material.

Tabela 32 - Resultados da análise Multimomento do operador mecânico da Montagem Linha

Operador Mecânico da Montagem Linha							
Descrição	Tipo de Atividade					Valor	%
	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem		
Deslocação até aos componentes no supermercado	○	➡	□	□	▽	NVAA	12,13%
Consulta e Procura pelos materiais na lista de picking	○	➡	◐	□	▽	NVAA	10,23%
Picking do rotor para o carrinho com a ajuda da ponte	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	10,09%
Procura de materiais/Dúvidas/Procura no PC	○	➡	◐	□	▽	NVAA	5,56%
Colocar massa nos rolamentos	●	➡	□	□	▽	VAA	4,82%
Manobrar empilhadores/paletes	○	➡	□	□	▽	NVAA	4,39%
Regresso ao supermercado	○	➡	□	□	▽	NVAA	3,95%
Montar rolamentos	●	➡	□	□	▽	VAA	3,51%
Desloca-se até à zona de armazenamento de rotors	○	➡	□	□	▽	NVAA	3,36%
Separar rolamentos	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	3,36%
Procura rotor indicado na lista de picking	○	➡	◐	□	▽	NVAA	3,07%
Fechar OP no SGPRO	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	2,63%
Outro tipo de deslocação	○	➡	□	□	▽	NVAA	2,63%
Colocar papel de alumínio	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	2,49%
Transporte do carrinho completo para zona de armazenamento de kits	○	➡	□	□	▽	NVAA	2,19%
Identificar rotor com número da OP	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	2,05%
Registo do picking no quadro	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	1,90%
Separar Parafusos, anéis, arruelas, entre outros e colocar dentro de uma caixa dentro do carrinho	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	1,75%
Tropicalizações de componentes	●	➡	□	□	▽	VAA	1,75%
Picking dos componentes da ligação	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	1,61%
Aquecer rolamentos	○	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,61%
Colocar Circlip	●	➡	□	□	▽	VAA	1,61%
Desloca-se até à zona de carrinhos livres no final da linha de montagem	○	➡	□	□	▽	NVAA	1,46%
Regresso ao supermercado	○	➡	□	□	▽	NVAA	1,46%
Separar Tampa LA	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	1,17%
Separar Tampa LV	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	1,17%
Separar Tampa Defletora	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	1,17%
Retirar proteções/etiquetas	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,88%
Separar placas de fecho internas	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,88%
Identifica a OP a ser separada	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,73%
Pincelar veio com massa	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,73%
Separar placas de fecho externas	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,58%
Agrafar etiqueta à lista de picking	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,58%
Deslocações no transporte de materiais para e da pintura	○	➡	□	□	▽	NVAA	0,58%
Montar placas de fecho internas	●	➡	□	□	▽	VAA	0,44%
Recolha de um carrinho/palete	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,29%
Separar Disco	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,29%
Separar Ventilador	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,29%
Apontar falhas de material	●	➡	□	□	▽	NVAA	0,29%
Picking de materiais auxiliares	●	➡	□	□	▽	NVAA-N	0,29%

Tabela 33 - Resultados da análise Multimomento do operador mecânico da Montagem Especiais

Operador Mecânico da Montagem Especiais							
Descrição	Tipo de Atividade					Valor	%
	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem		
Consulta e Procura pelos materiais na lista de picking	○	➡	◐	□	▽	NVAA	10,67%
Picking do rotor para o carrinho com a ajuda da ponte	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	8,78%
Deslocação até aos componentes no supermercado	○	➡	◐	□	▽	NVAA	8,66%
Colocar massa nos rolamentos	●	➡	◐	□	▽	VAA	5,95%
Procura rotor indicado na lista de picking	○	➡	◐	□	▽	NVAA	4,72%
Procura de materiais/Dúvidas/Procura no PC	○	➡	◐	□	▽	NVAA	4,42%
Manobrar empilhadores/paletes	○	➡	◐	□	▽	NVAA	4,36%
Separar Parafusos, anéis, arruelas, entre outros e colocar dentro de uma caixa dentro do carrinho	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	3,58%
Regresso ao supermercado	○	➡	◐	□	▽	NVAA	3,49%
Separar rolamentos	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	3,28%
Abri/Fechar OP no SGPRO	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	3,01%
Desloca-se até à zona de armazenamento de rotors	○	➡	◐	□	▽	NVAA	2,95%
Montar rolamentos	●	➡	◐	□	▽	VAA	2,62%
Colocar papel de alumínio	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	2,59%
Transporte do carrinho completo para zona de armazenamento de kits	○	➡	◐	□	▽	NVAA	2,53%
Outro tipo de deslocação	○	➡	◐	□	▽	NVAA	2,53%
Identificar rotor com número da OP	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	2,38%
Regresso ao supermercado	○	➡	◐	□	▽	NVAA	1,83%
Instalar PT's	●	➡	◐	□	▽	VAA	1,77%
Colocar Circlip	●	➡	◐	□	▽	VAA	1,71%
Aquecer rolamentos	○	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,50%
Registo do picking no quadro	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,38%
Picking de materiais auxiliares	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,35%
Separar Tampa LA	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,20%
Agrafar etiqueta à lista de picking	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,17%
Apontar falhas de material	●	➡	◐	□	▽	NVAA	1,17%
Tropicalizações de componentes	●	➡	◐	□	▽	VAA	1,05%
Separar Tampa LV	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,02%
Separar Tampa Defletora	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,02%
Montar placas de fecho internas	●	➡	◐	□	▽	VAA	0,96%
Pincelar veio com massa	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,87%
Retirar proteções/ etiquetas/ cartões	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,81%
Preparar PTs	●	➡	◐	□	▽	VAA	0,78%
Separar placas de fecho externas	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,69%
Deslocações no transporte de materiais para e da pintura	○	➡	◐	□	▽	NVAA	0,69%
Separar Ventilador	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,60%
Separar placas de fecho internas	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,51%
Desloca-se até à zona de carrinhos livres no final da linha de montagem	○	➡	◐	□	▽	NVAA	0,33%
Recolha de um carrinho/paleta	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,27%
Deslocações no transporte de materiais da maquinaria	○	➡	◐	□	▽	NVAA	0,27%
Identifica a OP a ser separada	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,24%
Picking de outros componentes necessários	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,18%
Separar Disco	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,09%

Tabela 34 - Resultados da análise Multimomento do operador de ligação/embalagem da Montagem Linha

Operador Ligação + Embalagem da Montagem Linha							
Descrição	Tipo de Atividade					Valor	%
	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem		
Consulta e Procura pelos materiais na lista de picking	○	⇒	◐	□	▽	NVAA	20,90%
Deslocação até aos componentes no supermercado	○	⇒	◐	□	▽	NVAA	15,43%
Preparar cabo terra	●	⇒	◐	□	▽	VAA	13,18%
Identificar a caixa de ligação/ carrinho com número da OP e colocar no kit	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	8,68%
Procura de materiais/Dúvidas/Procura no PC	○	⇒	◐	□	▽	NVAA	7,40%
Separar parafusos e arruelas e colocar numa caixa dentro do carrinho	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	6,11%
Outro tipo de deslocação	○	⇒	◐	□	▽	NVAA	3,86%
Identificar com número da OP e colocar na estante	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	3,86%
Apontar falhas de material	●	⇒	◐	□	▽	NVAA	3,54%
Picking de materiais auxiliares	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	2,89%
Separar a caixa de ligação	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	2,25%
Juntar materiais e colocar no carrinho/estante	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	2,25%
Separar parafusos/arruelas inox e colocar dentro da caixa	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	1,29%
Identifica a OP a ser separada	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,96%
Separar dispositivo de travamento	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,96%
Manobrar empilhadores/paletes	○	⇒	◐	□	▽	NVAA	0,96%
Separar placa de entrada de cabos	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,64%
Separar suporte da caixa de ligação	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,64%
Cortar perfil de borracha à medida e colocar no dispositivo de travamento	●	⇒	◐	□	▽	VAA	0,64%
Separar tampões certificados e colocar dentro da caixa	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,64%
Separar tampões de plástico e colocar dentro da caixa	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,64%
Separar base da caixa de ligação	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,32%
Separar placa de bornes	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,32%
Picking de outros materiais necessários	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,32%
Retirar etiquetas/ cartões	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,32%
Agrafar etiqueta à lista de picking	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,32%
Separar etiquetas e colocar dentro do dispositivo de travamento	●	⇒	◐	□	▽	NVAA-N	0,32%
Tropicalizações de componentes	●	⇒	◐	□	▽	VAA	0,32%

Tabela 35 - Resultados da análise Multimomento do operador de ligação/embalagem da Montagem Especiais

Operador Ligação + Embalagem da Montagem Especiais							
Descrição	Tipo de Atividade					Valor	%
	Operação	Transporte	Espera	Inspeção	Armazenagem		
Consulta e Procura pelos materiais na lista de picking	○	➡	◐	□	▽	NVAA	20,12%
Deslocação até aos componentes no supermercado	○	➡	◐	□	▽	NVAA	13,96%
Preparar cabo terra (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	VAA	8,05%
Separar parafusos, arruelas, Juntas, Espumas e colocar numa caixa dentro do carrinho (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	7,07%
Outro tipo de deslocação	○	➡	◐	□	▽	NVAA	4,33%
Identificar a caixa de ligação/ carrinho com número da OP e colocar no kit (se necessário)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	4,27%
Fechar OP no SGPRO (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	4,27%
Procura de materiais/Dúvidas/Procura no PC	○	➡	◐	□	▽	NVAA	3,96%
Montar caixas de ligação acessórias na caixa de ligação principal	●	➡	◐	□	▽	VAA	3,17%
Identificar com número da OP e colocar na estante	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	3,11%
Tropicalizações de componentes	●	➡	◐	□	▽	VAA	2,50%
Separar a caixa de ligação	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,71%
Juntar materiais e colocar no carrinho/estante	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,65%
Apontar falhas de material	●	➡	◐	□	▽	NVAA	1,65%
Separar placa de entrada de cabos (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,59%
Regresso ao supermercado	○	➡	◐	□	▽	NVAA	1,59%
Separar placa de bornes	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,52%
Registo do picking no quadro (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,34%
Separar suporte da caixa de ligação (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,10%
Retirar etiquetas/ cartões	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,10%
Agrafar etiqueta à lista de picking	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	1,10%
Manobrar empilhadores/paletes	○	➡	◐	□	▽	NVAA	1,10%
Separar dispositivo de travamento (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,85%
Separar tampões certificados e colocar dentro da caixa (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,85%
Preparar condute (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	VAA	0,73%
Recolher caixa (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,73%
Separar parafusos/arruelas inox e colocar dentro da caixa (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,73%
Picking de materiais auxiliares	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,73%
Cortar perfil de borracha à medida e colocar no dispositivo de travamento (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	VAA	0,67%
Picking de outros materiais necessários (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,61%
Transporte do carrinho completo para zona de armazenamento de kits	○	➡	◐	□	▽	NVAA	0,61%
Deslocações no transporte de materiais para e da pintura	○	➡	◐	□	▽	NVAA	0,55%
Deslocações no transporte de materiais da maquinaria	○	➡	◐	□	▽	NVAA	0,49%
Deslocar-se até à montagem dos C's (se aplicável)	○	➡	◐	□	▽	NVAA	0,43%
Regresso ao supermercado (se aplicável)	○	➡	◐	□	▽	NVAA	0,43%
Separar tampões de plástico e colocar dentro da caixa (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,37%
Separar base da caixa de ligação (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,30%
Identifica a OP a ser separada	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,18%
Recolha de um carrinho livre (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,18%
Separar etiquetas e colocar dentro do dispositivo de travamento (ser aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,18%
Separar caixas de ligação acessórias (se aplicável)	●	➡	◐	□	▽	NVAA-N	0,12%

Apêndice VII – Materiais Kanban propostos

Neste apêndice, nomeadamente na Tabela 36, são descritos todos os materiais *Kanban*, que devem ser geridos segundo um sistema dupla caixa nas várias estantes presentes em bordo de linha. Na referida tabela é ainda referido o local onde cada um destes materiais é *Kanban*, bem como a quantidade por caixa.

Tabela 36 - Materiais *Kanban* propostos

Artigo SAP	Descrição	Fornecedor	Total Geral	N Dias	%	% Acum	% Dias com consumo	ABC	FMS	ABC x FMS	Qtd múltipla	UN	Kanban	Secção
10308004	PARAF SEX M8X1,25X70 RT ZTAM 8,8	Externo	32168	137	4,09%	4,09%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 6	Montagem 1
10308004	PARAF SEX M8X1,25X70 RT ZTAM 8,8	Externo	32168	137	4,09%	4,09%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 7	Montagem 2
10308004	PARAF SEX M8X1,25X70 RT ZTAM 8,8	Externo	32168	137	4,09%	4,09%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 12	Montagem C's
10476632	PARAF SEX M12X1,75X30 RT ZTAM 8,8	Externo	23737	136	3,02%	7,11%	99,27%	A	F	AF	100	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10476632	PARAF SEX M12X1,75X30 RT ZTAM 8,8	Externo	23737	136	3,02%	7,11%	99,27%	A	F	AF	100	UN	Kb 4	Início de Linha
10476632	PARAF SEX M12X1,75X30 RT ZTAM 8,8	Externo	23737	136	3,02%	7,11%	99,27%	A	F	AF	100	UN	Kb 8	Ligação 2
10476632	PARAF SEX M12X1,75X30 RT ZTAM 8,8	Externo	23737	136	3,02%	7,11%	99,27%	A	F	AF	100	UN	Kb 11	Ligação C's
1323522	BORNE PASSANTE 264-315	Interno	22034	137	2,80%	9,91%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 4	Início de Linha
1323522	BORNE PASSANTE 264-315	Interno	22034	137	2,80%	9,91%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 8	Ligação 2
1323522	BORNE PASSANTE 264-315	Interno	22034	137	2,80%	9,91%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 11	Ligação C's
10476631	PARAF SEX M10X1,5X25 RT ZTAM 8,8	Externo	17721	137	2,25%	14,57%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10476631	PARAF SEX M10X1,5X25 RT ZTAM 8,8	Externo	17721	137	2,25%	14,57%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 7	Montagem 2
10476631	PARAF SEX M10X1,5X25 RT ZTAM 8,8	Externo	17721	137	2,25%	14,57%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 8	Ligação 2
10476631	PARAF SEX M10X1,5X25 RT ZTAM 8,8	Externo	17721	137	2,25%	14,57%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 11	Ligação C's
10476631	PARAF SEX M10X1,5X25 RT ZTAM 8,8	Externo	17721	137	2,25%	14,57%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 12	Montagem C's
10308005	PARAF SEX M16X2X70 RT ZTAM 8,8	Externo	16372	136	2,08%	16,65%	99,27%	A	F	AF	75	UN	Kb 6	Montagem 1
10308005	PARAF SEX M16X2X70 RT ZTAM 8,8	Externo	16372	136	2,08%	16,65%	99,27%	A	F	AF	75	UN	Kb 7	Montagem 2
10308005	PARAF SEX M16X2X70 RT ZTAM 8,8	Externo	16372	136	2,08%	16,65%	99,27%	A	F	AF	75	UN	Kb 12	Montagem C's
10361668	PART-PC MOLA	Interno	16202	137	2,06%	18,71%	100,00%	A	F	AF	100	UN	Kb 7	Montagem 2
10361668	PART-PC MOLA	Interno	16202	137	2,06%	18,71%	100,00%	A	F	AF	100	UN	Kb 12	Montagem C's
11971170	PART-PC PORCA SEXTAVADA ACO CARBONO	Interno	13356	135	1,70%	20,41%	98,54%	A	F	AF	150	UN	Kb 5	Ligação 1
11971170	PART-PC PORCA SEXTAVADA ACO CARBONO	Interno	13356	135	1,70%	20,41%	98,54%	A	F	AF	150	UN	Kb 11	Ligação C's
10018920	PLACA DADOS MOTOR AISI 304 0,45X52X148mm	Interno	12842	137	1,63%	22,04%	100,00%	A	F	AF	300	UN	Kb 10	Fim de Linha
10038156	ARRUELA PRESSAO 10X2,2 ACO MOLA ENEG	Externo	12550	137	1,60%	23,64%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 2	Embalagem
10038156	ARRUELA PRESSAO 10X2,2 ACO MOLA ENEG	Externo	12550	137	1,60%	23,64%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 11	Ligação C's
10037263	PARAF SEX M10X1,5X50 RT ZTAM 8,8	Externo	12454	137	1,58%	25,22%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 2	Embalagem
10037263	PARAF SEX M10X1,5X50 RT ZTAM 8,8	Externo	12454	137	1,58%	25,22%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 11	Ligação C's
10362046	PROTECAO GRAXEIRA 6,5mm	Interno	12396	137	1,58%	26,80%	100,00%	A	F	AF	100	UN	Kb 2	Embalagem
11971180	PART-PC PORCA SEXTAVADA ACO CARBONO	Interno	12330	135	1,57%	28,36%	98,54%	A	F	AF	150	UN	Kb 5	Ligação 1
11971180	PART-PC PORCA SEXTAVADA ACO CARBONO	Interno	12330	135	1,57%	28,36%	98,54%	A	F	AF	150	UN	Kb 11	Ligação C's
10018923	PLACA DADOS MOTOR AISI 304 0,45X26X74mm	Interno	11871	137	1,51%	29,87%	100,00%	A	F	AF	300	UN	Kb 10	Fim de Linha
10021209	GAVETA GRAXA 10,6X48,7mm POLIPROPILENO	Interno	11798	137	1,50%	31,38%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 6	Montagem 1
10021209	GAVETA GRAXA 10,6X48,7mm POLIPROPILENO	Interno	11798	137	1,50%	31,38%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 7	Montagem 2
10021209	GAVETA GRAXA 10,6X48,7mm POLIPROPILENO	Interno	11798	137	1,50%	31,38%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 12	Montagem C's
10391158	PARAF S/CAB SEX-INT M8X1,25X16 RT ENEG	Externo	11730	136	1,49%	32,87%	99,27%	A	F	AF	200	UN	Kb 7	Montagem 2
10391158	PARAF S/CAB SEX-INT M8X1,25X16 RT ENEG	Externo	11730	136	1,49%	32,87%	99,27%	A	F	AF	200	UN	Kb 12	Montagem C's
12227894	PARAF SEX M14X2X60 RT ZTAM 8,8	Externo	11708	134	1,49%	34,36%	97,81%	A	F	AF	100	UN	Kb 6	Montagem 1
12227894	PARAF SEX M14X2X60 RT ZTAM 8,8	Externo	11708	134	1,49%	34,36%	97,81%	A	F	AF	100	UN	Kb 7	Montagem 2
12227894	PARAF SEX M14X2X60 RT ZTAM 8,8	Externo	11708	134	1,49%	34,36%	97,81%	A	F	AF	100	UN	Kb 12	Montagem C's
10047947	PARAF CIL FEN M5X0,8X6RT ZTAM 4,8	Externo	11175	137	1,42%	35,78%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 8	Ligação 2
10047947	PARAF CIL FEN M5X0,8X6RT ZTAM 4,8	Externo	11175	137	1,42%	35,78%	100,00%	A	F	AF	200	UN	Kb 11	Ligação C's
10018738	ARRUELA LISA 12X24X2,5 1010/20 ZTAM	Externo	10897	136	1,39%	37,16%	99,27%	A	F	AF	150	UN	Kb 7	Montagem 2
10018738	ARRUELA LISA 12X24X2,5 1010/20 ZTAM	Externo	10897	136	1,39%	37,16%	99,27%	A	F	AF	150	UN	Kb 12	Montagem C's
13911276	ARRUELA LISA 12X37X3 1010/20 ZTAM	Externo	10279	137	1,31%	38,47%	100,00%	A	F	AF	100	UN	Kb 2	Embalagem
10324080	PARAF SEX M10X1,5X30 RT ZTAM 8,8	Externo	9808	136	1,25%	39,72%	99,27%	A	F	AF	100	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10324080	PARAF SEX M10X1,5X30 RT ZTAM 8,8	Externo	9808	136	1,25%	39,72%	99,27%	A	F	AF	100	UN	Kb 4	Início de Linha
10324080	PARAF SEX M10X1,5X30 RT ZTAM 8,8	Externo	9808	136	1,25%	39,72%	99,27%	A	F	AF	100	UN	Kb 8	Ligação 2
10361795	PARAF SEX-IN M8X1,25X20 RT ENEG 12,9	Externo	8795	135	1,12%	40,84%	98,54%	A	F	AF	200	UN	Kb 5	Ligação 1
10361795	PARAF SEX-IN M8X1,25X20 RT ENEG 12,9	Externo	8795	135	1,12%	40,84%	98,54%	A	F	AF	200	UN	Kb 11	Ligação C's
11971171	PART-PC PORCA SEXTAVADA ACO CARBONO	Interno	8595	136	1,09%	41,93%	99,27%	A	F	AF	50	UN	Kb 11	Ligação C's
10453377	PARAF SEX M12X1,75X25 RT ZTAM 8,8	Externo	7648	135	0,97%	42,90%	98,54%	A	F	AF	50	UN	Kb 7	Montagem 2
10453377	PARAF SEX M12X1,75X25 RT ZTAM 8,8	Externo	7648	135	0,97%	42,90%	98,54%	A	F	AF	50	UN	Kb 12	Montagem C's
10018736	ARRUELA LISA 10X20X2 1010/20 ZTAM	Externo	7585	135	0,96%	43,87%	98,54%	A	F	AF	200	UN	Kb 7	Montagem 2
10018736	ARRUELA LISA 10X20X2 1010/20 ZTAM	Externo	7585	135	0,96%	43,87%	98,54%	A	F	AF	200	UN	Kb 12	Montagem C's
10038142	PARAF SEX M14X2X30 RT ZTAM 8,8	Externo	7194	136	0,91%	44,78%	99,27%	A	F	AF	50	UN	Kb 4	Início de Linha
10038142	PARAF SEX M14X2X30 RT ZTAM 8,8	Externo	7194	136	0,91%	44,78%	99,27%	A	F	AF	50	UN	Kb 8	Ligação 2
10038142	PARAF SEX M14X2X30 RT ZTAM 8,8	Externo	7194	136	0,91%	44,78%	99,27%	A	F	AF	50	UN	Kb 11	Ligação C's
10017892	TAMPAO PP ROSC M6X1,5X17mm	Interno	7115	137	0,90%	45,69%	100,00%	A	F	AF	75	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
11850923	PART-PC PLACA ATERRAMENTO	Interno	6683	137	0,85%	46,54%	100,00%	A	F	AF	40	UN	Kb 2	Embalagem
11850925	PART-PC PLACA ATERRAMENTO	Interno	6683	137	0,85%	47,39%	100,00%	A	F	AF	40	UN	Kb 2	Embalagem
11850925	PART-PC PLACA ATERRAMENTO	Interno	6683	137	0,85%	47,39%	100,00%	A	F	AF	40	UN	Kb 11	Ligação C's
11850923	PART-PC PLACA ATERRAMENTO	Interno	6683	137	0,85%	46,54%	100,00%	A	F	AF	40	UN	Kb 11	Ligação C's
10375497	PONTE LIG 2X20X66mm	Interno	6672	135	0,85%	48,23%	98,54%	A	F	AF	60	UN	Kb 5	Ligação 1
10375497	PONTE LIG 2X20X66mm	Interno	6672	135	0,85%	48,23%	98,54%	A	F	AF	60	UN	Kb 11	Ligação C's
14330141	PARAF FRAN C/PC M12X1,75X150 ZTBC 4,8	Externo	6484	137	0,82%	49,90%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 2	Embalagem
1323524	PLACA FINAL WAGO 264-375 PT	Interno	6129	137	0,78%	50,68%	100,00%	A	F	AF	80	UN	Kb 4	Início de Linha
1323524	PLACA FINAL WAGO 264-375 PT	Interno	6129	137	0,78%	50,68%	100,00%	A	F	AF	80	UN	Kb 8	Ligação 2
1323524	PLACA FINAL WAGO 264-375 PT	Interno	6129	137	0,78%	50,68%	100,00%	A	F	AF	80	UN	Kb 11	Ligação C's
10375496	PONTE LIG 1,6X20X66mm	Interno	6045	135	0,77%	51,45%	98,54%	A	F	AF	60	UN	Kb 5	Ligação 1
10375496	PONTE LIG 1,6X20X66mm	Interno	6045	135	0,77%	51,45%	98,54%	A	F	AF	60	UN	Kb 11	Ligação C's
10171258	GRAXEIRA TCG344 M10X1 ABNT 1010/20	Interno	5988	137	0,76%	52,21%	100,00%	A	F	AF	80	UN	Kb 6	Montagem 1
10171258	GRAXEIRA TCG344 M10X1 ABNT 1010/20	Interno	5988	137	0,76%	52,21%	100,00%	A	F	AF	80	UN	Kb 12	Montagem C's
10170245	PARAF SEX M8X1,25X80 RT ZTAM 8,8	Externo	5812	135	0,74%	52,95%	98,54%	A	F	AF	100	UN	Kb 6	Montagem 1
10170245	PARAF SEX M8X1,25X80 RT ZTAM 8,8	Externo	5812	135	0,74%	52,95%	98,54%	A	F	AF	100	UN	Kb 12	Montagem C's
10171254	ARRUELA LISA 5X10X1 1010/20 ZTAM	Externo	5782	137	0,74%	53,69%	100,00%	A	F	AF	250	UN	Kb 8	Ligação 2

10171254	ARRUELA USA 5X10X1 1010/20 ZTAM	Externo	5782	137	0,74%	53,69%	100,00%	A	F	AF	250	UN	Kb 11	Ligação C's
10017888	TAMPAO PP ROSC M20X1,5X14,5mm	Interno	5755	137	0,73%	54,42%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10018656	PARAF SEX4N M10X1,5X20 RT ENEG 12,9	Externo	5474	135	0,70%	55,11%	98,54%	A	F	AF	100	UN	Kb 5	Ligação 1
10018656	PARAF SEX4N M10X1,5X20 RT ENEG 12,9	Externo	5474	135	0,70%	55,11%	98,54%	A	F	AF	100	UN	Kb 11	Ligação C's
11637247	PART-PC SUPORTE FKACAO CONECTOR	Interno	5395	137	0,69%	55,80%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 4	Início de Linha
11637247	PART-PC SUPORTE FKACAO CONECTOR	Interno	5395	137	0,69%	55,80%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 8	Ligação 2
11637247	PART-PC SUPORTE FKACAO CONECTOR	Interno	5395	137	0,69%	55,80%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 11	Ligação C's
1187275	PART-PC MANUAL MOTORES IEC MERC EXT	Interno	5348	137	0,68%	56,48%	100,00%	A	F	AF	60	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10361895	OLHAL SUSPENSAO PARAFUSO 1.800kg M24	Interno	4945	134	0,63%	57,11%	97,81%	A	F	AF	35	UN	Kb 9	Prensa
11853166	PART-PC TAMPAO	Interno	4914	134	0,62%	57,73%	97,81%	A	F	AF	70	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10188628	PARAF QIL FEN M4X0,7X14RT ZTAM 4,8	Externo	4880	131	0,62%	58,36%	95,62%	A	F	AF	200	UN	Kb 12	Montagem C's
10361764	PARAF SEX M8X1,25X20 RT ZTAM 8,8	Externo	4808	132	0,61%	58,97%	96,35%	A	F	AF	200	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10018657	PARAF SEX4N M10X1,5X25 RT ENEG 12,9	Interno	4791	135	0,61%	59,58%	98,54%	A	F	AF	80	UN	Kb 5	Ligação 1
10361892	OLHAL SUSPENSAO PARAFUSO 1.200kg M20	Interno	4615	136	0,59%	60,16%	99,27%	A	F	AF	40	UN	Kb 9	Prensa
11835426	TAMPAO POLIETILENO ENC 17,8X9mm LISO	Interno	4478	136	0,57%	60,73%	99,27%	A	F	AF	50	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10652832	BUJAO CONICO USO DRENO NBR PRETO	Interno	4070	135	0,52%	61,25%	98,54%	A	F	AF	100	UN	Kb 6	Montagem 1
10652832	BUJAO CONICO USO DRENO NBR PRETO	Interno	4070	135	0,52%	61,25%	98,54%	A	F	AF	100	UN	Kb 7	Montagem 2
10652832	BUJAO CONICO USO DRENO NBR PRETO	Interno	4070	135	0,52%	61,25%	98,54%	A	F	AF	100	UN	Kb 12	Montagem C's
11130064	PART-PC CALOTA W SEAL	Interno	3992	136	0,51%	62,27%	99,27%	A	F	AF	30	UN	Kb 6	Montagem 1
11130058	PART-PC ANEL W SEAL	Interno	3992	136	0,51%	61,76%	99,27%	A	F	AF	30	UN	Kb 6	Montagem 1
11130064	PART-PC CALOTA W SEAL	Interno	3992	136	0,51%	62,27%	99,27%	A	F	AF	30	UN	Kb 7	Montagem 2
11130058	PART-PC ANEL W SEAL	Interno	3992	136	0,51%	61,76%	99,27%	A	F	AF	30	UN	Kb 7	Montagem 2
11130064	PART-PC CALOTA W SEAL	Interno	3992	136	0,51%	62,27%	99,27%	A	F	AF	30	UN	Kb 12	Montagem C's
11130058	PART-PC ANEL W SEAL	Interno	3992	136	0,51%	61,76%	99,27%	A	F	AF	30	UN	Kb 12	Montagem C's
10018730	ARRUELA USA 8X15X1,6 LATAO	Externo	3880	134	0,49%	62,76%	97,81%	A	F	AF	250	UN	Kb 12	Montagem C's
10323634	PARAF SEX M10X1,5X20 RT ZTAM 8,8	Externo	3777	126	0,48%	63,24%	91,97%	A	F	AF	100	UN	Kb 7	Montagem 2
10323634	PARAF SEX M10X1,5X20 RT ZTAM 8,8	Externo	3777	126	0,48%	63,24%	91,97%	A	F	AF	100	UN	Kb 12	Montagem C's
10170208	PARAF SEX M20X2,5X90 RT ZTAM 8,8	Externo	3704	131	0,47%	63,71%	95,62%	A	F	AF	25	UN	Kb 12	Montagem C's
10037297	PARAF SEX M12X1,75X20 RT ZTAM 8,8	Externo	3651	129	0,46%	64,17%	94,16%	A	F	AF	50	UN	Kb 7	Montagem 2
10037297	PARAF SEX M12X1,75X20 RT ZTAM 8,8	Externo	3651	129	0,46%	64,17%	94,16%	A	F	AF	50	UN	Kb 12	Montagem C's
10157742	ARRUELA USA 6X12X1,6 1010/20 ZTAM	Externo	3609	127	0,46%	64,63%	92,70%	A	F	AF	15	UN	Kb 4	Início de Linha
10009351	PORCA SEXT M24X3X19 ACO ZTAM 8	Externo	3552	132	0,45%	65,09%	96,35%	A	F	AF	25	UN	Kb 4	Início de Linha
10170216	PARAF SEX M24X3X90 RT ZTAM 8,8	Externo	3526	132	0,45%	65,53%	96,35%	A	F	AF	25	UN	Kb 4	Início de Linha
10375498	PONTE LIG 2X30X100mm	Interno	3324	136	0,42%	66,39%	99,27%	A	F	AF	30	UN	Kb 11	Ligação C's
10394107	PARAF SEX M12X1,75X35 RT ZTAM 8,8	Externo	3126	135	0,40%	66,79%	98,54%	A	F	AF	30	UN	Kb 8	Ligação 2
10361819	PARAF SEX4N M14X2X60 RP ENEG 12,9	Interno	3120	114	0,40%	67,58%	83,21%	A	F	AF	50	UN	Kb 6	Montagem 1
10018955	ESPUMA PROTECAO CABOS 230X110X60	Interno	3040	135	0,39%	68,36%	98,54%	A	F	AF	30	UN	Kb 5	Ligação 1
10158057	CHAVETA PARAL B 18X11X125mm	Interno	2789	137	0,35%	69,07%	100,00%	A	F	AF	35	UN	Kb 2	Embalagem
10032419	PARAF SEX4N M16X2X60 RT ENEG 12,9	Interno	2740	125	0,35%	69,77%	91,24%	A	F	AF	60	UN	Kb 6	Montagem 1
10032419	PARAF SEX4N M16X2X60 RT ENEG 12,9	Interno	2740	125	0,35%	69,77%	91,24%	A	F	AF	60	UN	Kb 12	Montagem C's
14330062	PARAF FRAN C/PC M12X1,75X120 ZTBC 4,8	Externo	2713	137	0,35%	70,12%	100,00%	A	F	AF	50	UN	Kb 2	Embalagem
15098661	SUP PLACA BORNES USIN 4,8X19X160mm	Interno	2711	135	0,34%	70,46%	98,54%	A	F	AF	40	UN	Kb 5	Ligação 1
15098661	SUP PLACA BORNES USIN 4,8X19X160mm	Interno	2711	135	0,34%	70,46%	98,54%	A	F	AF	40	UN	Kb 11	Ligação C's
11835427	TAMPAO POLIETILENO ENC 26,5X9mm LISO	Interno	2686	134	0,34%	70,81%	97,81%	A	F	AF	30	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10394311	PORCA SEXT M20X2,5X16 ACO ZTAM 8	Externo	2682	127	0,34%	71,15%	92,70%	A	F	AF	25	UN	Kb 4	Início de Linha
10391109	ARRUELA USA 14X28X2,5 1010/20 ZTAM	Externo	2661	132	0,34%	71,49%	96,35%	A	F	AF	50	UN	Kb 12	Montagem C's
12805378	ARRUELA USA 14X44X3 1010/20 ZTAM	Externo	2630	137	0,33%	71,82%	100,00%	A	F	AF	100	UN	Kb 2	Embalagem
10037359	PARAF SEX M20X2,5X70 RT ZTAM 8,8	Externo	2623	132	0,33%	72,15%	96,35%	A	F	AF	25	UN	Kb 4	Início de Linha
11271676	PARAF SEX M14X2X25 RT ZTAM 8,8	Externo	2552	132	0,32%	72,48%	96,35%	A	F	AF	50	UN	Kb 12	Montagem C's
10025181	ARRUELA CONCAVA ATERR M12 31,5X32X7,1	Interno	2518	135	0,32%	72,80%	98,54%	A	F	AF	30	UN	Kb 8	Ligação 2
10018957	ESPUMA PROTECAO CABOS 310X200X60	Interno	2501	136	0,32%	73,12%	99,27%	A	F	AF	30	UN	Kb 5	Ligação 1
10361768	PARAF SEX M6X1X15 RT ZTAM 8,8	Externo	2455	124	0,31%	73,43%	90,51%	A	F	AF	250	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10361768	PARAF SEX M6X1X15 RT ZTAM 8,8	Externo	2455	124	0,31%	73,43%	90,51%	A	F	AF	250	UN	Kb 4	Início de Linha
10361768	PARAF SEX M6X1X15 RT ZTAM 8,8	Externo	2455	124	0,31%	73,43%	90,51%	A	F	AF	250	UN	Kb 12	Montagem C's
10391177	OLHAL SUSPENSAO PARAFUSO 3,200kg M30	Interno	2446	134	0,31%	73,74%	97,81%	A	F	AF	20	UN	Kb 9	Prensa
10391249	PARAF SEX4N M16X2X80 RP ENEG 12,9	Externo	2412	104	0,31%	74,05%	75,91%	A	F	AF	20	UN	Kb 12	Montagem C's
15851160	PART-PC ARRUELA CONCAVA ATERRAMENTO	Interno	2356	127	0,30%	74,35%	92,70%	A	F	AF	40	UN	Kb 8	Ligação 2
15851160	PART-PC ARRUELA CONCAVA ATERRAMENTO	Interno	2356	127	0,30%	74,35%	92,70%	A	F	AF	40	UN	Kb 11	Ligação C's
11130024	PART-PC CALOTA W SEAL	Interno	2351	135	0,30%	74,94%	98,54%	A	F	AF	20	UN	Kb 6	Montagem 1
11129863	PART-PC ANEL W SEAL	Interno	2351	135	0,30%	74,65%	98,54%	A	F	AF	20	UN	Kb 6	Montagem 1
11130024	PART-PC CALOTA W SEAL	Interno	2351	135	0,30%	74,94%	98,54%	A	F	AF	20	UN	Kb 7	Montagem 2
11129863	PART-PC ANEL W SEAL	Interno	2351	135	0,30%	74,65%	98,54%	A	F	AF	20	UN	Kb 7	Montagem 2
11130024	PART-PC CALOTA W SEAL	Interno	2351	135	0,30%	74,94%	98,54%	A	F	AF	20	UN	Kb 12	Montagem C's
11129863	PART-PC ANEL W SEAL	Interno	2351	135	0,30%	74,65%	98,54%	A	F	AF	20	UN	Kb 12	Montagem C's
11018328	PARAF SEX M10X1,5X90 RT ZTAM 8,8	Externo	2320	133	0,30%	75,54%	97,08%	A	F	AF	100	UN	Kb 12	Montagem C's
10323638	PARAF SEX4N M12X1,75X20 RT ENEG 12,9	Externo	2296	131	0,29%	75,83%	95,62%	A	F	AF	50	UN	Kb 5	Ligação 1
10323638	PARAF SEX4N M12X1,75X20 RT ENEG 12,9	Externo	2296	131	0,29%	75,83%	95,62%	A	F	AF	50	UN	Kb 11	Ligação C's
10526355	PARAF SEX M14X2X20 RT ZTAM 8,8	Interno	2227	135	0,28%	76,40%	98,54%	A	F	AF	50	UN	Kb 11	Ligação C's
10019615	PLACA BORNES BMC 6 PINOS K1M12 LARAN	Interno	2210	135	0,28%	76,68%	98,54%	A	F	AF	15	UN	Kb 5	Ligação 1
10169856	PARAF SEX M10X1,5X80 RT ZTAM 8,8	Externo	2196	126	0,28%	76,96%	91,97%	A	F	AF	20	UN	Kb 12	Montagem C's
10164265	JUNTA VED NBR 300X300X7,5mm	Interno	2109	136	0,27%	77,50%	99,27%	A	F	AF	15	UN	Kb 8	Ligação 2
10017891	TAMPAO PP ROSC M50X1,5X17mm	Interno	2097	127	0,27%	77,76%	92,70%	A	F	AF	50	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10376311	JUNTA VED NBR 192X192X7,5mm	Interno	2026	133	0,26%	78,02%	97,08%	A	F	AF	20	UN	Kb 8	Ligação 2
10158165	PLACA BORNES BMC 6 PINOS K1M10 LARAN	Interno	1867	135	0,24%	78,76%	98,54%	A	F	AF	25	UN	Kb 5	Ligação 1
10644637	PART-PC BATOQUE	Interno	1823	132	0,23%	78,99%	96,35%	A	F	AF	40	UN	Kb 2	Embalagem
10391087	PARAF SEX4N M16X2X70 RP ENEG 12,9	Externo	1788	103	0,23%	79,21%	75,18%	A	F	AF	25	UN	Kb 6	Montagem 1
11133309	PART-PC JUNTA VEDACAO W22	Interno	1786	134	0,23%	79,44%	97,81%	A	F	AF	20	UN	Kb 3	Preparação de Pintura
10038159	ARRUELA PRESSAO 20X4 ACO MOLA ENEG	Externo	1740	133	0,22%	79,66%	97,08%	A	F	AF	100	UN	Kb 2	Embalagem
10017732	ANEL RETENCAO EXT DIN 471 65X2,5mm	Interno	1643	135	0,21%	80,08%	98,54%	A	F	AF	20	UN	Kb 7	Montagem 2
10017732	ANEL RETENCAO EXT DIN 471 65X2,5mm	Interno	1643	135	0,21%	80,08%	98,54%	A	F	AF	20	UN	Kb 12	Montagem C's
12933695	BUCHA DISTANCIADORA D 19,05X0X85mm	Interno	1890	125	0,24%	78,52%	91,24%	A	F	AF	20	UN	Kb 7	Montagem 2
12933695	BUCHA DISTANCIADORA D 19,05X0X85mm	Interno	1890	125	0,24%	78,52%	91,24%	A	F	AF	10	UN	Kb 12	Montagem C's

Apêndice VIII – Folha de preparação de material

Na Figura 79 é apresentado um exemplo da folha de preparação de material proposta. Com recurso à mesma, os operadores de preparação poderão perceber quais as tarefas de manipulação que necessitam de executar, bem como quais os materiais envolvidos nas mesmas.

	ORDEM DE PRODUÇÃO	Início	Quantidade	ORDEM DE VENDA	Número Lote	Data Impr	Empresa		
		Término	Depósito		OP original	Usuário			
		Vencimento	Planejador						
		Motor XPTO		CH AGRUP:	EXP:				
Material	Documento	Tipo Material	Material Antigo	Sequenciamento		Material			
Preparação de Material			Centro de Trabalho	Recursos	Marco	PC/H			
Ordem/Operação		Peso Bruto	Peso Líquido		SET. MAQ	SET. HOM	EXEC. MAQ	EXEC. HOM	
			OP		ORD				
					PC				
Documentos									
Texto da Ordem									
ESPECIFICAÇÃO ELETRO-MECÂNICA									
Plano de Pintura		212P							
Pintura Tropicalizada		Completa (200H)							
Componentes da Lista Técnica									
1	0000	Conj. Pintura							
1	0000	Rotor Completo							
1	0000	Tampa Caixa Ligação							
2	0000	Caixa de Ligação Acessória							
2	0000	Anel Fix. Interno							
1	0000	Tampa Traseira							
1	0000	Tampa Dianteira							
2	0000	Caixa de Ligação							
Centro de Trabalho	Peças Boas	Refugos	Código Refugo	Itém Peça	CENT. TRAB.	RECUPER.	CÓD. RECUPER	H. HOMEM	H. MÁQUINA

Figura 79 - Exemplo de folha de preparação de material

Processo		Separação de material para a Montagem Especiais		Operações		31		26 / jul / 22		Operações		1		Tempo de ciclo		551,39 seg		Elaborado por		Pedro S.				
Seqüência	Descrição	Manual	Máquina	Precurso	Precurso	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	
1	Montar OP no SFRPO	23,52																						
2	Recolha dos rolamentos	27,82																						
3	Colocação de massa nos rolamentos	71,94																						
4	Aquecimento dos rolamentos																							
5	Recolha da tampa LA	10,22																						
6	Recolha da tampa LV	10,34																						
7	Recolha dos anéis de fixação interiores	4,48																						
8	Recolha dos anéis de fixação exteriores	4,63																						
9	Recolha do ventilador	4,32																						
10	Recolha da tampa defleora	12,46																						
11	Recolha do disco	7,89																						
12	Recolha das patas	5,75																						
13	Separar a caixa de ligação	4,77																						
14	Separar placa de entrada de cabos	3,56																						
15	Separar suporte / base da caixa de ligação	4,11																						
16	Separar tampa do suporte da caixa de ligação	4,28																						
17	Separar dispositivo de travamento	3,21																						
18	Recolher materiais de pequena dimensão mecânicos (parafusos, anilhas, etc...)	49,28																						
19	Recolher materiais de pequena dimensão elétricos (parafusos, anilhas, etc...)	34,43																						
20	Separar tampões, etiquetas, parafusos, anilhas e colocar dentro da caixa	22,82																						
21	Junir materiais e cobrir na Estante	8,46																						
22	Passagem do rotor para o eixo	58,16																						
23	Colocação de massa nos anéis de fixação interiores	9,47																						
24	Montagem dos anéis de fixação interiores	11,81																						
25	Pinçar veio com massa	7,29																						
26	Montar rolamentos	23,11																						
27	Colocação do cordão	11,56																						
28	Colocar papel de alumínio	27,72																						
29	Identificar com número da OP	16,29																						
30	Fechar OP no SFRPO	23,52																						
31	Registro do picking no quadro	18,44																						
Total		525,65				0																		

Figura 81 - Standard Work Combination Sheet do processo de separação da Montagem Especiais

Apêndice X – Deployment Diagram do funcionamento proposto para o supermercado

Na Figura 82 pode ser consultado o *Deployment Diagram* desenvolvido que pretende traduzir o funcionamento proposto para o supermercado. O mesmo traduz a reafetação de tarefas realizada, bem como a interação entre o sequenciador e o supermercado de peças.

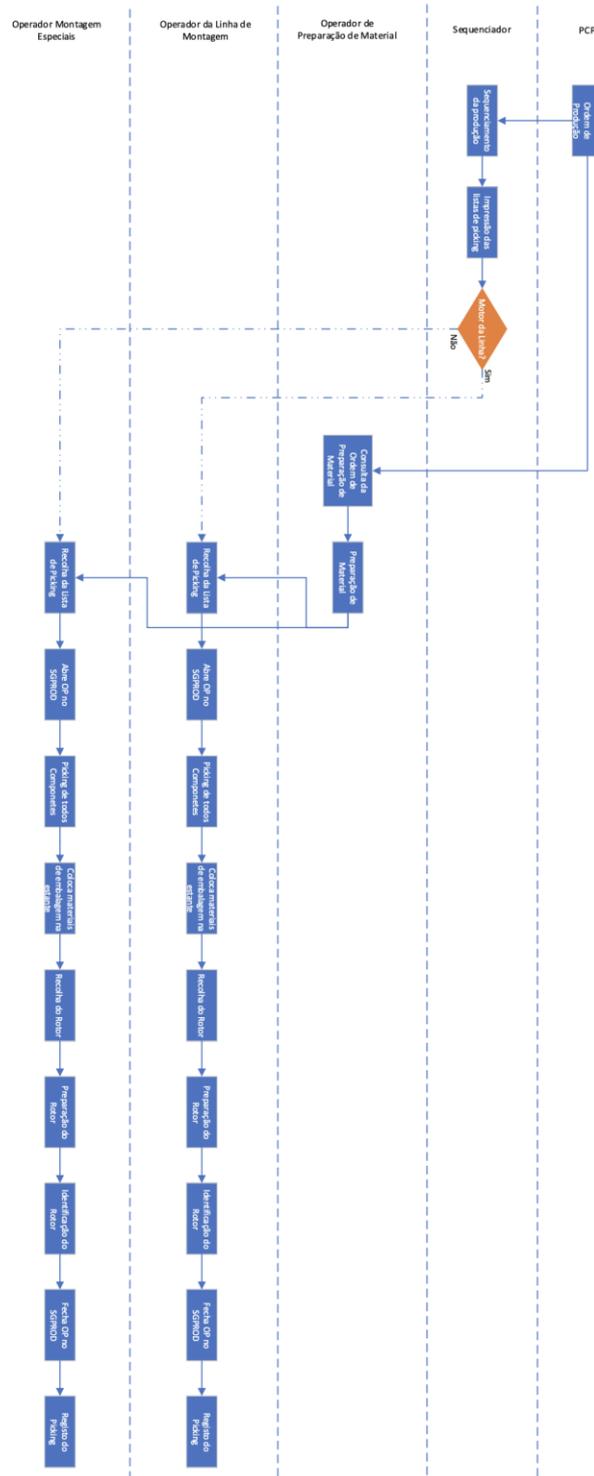
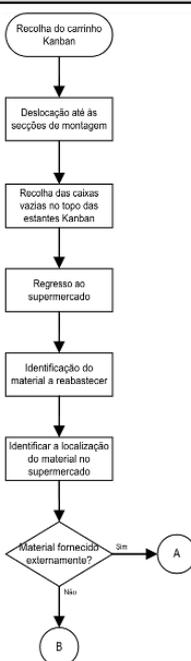


Figura 82 - *Deployment Diagram* do novo funcionamento do supermercado

Apêndice XI – Instrução de trabalho do abastecimento de materiais kanban

Na Tabela 37 é apresentada a instrução de trabalho desenvolvida para o abastecimento dos materiais *Kanban*. Este documento indica o procedimento que o operador *Kanban* deve seguir, alertando-o para o *modus operandi* a ser seguido com recurso a exemplos visuais.

Tabela 37 - Instrução de trabalho para o abastecimento dos materiais *Kanban*

		Instrução de Trabalho				
Autor	Pedro S.	Operação: Abastecimento de Materiais Kanban				
Versão	1	Posto de Trabalho: Supermercado + Montagem				
Símbolos	 Operação  Transporte  Espera  Inspeção  Armazenagem					
Fluxo	Nº	Tarefa	Símbolo	Observação	Imagens	
	1	Recolha do carrinho Kanban			 	
	2	Deslocação até às várias estantes Kanban existentes no bordo de linha nas secções de montagem				
	3	Recolha das caixas vazias colocadas pelo operador da secção de montagem no topo das várias estantes Kanban				
	4	Regresso ao supermercado com as várias caixas vazias				
	5	Consulta da etiqueta identificadora da caixa vazia e identificação do material a abastecer		Identificar material através do código SAP. <i>Consultar Imagem</i>		
	6	Identificar a localização do material no supermercado		Recorrer à folha da localização dos materiais Kanban no supermercado. <i>Consultar Imagem.</i>		
	7	Identificar se se trata de uma material reabastecido externamente				
	A	Abastecimento de Materiais Kanban Externos				
B	Abastecimento de Materiais Kanban Internos					

A Abastecimento de Materiais Kanban Externos					
Fluxo	Nº	Tarefa	Símbolo	Observação	Imagens
<pre> graph TD A[Deslocar-se até à localização do material] --> B[Consultar quantidade por caixa a abastecer] B --> C[Recolher amostra do material] C --> D[Colocar amostra na balança] D --> E[Determinar peso unitário do material] E --> F[Pesar até à quantidade pretendida] F --> G[Abastecer caixa Kanban] G --> H{Caixa ainda tem material?} H -- Sim --> I[Deslocar-se até à secção de montagem] H -- Não --> J[Remover caixa vazia] J --> K[Reposicionar caixas na estante] K --> L[Deslocar-se até à secção de montagem] L --> M[Reabastecer caixa na estante Kanban promovendo o FIFO] M --> N([Retorno ao supermercado]) </pre>	8	Deslocar-se até à localização do material	➡		
	9	Consultar quantidade a abastecer por caixa	□	Identificar quantidade a abastecer através da etiqueta presente na caixa Kanban.	
	10	Recolher amostra do material	○	Recolher 10, 20 ou 50 unidades do material a abastecer.	
	11	Colocar amostra na balança	○	Pressionar botão até à quantidade pretendida. <i>Consultar Imagem .</i>	
	12	Determinar peso unitário do material	○		
	13	Pesar até à quantidade pretendida	○	Colocar material na balança até atingir a quantidade necessária para abastecer a caixa.	
	14	Abastecer caixa Kanban	○		
	15	Verificar se a caixa da estante ainda possui material	□		
	16	Remover caixa de material vazia	○		
	17	Reposicionar caixa de material na parte frontal da estante	▽	Colocar a segunda caixa de material na posição frontal da estante, permitindo uma atualização do stock.	
	18	Deslocar-se até à secção de montagem	➡		
	19	Reabastecer a estante Kanban através da parte de trás da mesma	▽		
	20	Regressar ao supermercado	➡		

B	Abastecimento de Materiais Kanban Internos				
Fluxo	Nº	Tarefa	Símbolo	Observação	Imagens
Deslocar-se até à localização do material	8	Deslocar-se até à localização do material	➡		
Consultar quantidade por caixa a abastecer	9	Consultar quantidade a abastecer por caixa	□	Identificar quantidade a abastecer através da etiqueta presente na caixa Kanban.	
Recolher amostra do material	10	Recolher amostra do material	○	Recolher 10, 20 ou 50 unidades do material a abastecer.	
Colocar amostra na balança	11	Colocar amostra na balança	○	Pressionar botão até à quantidade pretendida. Consultar Imagem .	
Determinar peso unitário do material	12	Determinar peso unitário do material	○		
Pesar até à quantidade pretendida	13	Pesar até à quantidade pretendida	○	Colocar material na balança até atingir a quantidade necessária para abastecer a caixa.	
Abastecer caixa Kanban	14	Abastecer caixa Kanban	○		
Deslocar-se até à secção de montagem	15	Deslocar-se até à secção de montagem	➡		
Reabastecer caixa na estante Kanban promovendo o FIFO	16	Reabastecer a estante Kanban através da parte de trás da mesma	▽		
Regresso ao supermercado	17	Regressar ao supermercado	➡		



Apêndice XII – Localização dos materiais Kanban

Na Tabela 38 é apresentado o documento desenvolvido que indica a localização de cada um dos materiais *Kanban* no supermercado.

Tabela 38 - Localização dos materiais *Kanban*

 Localização Materiais Kanban			
Artigo SAP	Descrição	Fornecedor	Localização no Supermercado
10308004	PARAF SEX M8X1,25X70 RT ZTAM 8.8	Externo	A106-39-01
10476632	PARAF SEX M12X1,75X30 RT ZTAM 8.8	Externo	A106-40-01
13235522	BORNE PASSANTE 264-315	Interno	A106-02-01
10476631	PARAF SEX M10X1,5X25 RT ZTAM 8.8	Externo	A106-41-01
10308005	PARAF SEX M16X2X70 RT ZTAM 8.8	Externo	A106-42-01
10361668	PART-PC MOLA	Interno	A106-03-01
11971170	PART-PC PORCA SEXTAVADA ACO CARBONO	Interno	A106-04-01
10018820	PLACA DADOS MOTOR AISI 304 0,45X52X148mm	Interno	A106-05-01
10038156	ARRUELA PRESSAO 10X2,2 ACO MOLA ENEG	Externo	A106-43-01
10037263	PARAF SEX M10X1,5X50 RT ZTAM 8.8	Externo	A106-44-01
10362046	PROTECAO GRAXEIRA 6,5mm	Interno	A106-06-01
11971180	PART-PC PORCA SEXTAVADA ACO CARBONO	Interno	A106-07-01
10018823	PLACA DADOS MOTOR AISI 304 0,45X26X74mm	Interno	A106-08-01
10021209	GAVETA GRAXA 10,6X48,7mm POLIPROPILENO	Interno	A106-09-01
10391158	PARAF S/CAB SEX-INT M8X1,25X16 RT ENEG	Externo	A106-43-01
12227894	PARAF SEX M14X2X60 RT ZTAM 8.8	Externo	A106-44-01
10047947	PARAF CIL FEN M5X0,8X6RT ZTAM 4.8	Externo	A106-45-01
10018738	ARRUELA LISA 12X24X2,5 1010/20 ZTAM	Externo	A106-46-01
13911276	ARRUELA LISA 12X37X3 1010/20 ZTAM	Externo	B106-38-02
10324080	PARAF SEX M10X1,5X30 RT ZTAM 8.8	Externo	B106-39-02
10361795	PARAF SEX-IN M8X1,25X20 RT ENEG 12.9	Externo	B106-40-02
11971171	PART-PC PORCA SEXTAVADA ACO CARBONO	Interno	A106-10-01
10453377	PARAF SEX M12X1,75X25 RT ZTAM 8.8	Externo	B106-41-02
10018736	ARRUELA LISA 10X20X2 1010/20 ZTAM	Externo	B106-42-02
10038142	PARAF SEX M14X2X30 RT ZTAM 8.8	Externo	B106-43-02
10017892	TAMPAO PP ROSC M63X1,5X17mm	Interno	A106-11-01
11850923	PART-PC PLACA ATERRAMENTO	Interno	A106-12-01
11850925	PART-PC PLACA ATERRAMENTO	Interno	A106-13-01
10375497	PONTE LIG 2X20X66mm	Interno	A106-14-01
14330141	PARAF FRAN C/PC M12X1,75X150 ZTBC 4.8	Externo	B106-44-02
13235524	PLACA FINAL WAGO 264-375 PT	Interno	A106-15-01
10375496	PONTE LIG 1,6X20X66mm	Interno	A106-16-01
10171258	GRAXEIRA TCG34-A M10X1 ABNT 1010/20	Interno	A106-17-01
10170245	PARAF SEX M8X1,25X80 RT ZTAM 8.8	Externo	B106-45-02
10171254	ARRUELA LISA 5X10X1 1010/20 ZTAM	Externo	C106-38-03
10017888	TAMPAO PP ROSC M20X1,5X14,5mm	Interno	A106-18-01
10018656	PARAF SEX-IN M10X1,5X20 RT ENEG 12.9	Externo	C106-39-03
11637247	PART-PC SUPORTE FIXACAO CONECTOR	Interno	A106-19-01
11872775	PART-PC MANUAL MOTORES IEC MERC EXT	Interno	A106-20-01
10361895	OLHAL SUSPENSAO PARAFUSO 1.800kg M24	Interno	A106-21-01
11853166	PART-PC TAMPAO	Interno	A106-22-01
10188628	PARAF CIL FEN M4X0,7X14RT ZTAM 4.8	Externo	C106-40-03

10361764	PARAF SEX M8X1,25X20 RT ZTAM 8.8	Externo	C106-41-03
10018657	PARAF SEX-IN M10X1,5X25 RT ENEG 12.9	Interno	A106-23-01
10361892	OLHAL SUSPENSÃO PARAFUSO 1.200kg M20	Interno	A106-24-01
11835426	TAMPAO POLIETILENO ENC 17,8X9mm LISO	Interno	A106-25-01
10652832	BUJAO CONICO LISO DRENO NBR PRETO	Interno	A106-26-01
11130064	PART-PC CALOTA W SEAL	Interno	A106-27-01
11130058	PART-PC ANEL W SEAL	Interno	A106-28-01
10018730	ARRUELA LISA 8X15X1,6 LATAO	Externo	C106-42-03
10323634	PARAF SEX M10X1,5X20 RT ZTAM 8.8	Externo	C106-43-03
10170208	PARAF SEX M20X2,5X90 RT ZTAM 8.8	Externo	C106-44-03
10037297	PARAF SEX M12X1,75X20 RT ZTAM 8.8	Externo	C106-45-03
10157742	ARRUELA LISA 6X12X1,6 1010/20 ZTAM	Externo	D106-38-04
10009351	PORCA SEXT M24X3X19 ACO ZTAM 8	Externo	D106-39-04
10170216	PARAF SEX M24X3X90 RT ZTAM 8.8	Externo	D106-40-04
10375498	PONTE LIG 2X30X100mm	Interno	A106-29-01
10394107	PARAF SEX M12X1,75X35 RT ZTAM 8.8	Externo	D106-41-04
10361819	PARAF SEX-IN M14X2X60 RP ENEG 12.9	Externo	D106-42-04
10018955	ESPUMA PROTECAO CABOS 230X110X60	Interno	A106-30-01
10158057	CHAVETA PARAL B 18X11X125mm	Interno	A106-31-01
10032419	PARAF SEX-IN M16X2X60 RT ENEG 12.9	Interno	A106-32-01
14330062	PARAF FRAN C/PC M12X1,75X120 ZTBC 4.8	Externo	D106-43-04
15098561	SUP PLACA BORNES USIN 4,8X19X160mm	Interno	A106-33-01
11835427	TAMPAO POLIETILENO ENC 26,5X9mm LISO	Interno	A106-34-01
10394311	PORCA SEXT M20X2,5X16 ACO ZTAM 8	Externo	D106-44-04
10391109	ARRUELA LISA 14X28X2,5 1010/20 ZTAM	Externo	D106-45-04
12805378	ARRUELA LISA 14X44X3 1010/20 ZTAM	Externo	E106-31-05
10037359	PARAF SEX M20X2,5X70 RT ZTAM 8.8	Externo	E106-32-05
11271676	PARAF SEX M14X2X25 RT ZTAM 8.8	Externo	E106-33-05
10025181	ARRUELA CONCAVA ATERR M12 31,5X32X7,1	Interno	A106-35-01
10018957	ESPUMA PROTECAO CABOS 310X200X60	Interno	A106-36-01
10361768	PARAF SEX M6X1X15 RT ZTAM 8.8	Externo	E106-34-05
10391177	OLHAL SUSPENSÃO PARAFUSO 3.200kg M30	Interno	A106-37-01
10391249	PARAF SEX-IN M16X2X80 RP ENEG 12.9	Externo	E106-35-05
15851160	PART-PC ARRUELA CONCAVA ATERRAMENTO	Interno	B106-01-02
11130024	PART-PC CALOTA W SEAL	Interno	B106-02-02
11129863	PART-PC ANEL W SEAL	Interno	B106-03-02
11018328	PARAF SEX M10X1,5X90 RT ZTAM 8.8	Externo	E106-36-05
10323638	PARAF SEX-IN M12X1,75X20 RT ENEG 12.9	Externo	E106-37-05
10526355	PARAF SEX M14X2X20 RT ZTAM 8.8	Interno	B106-04-02
10019615	PLACA BORNES BMC 6 PINOS K1M12 LARAN	Interno	B106-05-02
10169856	PARAF SEX M10X1,5X80 RT ZTAM 8.8	Externo	E106-38-05
10164265	JUNTA VED NBR 300X300X7,5mm	Interno	B106-06-02
10017891	TAMPAO PP ROSC M50X1,5X17mm	Interno	B106-07-02
10376311	JUNTA VED NBR 192X192X7,5mm	Interno	B106-08-02
10158165	PLACA BORNES BMC 6 PINOS K1M10 LARAN	Interno	B106-09-02
10644537	PART-PC BATOQUE	Interno	B106-10-02
10391087	PARAF SEX-IN M16X2X70 RP ENEG 12.9	Externo	F106-31-06
11133309	PART-PC JUNTA VEDACAO W22	Interno	B106-11-02
10038159	ARRUELA PRESSAO 20X4 ACO MOLA ENEG	Externo	F106-32-06
10017732	ANEL RETENCAO EXT DIN 471 65X2,5mm	Interno	B106-12-02
12933695	BUCHA DISTANCIADORA D 19,05X0X85mm	Interno	B106-13-02

Apêndice XIII – Standard work combination sheet da rota do comboio logístico

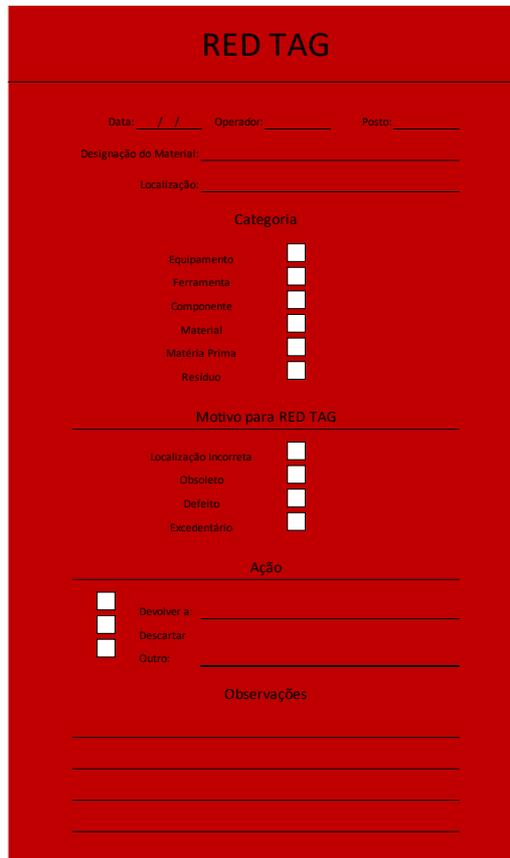
Neste apêndice é apresentada uma *Standard Work Combination Sheet* do processo de abastecimento do comboio logístico. Este documento, apresentado na Figura 83 discrimina as várias tarefas realizadas por este recurso e respetivas durações.

Processo		Tempo (segundos)		Operações		Duração da Operação (segundos)										Tempo de Ciclo		Elaborado por						
Rota proposta para comboio logístico		Manual	Máquina	6		60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	360	390	420	450	480	510	540	Pedro S.	
Sequência	Descrição	Percursos		Operações		Duração da Operação (segundos)										Tempo de Ciclo		Elaborado por						
1	Recolha do caminho completo e entrega na linha de montagem	15,00																						
2	Recolha do caminho completo da montagem especiais	30,00																						
3	Recolha do caminho vazio no final da linha de montagem	30,00																						
4	Recolha do caminho vazio no final da montagem especiais	30,00																						
5	Entrega do caminho completo na montagem especiais	30,00																						
6	Entrega do caminho vazio da linha de montagem no supermercado	30,00																						
6	Entrega do caminho vazio da montagem especiais no supermercado	30,00																						
7	Dedicações			142,86																				
Total		195,00		142,86																				

Figura 83 - Standard Work Combination Sheet da rota do comboio logístico

Apêndice XV – Ferramentas para aplicação de 5S

Ao longo deste apêndice são apresentadas um conjunto de ferramentas e propostas que suportam a metodologia 5S que se pretende implementar. Na Figura 84 é apresentada a *Red-Tag* 5S proposta que tem por objetivo identificar os materiais que constituem um desperdício.



O formulário RED TAG 5S é apresentado em um fundo vermelho. No topo, o título "RED TAG" está em branco. Abaixo, há campos para "Data: / /", "Operador: _____" e "Posto: _____". Seguem-se campos para "Designação do Material: _____" e "Localização: _____".

A seção "Categoria" contém uma lista de opções com caixas de seleção:

- Equipamento
- Ferramenta
- Componente
- Material
- Matéria Prima
- Resíduo

A seção "Motivo para RED TAG" também possui caixas de seleção:

- Localização Incorreta
- Obsoleto
- Defeito
- Excedentário

A seção "Ação" oferece opções com caixas de seleção:

- Devolver a: _____
- Descartar
- Outro: _____

Finalmente, há um campo "Observações" com quatro linhas de texto para anotações.

Figura 84 – *Red-Tag* 5S proposta

Já na Figura 85 são ilustradas as caixas organizadoras propostas e respectivas etiquetas identificadoras que visam arrumar de uma forma adequada todos os materiais, ferramentas e equipamentos necessários ao posto de trabalho.



Figura 85 - Caixa organizadora 5S (à esquerda) e etiqueta organizadora 5S (à direita)

De seguida, na Tabela 40 é ilustrada a norma 5S desenvolvida que tem por objetivo alertar o operador para um conjunto de atividades 5S que devem ser levadas a cabo.

Tabela 40 - Norma de procedimento 5S proposta

Norma de procedimento 5S	
1	Após a utilização de um material, proceder à sua arrumação no respetivo local de armazenamento.
2	Eliminar potenciais resíduos resultantes da execução de tarefas.
3	Limpar os materiais e equipamentos produtivos após a sua utilização.
4	Uma vez por semana, proceder à inspeção dos equipamentos e à limpeza geral do posto de trabalho.

Por último, na Figura 86 é ilustrada a *Checklist* 5S desenvolvida que permite aos operadores verificar que o seu posto de trabalho se encontra devidamente limpo e organizado.

Checklist 5S				
Data		Posto de Trabalho		Operador
/ /		_____		_____
5S	Tarefa	Sim	Não	Observações
Separar	Todos os materiais presentes no posto de trabalho são necessários?			
	A quantidade de resíduos nos contentores de lixo é adequada?			
Organizar	Os materiais encontram-se arrumados num local adequado?			
	As caixas de armazenamento encontram-se armazenadas corretamente?			
	As caixas de armazenamento encontram-se devidamente identificadas?			
	As caixas e respetiva identificação encontram-se em bom estado?			
Limpar	A bancada de trabalho encontra-se devidamente limpa?			
	Os materiais de trabalho encontram-se limpos?			
	Os materiais de trabalho encontram-se em bom estado?			
	Os equipamentos de trabalho encontram-se em bom estado de funcionamento?			
	A limpeza semanal do posto de trabalho foi realizada?			

Figura 86 - Checklist 5S proposta

Apêndice XVI – Norma de aquecimento de rolamentos

Na Figura 87 é apresentada a norma de aquecimento de rolamentos desenvolvida. Este documento indica ao operador a temperatura a que cada tipologia de rolamento deve ser submetida de forma a ser instalado no veio de uma forma adequada.

Norma aquecimento de rolamentos		
Data	Posto de Trabalho	Responsável
/ /		
Rolamento	Temperatura (°C)	
314	89	
316	81	
319	83	
322	75	
324	71	
326	75	
217	90	
218	86	
328	71	
212	100	
214	89	
315	85	

Figura 87 - Norma de aquecimento de rolamentos proposta

ANEXOS

Anexo II – Critérios internos para a realização de uma análise Multimomento

A amostragem consiste numa técnica de natureza estatística que, ao contrário da cronometragem, é classificada como extensiva, baseando-se na realização de observações pontuais ao longo do tempo. Esta metodologia aplica-se a tarefas que não apresentam carácter repetitivo, ou que mesmo cíclicas, apresentam ciclos bastante longos (Costa & Arezes, 2016). Também denominada por Análise Multimomento, esta técnica baseia-se na realização de um grande número de observações ao longo do tempo, registando-se em cada momento a atividade que está a ser levada a cabo, bem como a sua tipologia em termos de valor acrescentado. Tratando-se de uma técnica estatística, a mesma assume que uma determinada amostra, desde que suficientemente grande, tende a assumir a mesma distribuição que a totalidade da população de onde foi retirada (Costa & Arezes, 2016).

Neste sentido, na Tabela 41 são apresentados os critérios internos da WEG para a realização de uma análise Multimomento.

Tabela 41 - Critérios internos para a realização de uma análise Multimomento

TEMPO DE CICLO	FREQUÊNCIA	QTD DE CICLOS	PERÍODO DA ANÁLISE
< 1 min	10 seg.	20	Até 20 min
1 min – 3 min	15 seg.	10	10 a 30 min
3 min – 5 min	15 seg.	5	15 a 25 min
5 min – 10 min	15 seg.	3	15 a 30 min
10 min – 20 min	15 seg.	2	20 a 40 min
> 20 min	15 seg.	1	Mais de 20 min

Anexo III – Passos para a realização de avaliação REBA

A metodologia REBA possibilita a avaliação de posturas de trabalho ao nível de todo o corpo, tendo em consideração o tipo de movimento, a repetibilidade, as forças associadas e o acoplamento. Esta consiste numa abordagem bastante intuitiva, de fácil aplicação e que gera uma pontuação relativa do risco associado à postura em análise (Hignett & McAtamney, 2000). Na Figura 89 são apresentados os vários passos a serem percorridos para executar uma análise REBA.

REBA Employee Assessment Worksheet Task Name: _____ Date: _____

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position
 10-20° +1 20°+ +2 In extension +2
 Neck Score: _____
 Step 1a: Adjust...
 If neck is twisted: +1
 If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position
 0° +1 20° +2 30-60° +3 60°+ +4
 Trunk Score: _____
 Step 2a: Adjust...
 If trunk is twisted: +1
 If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs
 Adjust: 30-60° +1 >60° +2
 Leg Score: _____
 Add +1 Add +2

Step 4: Lookup Posture Score in Table A
 Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A
 Posture Score A: _____

Step 5: Add Force/Load Score
 If load < 11lbs.: +0
 If load 11 to 22 lbs.: +1
 If load > 22 lbs.: +2
 Adjust: If shock or rapid build up of force: add +1
 Force / Load Score: _____

Step 6: Score A, Find Row in Table C
 Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.
 Score A: _____

Table A: Neck

	1			2			3						
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
Posture	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
Score	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Table B: Lower Arm

	1			2			
Wrist	1	2	3	1	2	3	
Upper Arm	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	6	7	8
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	8	9

Table C

Score A	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position:
 20° +1 20° +2 20-45° +2 45-90° +3 90°+ +4
 Upper Arm Score: _____
 Step 7a: Adjust...
 If shoulder is raised: +1
 If upper arm is abducted: +1
 If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position:
 Lower Arm Score: _____

Step 9: Locate Wrist Position:
 15° +1 15° +2
 Wrist Score: _____
 Step 9a: Adjust...
 If wrist is bent from midline or twisted: Add +1

Step 10: Lookup Posture Score in Table B
 Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B
 Posture Score B: _____

Step 11: Add Coupling Score
 Well fitting Handle and mid rang power grip: **good: +0**
 Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: **fair: +1**
 Hand hold not acceptable but possible: **poor: +2**
 No handles, awkward, unsafe with any body part, **Unacceptable: +3**
 Coupling Score: _____

Step 12: Score B, Find Column in Table C
 Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.
 Score B: _____

Step 13: Activity Score
 +11 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 +1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
 +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base
 Activity Score: _____

Table C Score + Activity Score = REBA Score

Scoring
 1 = Negligible Risk
 2-3 = Low Risk, Change may be needed.
 4-7 = Medium Risk, Further Investigate, Change Soon.
 8-10 = High Risk, Investigate and Implement Change
 11+ = Very High Risk, Implement Change

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA). Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Figura 89 - Passos para a realização de uma avaliação REBA (Middlesworth, 2014)

Já na Tabela 42 são apresentadas as ações a serem tomadas de acordo com a pontuação final REBA obtida.

Tabela 42 – Ações a serem tomadas de acordo com a pontuação final REBA

Score	Level of MSD Risk
1	negligible risk, no action required
2-3	low risk, change may be needed
4-7	medium risk, further investigation, change soon
8-10	high risk, investigate and implement change
11+	very high risk, implement change

Anexo IV – Matriz ABS x FMS

Esta abordagem é promovida internamente pela WEG e, para além de considerar o consumo dos materiais através da análise ABC, considera também a frequência deste mesmo consumo ao longo do tempo. Assim, caso um material apresente consumo em mais de 75% dos dias, terá uma avaliação F, em menos de 25% S e no intervalo destes valores M. Desta forma, combinando ambas as avaliações é obtida a matriz ABCxFMS, apresentada na Figura 90.

	F	M	S	
A	AF	AM	AS	20%
B	BF	BM	BS	
C	CF	CM	CS	50%
	75%	25%		

Figura 90 - Matriz ABC x FMS

Anexo V – Critérios para a realização de uma cronometragem

A cronometragem consiste numa técnica de medição do trabalho intensiva que é realizada por observação direta, consistindo no registo dos tempos e demais condições de execução de uma determinada tarefa, geralmente repetitiva, com recurso a um cronómetro (Costa & Arezes, 2016). Após a definição da atividade a estudar, bem como de todos os dados relevantes, dever-se-á proceder à decomposição da mesma em elementos e posterior cronometragem destes. Para tal, exige-se que se determine o número de amostras necessárias por forma a garantir a fiabilidade dos dados em termos de variabilidade. Adicionalmente, deverão ser considerados outros fatores, nomeadamente o ritmo de trabalho, bem como as fadigas associadas.

Para a realização de cronometragens adequadas, a WEG possui um conjunto de regras e parâmetros que devem ser seguidos e considerados. Por um lado, no que respeita ao número de ciclos que uma determinada tarefa deve ser observada, devem ser respeitados os critérios apresentados na Tabela 43.

Tabela 43 – Critérios para o número de ciclos a cronometrar

Relação R/X	Número de Ciclos a Cronometrar		Relação R/X	Número de Ciclos a Cronometrar		Relação R/X	Número de Ciclos a Cronometrar		Relação R/X	Número de Ciclos a Cronometrar	
	≤ 2 Min	> 2 Min		≤ 2 Min	> 2 Min		≤ 2 Min	> 2 Min		≤ 2 Min	> 2 Min
0,10	2	3	0,34	20	34	0,58	57	100	0,82	113	199
0,12	2	4	0,36	22	38	0,60	61	107	0,84	119	209
0,14	3	6	0,38	24	43	0,62	65	114	0,86	125	218
0,16	4	8	0,40	27	47	0,64	69	121	0,88	131	229
0,18	6	10	0,42	30	52	0,66	74	129	0,90	138	239
0,20	7	12	0,44	33	57	0,68	78	137	0,92	143	250
0,22	8	14	0,46	36	63	0,70	83	145	0,94	149	261
0,24	19	17	0,48	39	68	0,72	99	153	0,96	156	273
0,26	11	20	0,50	42	74	0,74	83	162	0,98	162	284
0,28	13	23	0,52	46	80	0,76	98	171	1,00	169	296
0,30	15	27	0,54	49	86	0,78	103	180	-	-	-
0,32	17	30	0,56	53	93	0,80	108	190	-	-	-

Numa primeira fase, devem ser realizadas dez observações da tarefa em estudo, registando-se a média e amplitude dos dados recolhidos. A partir daqui, considerando a média obtida, nomeadamente se a mesma é maior ou menor do que 2 minutos, bem como o quociente entre a amplitude e a média, determinam-se o número de ciclos a cronometrar através da consulta da tabela. Posteriormente, tendo em consideração a média das observações obtidas, devem ainda ser contabilizadas tolerâncias que visam compensar interrupções por fadiga e por necessidades pessoais. Aqui, devem ser consideradas tolerâncias por fadiga mental, fadiga física, fatores de recuperação, monotonia, condições ambientais e tolerâncias pessoais.

Anexo VI – Dados Antropométricos da população inglesa

Na Tabela 44 são apresentados os dados antropométricos da população inglesa que serviram de base ao dimensionamento da bancada de trabalho de manipulação de material.

Tabela 44 - Dados antropométricos da população inglesa

DIMENSÃO ANTROPOMÉTRICA	PERCENTIS MASCULINOS				PERCENTIS FEMININOS			
	5	50	95	dp	5	50	95	dp
Altura de pé (estatura)	1625	1740	1855	70	1505	1610	1715	62
Altura dos olhos	1515	1630	1745	69	1400	1505	1610	61
Altura do ombro	1315	1425	1535	66	1210	1310	1410	58
Altura do cotovelo	1000	1090	1180	52	925	1005	1085	46
Altura da anca	835	920	1005	50	735	810	885	43
Altura do punho	685	755	825	41	660	720	780	36
Altura mínima da mão	590	655	720	38	560	625	690	38
Altura sentado	850	910	970	36	790	850	910	35
Distância olhos-assento	730	790	850	35	685	740	795	33
Distância ombro-assento	540	595	650	32	500	555	610	31
Distância cotovelo-assento	190	245	300	31	185	235	285	29
Espessura da coxa	135	160	185	15	125	155	185	17
Comprimento máx.da coxa	540	595	650	31	520	570	620	30
Comprimento coxa-poplíteo	440	495	550	32	430	480	530	30
Altura do joelho	490	545	600	32	455	500	545	27
Altura do poplíteo	390	440	490	29	355	400	445	27
Largura dos ombros (Bideltóide)	415	465	515	28	355	395	435	24
Largura dos ombros (Biacromial)	365	400	435	20	325	355	385	18
Largura das ancas	310	360	410	29	305	370	435	38
Espessura do peito (busto)	210	250	290	22	205	250	295	27
Espessura abdominal	215	270	325	32	205	255	305	30
Distância ombro-cotovelo	330	365	400	20	300	330	360	17
Distância cot.-extrem. da mão	440	475	510	21	395	430	465	19
Comp. máx.do membro superior	720	780	840	36	650	705	760	32
Distância ombro-punho	645	665	685	12	550	600	650	29
Comprimento da cabeça	180	195	210	8	165	180	195	7
Largura da cabeça	145	155	165	6	135	145	155	6
Comprimento da mão	170	190	210	10	160	175	190	9
Largura da mão	75	85	95	5	65	75	85	4
Comprimento do pé	240	265	290	14	215	235	255	12
Largura do pé	85	95	105	6	80	90	100	6
Envergadura dos braços	1650	1790	1930	83	1485	1605	1725	71
Envergadura dos Cotovelos	865	945	1025	47	775	850	925	43
Alcance funcional vertical (pé)	1925	2060	2195	80	1785	1905	2025	71
Alcance funcional vertical (sentado)	1145	1245	1345	60	1060	1150	1240	53
Alcance funcional anterior	720	780	840	34	650	705	760	31
Altura lombar (sentado)	195	240	285	26	190	230	270	22
Peso	54,80	74,5	94,2	12	44,4	62,5	80,6	11